



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

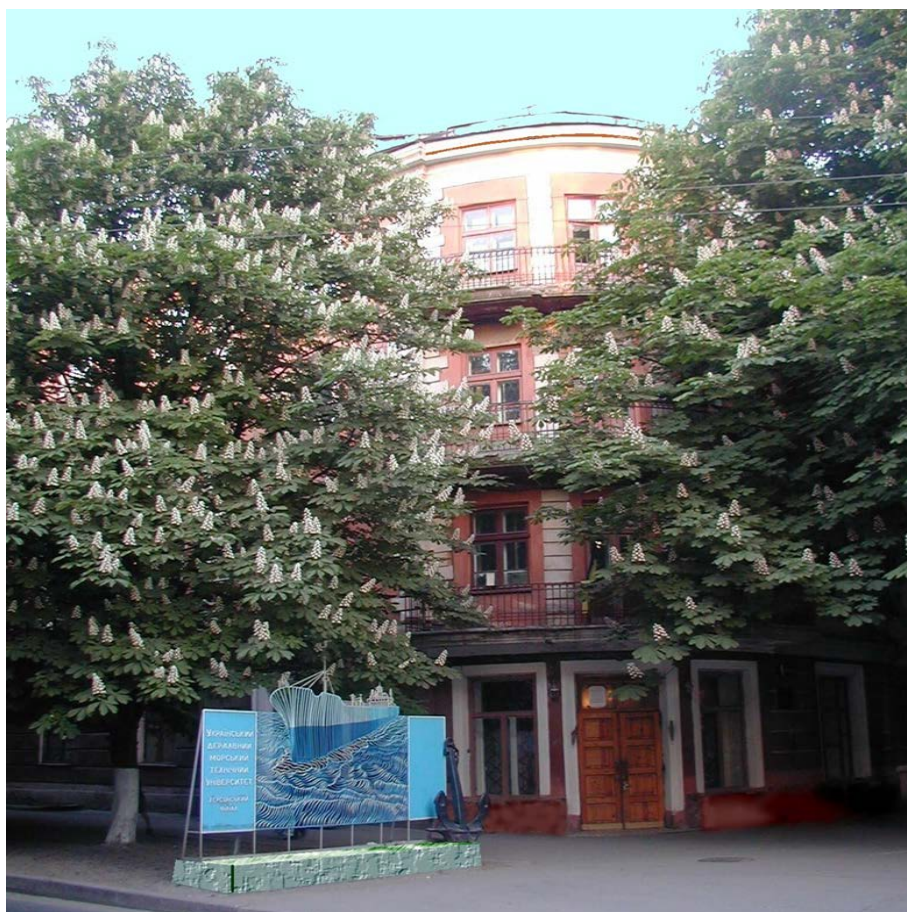
ЛУНЯКА К.В.
САМОХВАЛОВ В.С.
ДЖУРИНСЬКА А.О.

ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

напрям підготовки 6.051201 «Суднобудування та океанотехніка»
напрям підготовки 6.050503 «Машинобудування»

Рекомендовано Методичною радою НУК



Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**ЛУНЯКА К.В.
САМОХВАЛОВ В.С.
ДЖУРИНСЬКА А.О.**

ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

напрямок підготовки 6.051201 «Суднобудування та океанотехніка»

напрямок підготовки 6.050503 «Машинобудування»

Миколаїв ♦ Ілїон ♦ 2016

УДК 620.97

ББК 31.3

В 87

Укладачі: К.В. Луняка, д.т.н., професор;
В.С. Самохвалов, к.т.н., доцент;
А.О. Джуринська, викладач.

Рецензент: А.А. Андреєв, к.т.наук, доцент

Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.051201 «Суднобудування та океанотехніка» та напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування». – Херсон: ХФ НУК, 2016. – 53 с.

Методичні вказівки містять систему єдиних вимог, роз'яснень і рекомендацій щодо виконання, визначення її структури, змісту, обсягів, а також встановлюють обов'язкові для виконання вимоги до змісту та оформлення самостійної роботи.

Призначені для студентів денної та заочної форми навчання, що навчаються за напрямком 6.051201 «Суднобудування та океанотехніка» та напрямком підготовки 6.050503 «Машинобудування».

©Луняка К.В., 2016 рік
© Самохвалов В.С., 2016 рік
© Джуринська А.О., 2016 рік
© Іліон, 2016 рік

Зміст

1. Класифікація вторинних енергоресурсів. Визначення виходу вторинних енергоресурсів суднових енергетичних установок та промислового підприємства	5
2. Джерела вторинних енергоресурсів. Когенераційні та тригенераційні установки	10
3. Паливно-енергетичний баланс. Повний енергетичний аналіз. Енерготехнологічні та комплексні установки	14
4. Установки для внутрішнього використання теплоти відпрацьованих газів. Установки для зовнішнього енергетичного використання теплоти відпрацьованих газів	20
5. Використання низькопотенційних вторинних енергоресурсів	24
6. Охолодження конструктивних елементів високотемпературних установок. Абсорбційні холодильні машини	37
7. Енергоекономічна та екологічна ефективність використання вторинних енергоресурсів. Оцінка рівня екологічної безпеки. Енергетичне планування і енергозбереження в Україні: стан, проблеми, перспективи	41
8. Список літератури	52

Лекція 1. Класифікація вторинних енергоресурсів. Визначення виходу вторинних енергоресурсів суднових енергетичних установок та промислового підприємства

Використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) передбачає не тільки економію палива, а також і інтенсифікацію технологічних процесів, захист оточуючого середовища від забруднення технологічними викидами і шкідливими газами, а також підвищення економічності промислового виробництва в цілому.

Енергетичні ресурси поділяються на:

- природні, які утворюються внаслідок геологічного розвитку землі та інших природних процесів;
- облагороджені, отримані в процесах облагороджування або збагачення природного енергетичного ресурсу без зміни його фізичної основи;
- перероблені, які отримують в процесі переробки природного енергетичного ресурсу зі зміною його фізико-хімічної основи, але без зміни агрегатного стану;
- перетворені, які отримують в процесі перетворення природного або переробленого енергетичного ресурсу зі зміною його фізико-хімічної основи і агрегатного стану;
- вторинні (побічні), отримані в якості побічного продукту або відходів основного виробництва.

Природні енергетичні ресурси (первинна енергія) – це мінеральна сировина, яка володіє запасом хімічної енергії (нафта, вугілля, природній газ) в частині, яка не складає матеріальну основу готового продукту, тобто не являється сировиною, а використовується як джерело енергії. Крім того, до первинної енергії відноситься ядерна, сонячна, а також хімічно зв'язане тепло шихти деяких руд. Частина первинної і перетвореної енергії в технологічному процесі, яка виділяється за межі агрегату, складає вторинні енергетичні ресурси. ВЕР – це тепло пари, гарячої води, газу і палив, яке отримується в

основному технологічному процесі, як вторинний (допоміжний) продукт, який можна використати для господарських потреб. Вторинний енергетичний ресурс – енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних і проміжних продуктів, який утворюється в технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується в самому агрегаті, але може бути частково чи повністю використаний для енергопостачання інших апаратів (процесів).

Вторинні енергоресурси суднобудівної галузі класифікуються на п'ять основних груп:

горючі (паливні) – відходи технологічних процесів, непридатні для подальшого технологічного перероблення (відходи переробки деревини, дрантя, відпрацьовані мастила та емульсії, відходи після регенерації відпрацьованих мастил, нафтопродукти після очищення льяльних і акваторіальних вод, сміття, стовпи, дерев'яні деталі будинків і споруджень), що можуть бути використані як котельно-пічне паливо, а також допалювання пари розчинника в сушилах;

теплові – ентальпія газів, що відходять з технологічних агрегатів, основної, побічної, проміжної продукції та відходів виробництва, теплота робочих тіл систем охолодження технологічних агрегатів та установок, ентальпія гарячої води та пари, відпрацьованих у технологічних установках, а також теплоенергія (пара та гаряча вода), що їх попутно одержують у технологічних та енерготехнологічних установках. Таким чином це фізичне тепло відхідних газів технологічних агрегатів, фізичне тепло основної і побічної продукції, тепло робочих тіл систем примусового охолодження технологічних агрегатів, а також тепло повітря витяжної вентиляції;

Примітка. До теплових ВЕР не належать: теплота газів, що відходять, основної, побічної, проміжної продукції та відходів виробництва, що повертається до агрегату, джерела ВЕР внаслідок регенерації чи рециркуляції, ентальпія конденсату що повертається до парогенераторів чи джерел паропостачання.

надлишкового тиску – потенційна енергія газів, що виходять з технологічних агрегатів з надлишковим тиском, який необхідно знижувати

перед наступним ступенем використання цих газів або під час викидання їх в атмосферу;

механічні – ВЕР у вигляді кінетичної чи потенційної енергії в енергоносіях, який можна реалізувати перетворенням в інші види енергії;

силові – енергія, що поповнює прибуткову частину енергобалансу і одержана при організації випробовування суднових електростанцій з навантаженням на розподільчі мережі підприємства.

Рішення проблеми використання вторинних енергоресурсів можливо по двох напрямках: обмеження виходу і використання ВЕР.

Перший шлях, найбільш простий і раціональний, реалізується за рахунок підвищення енергетичного коефіцієнту корисної дії (ККД) технологічних агрегатів та раціонального вибору енергоносія.

Другий шлях реалізується за рахунок упровадження заходів щодо використання вторинних енергоресурсів, при цьому енергетичний ККД агрегату-джерела ВЕР не змінюються, а вторинні енергоресурси використовуються для покриття частини потреби підприємства в паливі, теплоенергії й електроенергії.

На рис.1.1 приведена схема комплексного використання горючих ВЕР на підприємствах суднобудівної галузі. Поділ горючих відходів на три групи – тверді, рідкі та газоподібні пов'язано з умовами збирання, підготовки і спалювання цих відходів.

Зниження виходу горючих ВЕР передбачає:

- збір і збут сміття на підприємствах вторсировини;
- реалізацію горючих відходів як паливо для населення;
- використання відходів деревини для виготовлення дерев'яно-стружкових матеріалів;
- регенерацію мастил на підприємстві або здачу на нафтобазу для їхньої централізованої регенерації з метою забезпечення можливості повторного використання.

Після здійснення заходів щодо зниження виходу горючих ВЕР, варто розглядати можливість покриття потреби в паливі за рахунок використання горючих вторинних енергоресурсів. Причому, відходи деревини, відпрацьованого мастила і нафтопродукти після очищення льяльних і екваторіальних вод.

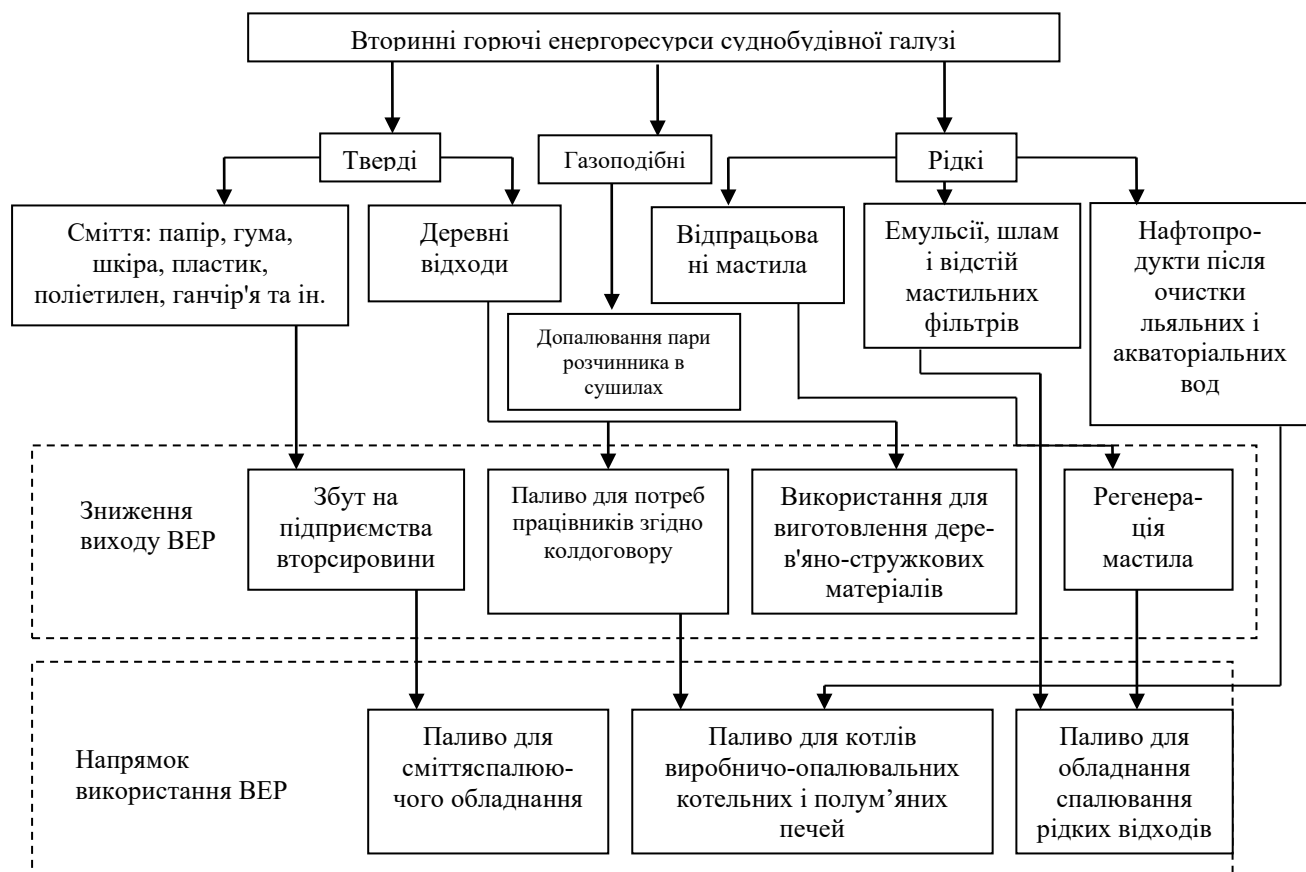


Рис.1.1 Схема комплексного використання горючих ВЕР на підприємствах суднобудівної галузі акваторіальних вод можна використовувати безпосередньо як паливо для котлів виробничо-опалювальних котельних і полум'яних печей.

Використання таких горючих відходів як сміття (гума, шкіра, пластик, поліетилен, дрантя й ін.), емульсії, шлам і відстій масляних фільтрів, відходи після регенерації вимагає розробки і впровадження спеціальних пристроїв для спалювання цих відходів з утилізацією теплоти газів, що ідуть для вироблення пари або підігрівання води. У даному випадку одночасно вирішуються задачі

охорони навколишнього середовища і економії паливно-енергетичних ресурсів.

Зниження виходу теплових ВЕР передбачає:

- оснащення агрегатів-джерел ВЕР рекуператорами і хвостовими поверхнями нагріву;
- впровадження випарного охолодження;
- впровадження осушення стисненого повітря з глибокою утилізацією теплоти;
- раціональний вибір енергоносія.

Після здійснення заходів щодо зниження виходу ВЕР варто розглядати питання забезпечення потреб підприємств у тепловій енергії і холоді за рахунок використання ВЕР. Причому для використання будь-якого виду теплових вторинних енергоресурсів необхідне утилізаційне устаткування.

Лекція 2. Джерела вторинних енергоресурсів. Когенераційні та тригенераційні установки

Високопотенційні теплові ВЕР доцільно, в першу чергу, використовувати для технологічного теплопостачання, а потім для забезпечення витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію. Для цього за полум'яними печами необхідно встановлювати котли утилізатори, теплофікаційні поверхневі економайзери, установки попереднього нагрівання виробів, що йдуть на наступну термічну обробку. Доцільно використання підігріву стисненого повітря перед споживачем, що крім використання ВЕР веде і до економії стисненого повітря.

Низькопотенційні теплові ВЕР з витяжною вентиляцією повітря можливо використовувати для підігріву повітря припливної вентиляції. Для цього необхідні ефективні теплообмінники, наприклад на теплових трубах, пластинчасті або обертові регенеративні теплообмінники.

Практично всім видам ВЕР, крім гарячої води, властива економічна недоцільність транспортування. Тому при неможливості використання їх поблизу агрегату-джерела доцільно теплоту, що вміщується у відхідних газах, гарячому повітрі й ін., передати теплоносієві – воді. І надалі цю воду використовувати для цілей опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і холодопостачання, за допомогою спеціального устаткування.

Крім того варто враховувати, що опалення і вентиляція носить сезонний характер теплоспоживання, тому для можливості використання низькопотенційних ВЕР для технологічних цілей необхідно підвищувати параметри теплоносія після теплоутилізаційних установок. Отже, вирішення проблеми використання низькопотенційних ВЕР повинне йти по шляху створення і використання трьох груп устаткування;

- теплообмінне устаткування, що передає тепло усіх видів теплових ВЕР гарячій воді;
- опалювально-вентиляційні агрегати й абсорбційні холодильні машини;

- агрегати для підвищення параметрів теплоносія (наприклад, тепловий насос або термохімічний трансформатор теплоти).

За видами виробництв можливі наступні напрямки використання вторинних енергетичних ресурсів:

плавка металів – установка рекуператорів за полум'яними печами; використання теплоти відхідних газів печей для вироблення пари в котлах-утилізаторах, для підігріву стисненого повітря перед споживачем; використання теплоти низькопотенційної води (охолоджена вода устаткування) для підігріву припливного повітря або вироблення холоду в абсорбційних холодильних машинах; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

термообробка виробів – установка рекуператорів за полум'яними печами; використання теплоти відхідних газів печей для вироблення пари в котлах-утилізаторах, для підігріву води в контактних економайзерах, для підігріву стисненого повітря перед споживачем; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

ковальсько-штампувальне виробництво – установка рекуператорів за полум'яними печами; використання теплоти відхідних газів печей для вироблення пари в котлах-утилізаторах, для підігріву води в контактних економайзерах, для підігріву стисненого повітря перед споживачем; використання відпрацьованої пари після пресів і молотів; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

гальваніка – використання конденсату для промивання деталей; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

зварювання – використання теплоти низькопотенційної води для підігріву припливного повітря або вироблення холоду в абсорбційних холодильних машинах; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

деревобробка – повернення конденсату від сушильних камер; використання відходів переробки деревини в якості горючих ВЕР; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

лакофарбове виробництво – допалювання пари розчинника з використанням отриманої теплоти;

механічна обробка матеріалів – використання відпрацьованих мастил у якості горючих ВЕР; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

слюсарно-складальне виробництво – використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

виробництво пластмас і гумово-технічних виробів – використання відпрацьованої пари, після штампів; використання відходів виробництва в якості горючих ВЕР; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

випробовування замовлень і виробів – організація випробовувань з віддачею електроенергії в розподільчі мережі підприємства; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря;

вироблення енергоносіїв – установка економайзерів і повітропідігрівників на котлах; використання відхідних газів котлів для підігріву води в контактному економайзері; утилізація теплоти стисненого повітря при його виробленні; використання охолодженої води устаткування для підігріву припливного повітря або вироблення холоду в абсорбційних холодильних машинах; використання теплоти вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря.

ВЕР можна використати в якості палива або безпосередньо (без зміни виду енергоносія), або за рахунок вироблення теплоти, електроенергії, холоду і механічної роботи в утилізаційних установках.

Розробка заходів щодо використання ВЕР починається з розгляду їхніх джерел, визначення виходу ВЕР, урахування їхніх параметрів і часу робіт агрегатів-джерел ВЕР.

При визначенні економічної ефективності використання ВЕР варто порівнювати варіант енергопостачання з урахуванням і без урахування використання ВЕР.

При однаковій ефективності різних схем варто вибирати більш компактну або більш надійну в експлуатації схему.

Додаткові витрати, що можуть виникнути на діючому підприємстві при використанні ВЕР внаслідок складності розміщення утилізаційних установок у цехах, ускладнення комунікацій, **омертвляння** раніше виконаних капітальних вкладень (в енергогосподарство) і т.п. повинні враховуватися при розрахунку ефективності утилізації ВЕР.

При визначенні ефективності утилізації необхідно враховувати також супутні утилізації зміни показників самих технологічних агрегатів і інших суміжних ділянок (водопостачання, транспорт, складське господарство і т.п.).

Лекція 3. Паливно-енергетичний баланс. Повний енергетичний аналіз і замикаючі витрати. Енерготехнологічні та комплексні установки

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) – один з найважливіших і чітко організованих комплексів будь-якої національної економіки. Це єдина система енергопостачання країни, яка охоплює сукупність процесів виробництва, перетворення, транспорту і розподілу паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Головна мета функціонування ПЕК – ефективно і надійно забезпечувати всі потреби економіки народного господарства держави енергією відповідної якості у вигляді тих або інших кінцевих енергоносіїв.

ПЕК складається з двох основних економічно самостійних галузей: енергетики і паливної промисловості. Енергетична промисловість охоплює сукупність процесів виробництва, транспортування і розподілу електричної і теплової енергії на АЕС, ТЕС, ГЕС та гідроаккумуляційних електростанціях (ГАЕС) з використанням ліній електропередач, електричних і теплових мереж, котельних та утилізаційних установок.

ПЕК можна розширити за рахунок нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії: установок і споруд, які використовують сонячну енергію, енергію вітру, геотермальну енергію, енергію Світового океану, біомаси, низькопотенційну енергію тощо.

Особливого значення набуває вивчення умов утворення шкідливих викидів у процесі виробництва теплової та електричної енергії, їх впливу на навколишнє середовище, розробка методів і технічних засобів нейтралізації шкідливих наслідків. Актуальність цих проблем визначається недосконалими енерготехнологіями і зростанням темпів використання ПЕР. Загальне уявлення про світове використання ПЕР за останні сто років дають дані табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Використання енергоресурсів у світі

Показник	1900	1950	1970	1990	2000
Сумарне енерговикористання, млрд т	0,95	2,86	7,3	17,0	30,0
Населення, млрд осіб	1,62	2,5	3,6	4,6	6,0
Питомі енерговитрати (т у. п. на 1 особу на рік)	0,59	1,16	2,03	3,7	5,0

Структуру споживання ПЕР ілюструє паливно-енергетичний баланс (ПЕБ), який характеризує розподіл у відсотках або в еквівалентних одиницях

теплоти різних первинних енергетичних ресурсів у всіх галузях народного господарства.

Усе споживання енергоресурсів поділяють на чотири приблизно однакові групи: промисловість, енергетика, транспорт і комунально-побутовий сектор. Кількісні співвідношення цих груп різні для різних країн. Тому для порівняння використовують розмір споживання енергоресурсів на душу населення, який нині становить приблизно 17 тис. кВт·год на людину на рік.

Теплотехнологічний процес – це технологічний процес отримання продукції, що здійснюється при регламентованій тепловій дії на вихідний матеріал, сировину, полуфабрикати за допомогою тепломасообміну.

Теплотехнологічна установка – пристрій, в якому здійснюється теплотехнологічний процес або його окремі стадії.

Теплотехнологічна система – сукупність теплотехнологічної установки і технологічного, теплотехнічного, енергетичного, транспортного, розподільно-приймального та іншого обладнання, що безпосередньо забезпечує реалізацію даного теплотехнологічного процесу або його окремої стадії.

Теплотехнологічний комплекс – сукупність теплотехнологічних систем і виробничо, пов'язаних технологічних, енергетичних, транспортних, розподільно-приймальних і інших систем, агрегатів, пристроїв, що забезпечують всю послідовність технологічних стадій перетворення вихідних сировинних матеріалів в дану продукцію, що реалізується.

Комбінована технологічна система – система, органічно зв'язує дві або кілька теплотехнологічних систем з метою забезпечення найбільш високої економічної ефективності вироблення заданих видів продукції і рівнів їх виробництва.

Комбінована енерготехнологічна система – система, органічно зв'язує енергетичну і тепло технологічну системи з метою забезпечення найбільш високої економічної ефективності вироблення заданих рівнів енергетичної та технологічної продукції.

Комбінований технологічний агрегат – агрегат дво- або багатоцільового призначення, що забезпечує конструктивний зв'язок окремих теплотехнологічних (технологічних) систем.

Технологічні процеси, що реалізуються в високотемпературних теплотехнологічних установках, відрізняються великим різноманіттям і в основному визначаються:

- інтенсивністю підведення теплоти до поверхні оброблюваного матеріалу (інтенсивністю зовнішнього теплообміну) і перенесення теплоти всередині оброблюваного матеріалу;
- інтенсивністю підведення маси ззовні до поверхні оброблюваного матеріалу, що реагує (інтенсивністю зовнішнього масообміну) і інтенсивністю молекулярного перенесення маси всередині оброблюваного матеріалу;
- інтенсивністю перемішування фаз (твердих, рідких) в зоні їх термічної обробки;
- швидкістю власне хімічного реагування і поділу цільових і супутніх продуктів;
- сукупністю двох або більше з перерахованих факторів.

Залежно від числа камер, в яких реалізуються всі стадії технологічного процесу, виділяють установки з однокамерним і багатоканерним робочим простором. Установки з однокамерним або одноканерним робочим простором (наприклад, паливні, мартенівські і нагрівальні печі) характеризуються відносно рівномірним температурним полем гріючих газів в обсязі і, як правило, циклічністю їх дії. Установки з таким робочим простором і циклічною дією в найменшій мірі задовольняють сучасним вимогам.

При однокамерному, але багатоканерному робочому просторі, установки відрізняються безперервністю роботи і нерівномірним полем температур газів в обсязі (наприклад, методичні нагрівальні печі, шахтні печі, обертові печі). Установки з таким робочим простором більш прогресивні, ніж перші.

Найбільш широкі можливості задоволення сучасним вимогам відкривають варіанти високотемпературних теплотехнологічних установок з багатоканерним комбінованим робочим простором, якщо при цьому забезпечується набір ефективних теплотехнічних принципів і джерел енергії, а також реалізується досконала тепла схема. У багатоканерному і багатоканерному робочому просторі можна виділити відповідно наступні зони і камери:

- попередньої теплової або теплової і фізико-хімічної обробки вихідних матеріалів;
- основна технологічна обробка матеріалів, де або завершується технологічний процес в цілому, або проводиться його вирішальна стадія;

- технологічної дообробки матеріалів;
- технологічно регламентованого охолодження технологічного продукту.

У загальному випадку теплотехнологічні установки містять від однієї до декількох зон або камер робочого простору.

У високотемпературних теплотехнологічних установках використовуються такі джерела енергії:

- паливо з повітряним окислювачем (ПП);
- паливо з збагаченим киснем повітрям (ПЗП);
- паливо з технологічним киснем (ПК);
- продукти горіння палива від суміжних установок;
- електроенергія (ЕЕ), способи реалізації якої можуть бути різноманітними, в тому числі через низькотемпературну плазму;
- комбіновані джерела енергії, які включають спільне використання в печі джерел ПП і ПК; спільне використання ПК і електроенергії (ЕЕ); інші варіанти поєднання джерел енергії.

Застосування комбінованих джерел енергії з розширеним використанням кисню і електроенергії є однією з особливостей нових теплотехнологічних систем.

Застосування комбінованих теплотехнічних принципів є характерною особливістю багатьох нових і радикально модернізованих діючих теплотехнологічних установок.

Класифікація теплотехнологічних установок з електричним джерелом енергії і способом електричного нагріву:

- непрямого нагріву (наприклад, печі опору);
- прямого (контактного) нагріву;
- індукційного нагріву;
- електродугового нагрівання;
- електронно-променевого нагріву;
- плазмового нагріву.

Котли-утилізатори призначені для утилізації теплових відходів різних технологічних установок (мартенівських, нагрівальних, випалювальних печей) і отримання додаткової продукції у вигляді пари або гарячої води, що призводить до економії палива та енергоресурсів. продуктивність агрегату залежить від температури і кількості технологічних газів, теплота яких утилізується. При встановленні в технологічний ланцюг котел називають

енерготехнологічним агрегатом. Характерною відмінною рисою котлів-утилізаторів є відсутність топки для спалювання палива.

На рис. 3.1 приведена принципова схема котла-утилізатора з природньою циркуляцією і димогарними трубками. Високотемпературні гази від технологічного процесу 1 проходять всередині димогарних трубок 2, де віддають теплоту воді, звідки охолоджені по газоходу 9 залишають котел. Живильна вода 4 подається у водяну частину котла, де нагрівається газами до кипіння, а пара, що утворилася проходить паросепараційний пристрій 5. Отримана суха насичена пара по паропроводу 6 йде в пароперегрівач 7, звідки перегріта пара по паропроводу 8 йде до споживача.

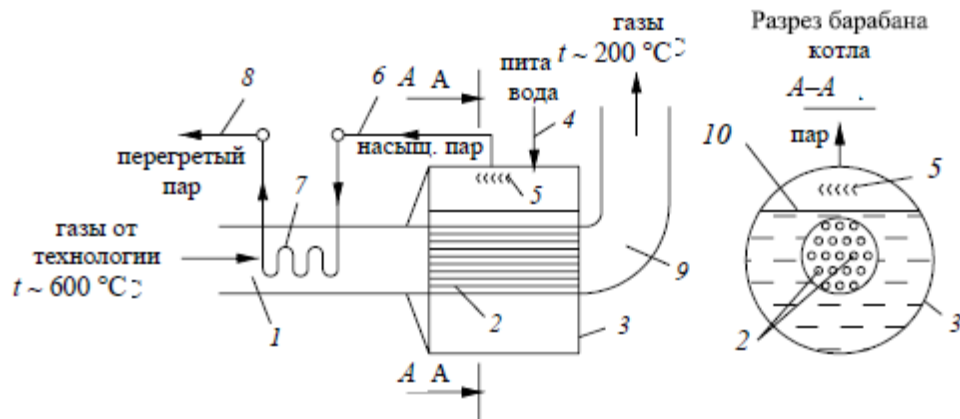


Рис. 3.1. Принципова схема технологічного котла-утилізатора:

- 1 - високотемпературні технологічні гази; 2 - димогарні трубки; 3 - барабан котла; 4 - поживна лінія; 5 - пристрій сепарації пари; 6 - паропровід сухої насиченої пари; 7 - пароперегрівач; 8 - паропровід перегрітої пари; 9 - газохід; 10 - дзеркало випаровування

**Лекція 4. Установки для внутрішнього використання теплоти
відпрацьованих газів. Установки для зовнішнього енергетичного
використання теплоти відпрацьованих газів**

Котли-утилізатори доцільно встановлювати після печей, якщо температура газів, що надходять, не нижче 400-600°C.

Найбільш досконалими є утилізаційні котли, з багаторазовою примусовою циркуляцією.

Котли-утилізатори випускаються з пропускною здатністю по газах 5...125 тис.м³/год і проектною продуктивністю від 2 до 12,4 т/год пари. У зв'язку з цим їх доцільно встановлювати за окремою, порівняно великої потужності і безупинно працюючою піччю. У деяких випадках котел-утилізатор може бути встановлений за групою нагрівальних термічних печей.

Тепловий розрахунок утилізаційного котла починається з визначення потужності (теоретичного енергоресурса газів) теплового потоку, підведеного до котла від енергетичної установки:

$$Q = V_r \cdot c_v \cdot (t_1 - t_0) \quad (4.1)$$

де V_r – витрата димових газів, м³/с;

c_v – теплоємність газів, кДж/(м³·К);

t_1 – температура газів перед входом до утилізаційного котла, °С

t_0 – температура зовнішнього середовища, °С.

Корисно використана теплота (дійсний енергетичний ресурс газів):

$$Q_1 = V_r \cdot c_v \cdot (t_1 - t_2) \quad (4.2)$$

Температура газів, що відходять з установки:

$$t_2 = t_n + 50 \text{ °С}, \quad (4.3)$$

де t_n – температура насичення при тиску у котлі.

Поверхня нагріву котла:

$$H = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (4.4)$$

де Δt_{cp} – середня логарифмічна різниця температур, К;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К).

Прийнявши тип котла і знаючи його поверхню нагріву, приймають за прототипом основні його розміри і складають ескіз котла.

Після цього визначають дійсну кількість теплоти, що при даних його конструктивних розмірах буде віддано воді, кВт:

$$Q'_1 = H \cdot k \cdot \Delta t_{cp} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт використання теплоти:

$$\sigma = \frac{Q'_1}{Q'_{HB} B} 100 \quad (4.6)$$

де Q'_{HB} - наявна теплота, кДж/кг або кДж/м³;

B - витрата палива, що надходить до котельного агрегату, кг/с або м³/с;

Паропродуктивність, кг/с:

$$D = \frac{Q'_1}{H - h} \quad (4.7)$$

де H – ентальпія пари, кДж/кг;

h – ентальпія живильної води, кДж/кг.

Контактні економайзери призначені для нагрівання води відхідними газами котлів і печей, що працюють на природному газі, шляхом безпосереднього зіткнення теплоносіїв у шарі керамічної насадки.

Загальний вигляд контактного економайзера приведено на рис. 4.1

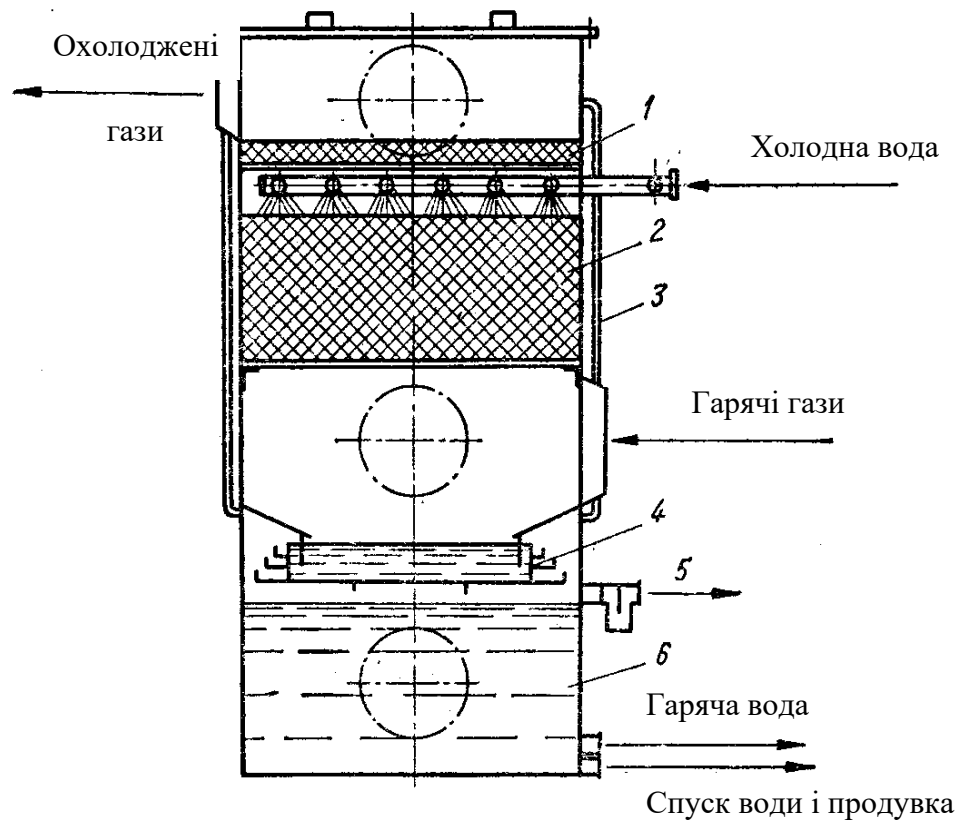


Рис. 4.1 Загальний вигляд контактної економайзера:

1 – краплеуловлювач; 2 – насадка з керамічних кілець; 3 – газовідвідна труба; 4 – каскадний дегазатор з гідравлічним затвором; 5 – переливна трубка з гідравлічним затвором; 6 – корпус економайзера.

Контактні економайзери при наявності в котлах хвостових поверхонь нагріву встановлюють за ними. Якщо в водяних економайзерах, які використовують в якості хвостових поверхонь нагріву, воду підігріти до температури, близької до початкової температури відхідних газів на вході в економайзер, то в контактних економайзерах, які працюють при тиску нижче 0,1 МПа, підігрів води можливий тільки до температури мокрого термометру. Так, в контактному економайзері, який встановлено після хвостової поверхні парогенератору, тобто там, де температура відхідних газів 120...180 °С, можна отримувати гарячу воду з температурою 55...60 °С. При цьому температура відхідних газів буде знижена до 30...40 °С. Але з метою зменшення

випарювання води її слід недогрівати в контактному економайзері на 2...3 °С до температури мокрого термометру.

Найбільш широко застосовуються протитечійні контактні економайзери насадкового типу, в яких забезпечується розвинута поверхня контакту між відхідними газами і стікаючою в насадці водою, що гарантує високу інтенсивність теплообміну при невеликому опорі газового тракту.

Крім істотної економії палива, такі економайзери дають економію металу, тому що в них немає металевої поверхні нагрівання.

Контактні економайзери вигідно відрізняються від поверхневих водонагрівачів високою інтенсивністю теплообміну, великою поверхнею теплообміну до одиниці об'єму, можливістю глибокого охолодження продуктів згоряння природного газу і конденсації 70-80% водяної пари, що утримується в димових газах.

Найважливішим фактором, що істотно впливає на способи подальшого використання води, нагрітої шляхом безпосереднього контакту з продуктами згоряння природного газу, є її якість. Як показує досвід, якість води в процесі нагрівання її в контактному економайзері не погіршується. Тому вона по санітарно-гігієнічним властивостям відповідає вимогам, пропонованим до води на промислових підприємствах і може бути використана для систем гарячого водопостачання і для готування живильної води теплових мереж.

Нагріта в контактному економайзері вода може також використовуватися для повного або часткового нагрівання припливного повітря й інших цілей.

Лекція 5. Використання низькопотенційних ВЕР

Теплонасосні установки (ТНУ) останнім часом знайшли широке розповсюдження при утилізації низькопотенційної теплоти (температурний рівень $t = 10...50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

ТНУ для систем утилізації низькопотенційної теплоти використовують за двома напрямками: для централізованого теплопостачання проектують крупні парокомпресорні ТНУ і водогрійні котли; для децентралізованого теплопостачання доцільно використовувати ТНУ малої потужності парокомпресорного і термоелектричного типів. Такі установки застосовують в промисловості, в житлово-побутовому секторі, а також в сільському господарстві.

По принципу дії найбільше поширення отримали трансформатори теплоти термомеханічного типу, в яких використовують процеси підвищення і зниження тиску робочого тіла. Ці установки підрозділяються на компресорні, сорбційні і струминні.

Компресорні установки можуть бути паро- (або газо-) рідинні і газові в залежності від характеру зміни стану робочого тіла. В паро- і газорідинних установках стиснення робочого тіла здійснюється при температурах нижче критичної, в газових – при температурах вище критичної. Для процесу стиснення в компресорних установках, зазвичай, використовують електричну або механічну енергію.

В *сорбційних установках* (вони можуть бути як абсорбційними, так і адсорбційними) тиск робочого тіла підвищується в результаті послідовно здійснюваних процесів поглинання робочого агенту сорбентом, які супроводжуються відведенням теплоти, і подальшого виділення робочого агенту за допомогою підведення теплоти (десорбція). В якості носія енергії в установках сорбційного типу використовують пару, гарячу воду або газ.

Струминні установки засновані на використанні кінетичної енергії робочого тіла для підвищення тиску стисненого агенту. Струмінь робочої пари

або газу, який виходить з великою швидкістю із сопла, ежектує стиснений потік (всмоктування), потім відбувається стиснення суміші в дифузорі.

В якості показників ефективності ідеальних трансформаторів теплоти використовують коефіцієнти, які представляють собою відношення позитивного ефекту, створюваного установкою q_b , до затрати енергії на її роботу l . Тоді коефіцієнт трансформації

$$\varphi = \frac{q_b}{l} = \frac{T_b}{(T_b - T_n)},$$

де T_b - верхній температурний рівень, на якому теплота відводиться;

T_n - нижній температурний рівень, на якому теплота підводиться.

Для централізованого теплопостачання проектується крупні теплонасосні станції (ТНС). Електрична потужність ТНУ на таких станціях досягає 20...30 МВт, а теплова потужність 400...450 гДж/год. При порівнянні з традиційними котельнями економія палива на таких ТНУ складає 20...30%. При цьому суттєво знижується забруднення повітряного басейну.

Децентралізоване теплопостачання характеризується високими питомими витратами палива, капітальними вкладками і трудовими затратами. Тому застосування ТНУ в цьому випадку дозволяє на 10...20% економити паливо в порівнянні з малими котельнями.

Використання ТНУ – один із важливих напрямків дослідження і розробок в галузі енергозбереження.

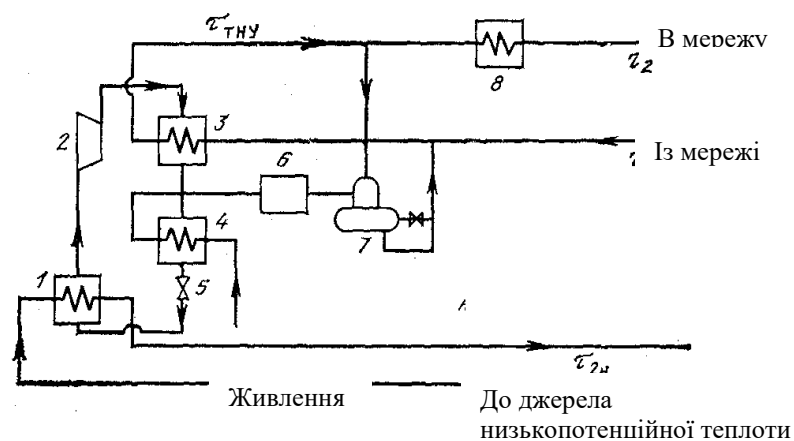


Рис. 5.1. Принципова схема ТНУ для відкритої системи теплопостачання

Використання ТНУ у відкритих системах теплопостачання дозволяє отримати відчутну економію палива. На схемі рис. 5.1 показана принципова схема ТНУ для відкритої системи теплопостачання. Теплонасосна установка, яка складається із випаровувача 1, компресора 2, конденсатора 3, переохолоджувача 4 і дроселя 5, призначена для підігріву мережевої води від температури τ_1 до $\tau_{\text{ТНУ}}$. Остаточний нагрів мережевої води до температури τ_2 здійснюється в піковій водогрійній котельній 8. Живильна вода нагрівається в переохолоджувачі 4, проходить хімоводоочистку 6 і деаерацію в деаераторі 7 і змішується з водою із зворотної лінії.

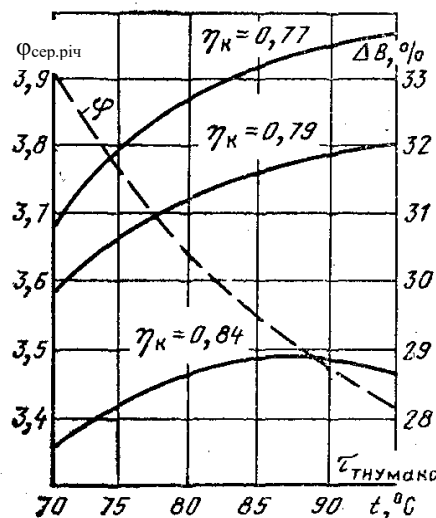


Рис. 5.2 Економія палива при використанні ТНС

Із графіка на рис. 5.2 видно економію палива, яку отримуємо при використанні ТНС. Величина ΔB визначається як різниця витрат палива котельної (B_k) і ТНС ($B_{\text{ТНС}}$) при однаковому тепловому навантаженні споживача. Значення $\Delta B, \%$, віднесені до витрати палива котельної, представлені на графіку в залежності від температури, до якої мережева вода нагрівається в конденсаторах ТНУ ($\tau_{\text{ТНУ макс}}$). Розрахунки ΔB виконувались стосовно до крупних установок з річним виробництвом теплоти 4,19 млн. ГДж і розрахунковим тепловим навантаженням близько 350 МДж/с.

Вплив $\tau_{\text{ТНУ макс}}$ на економію палива залежить від ККД котельні η_k , що заміщається. При $\eta_k = 0,77$ і $\eta_k = 0,79$ економія палива з ростом $\tau_{\text{ТНУ макс}}$ помітно

зростає, а при $\eta_k = 0,84$ в діапазоні $\tau_{\text{ТНУ макс}} = 70 \dots 95 \text{ }^\circ\text{C}$ значення ΔB практично не змінюється.

Значення коефіцієнту перетворення $\phi_{\text{сер.річ}}$ в залежності від $\tau_{\text{ТНУ макс}}$ визначається штриховою кривою на рис. 5.2.

Аналіз показників використання ТНС для потреб централізованого опалення показує, що при температурі джерела низькопотенційної води більше $10 \text{ }^\circ\text{C}$ використання ТНС забезпечує економію палива біля 20%. До джерел такої води відносяться як підземні геотермальні води, так і очищена скидна вода крупних міських станцій аерації або охолоджуюча вода на промислових підприємствах.

Перспективним споживачем низькопотенційних вторинних енергоресурсів є теплопостачання і вентиляція.

Контактні теплообмінні апарати плівкового типу призначені для нагрівання і зволоження припливного вентиляційного повітря низькопотенційним теплом охолодної води з температурою до 60°C .

Якщо в приміщеннях, що обслуговуються, відсутні вологонадлишки, вологовміст припливного повітря відповідно до санітарно-технічних норм повинен знаходитися в межах $6 \dots 8 \text{ г/кг}$ сухо повітря (при розрахунковій температурі в приміщеннях $16 \dots 18^\circ\text{C}$). Для забезпечення зазначеного вологовмісту температура повітря, що залишає насадку (t_k), повинна складати $8 \dots 10^\circ\text{C}$.

Конструктивно теплообмінними насадками є набір вертикальних пластин, що утворюють канали, по яких рівномірною плівкою стікає тепла вода. У горизонтальному напрямку в каналах рухається повітря, що, вступаючи в контакт із плівкою води, нагрівається і зволожується.

Найбільш реальний спосіб використання низькопотенційних теплових ВЕР – регенерація теплоти повітря, що викидається в атмосферу вентиляційними системами, яке варто розглядати як головне джерело зниження експлуатаційних витрат на теплову обробку зовнішнього

припливного повітря в системах опалення, вентиляції і кондиціонування повітря виробничих приміщень.

У наш час існують технічні рішення по чотирьох видах устаткування для використання теплоти вентиляційних викидів:

- обертові регенеративні теплообмінники, яким притаманна висока ступінь регенерації, але вони потребують додаткового підведення енергії на обертання ротора;
- теплообмінники з проміжним теплоносієм, що можуть бути використані при роз'єднаних потоках витяжки повітря і його припливу;
- пластинчасті теплообмінники з розвинутою поверхнею теплообміну;
- теплообмінники з теплових труб, що є варіантом теплообмінників із проміжним теплоносієм, в яких не витрачається електроенергія на перекачування проміжного теплоносія.

Обертові регенеративні теплообмінники

Зразок регенератора нам дала природа в органах дихання (ніс, а також гортань і бронхи людини і вищих тварин). Взимку за рахунок того, що повітря, яке видихаємо віддає теплоту до стінок дихального тракту, не тільки запобігає сильному охолодженню носа і бронхів, але і свіже повітря, яке надходить під час вдиху попередньо підігрівається, відбираючи теплоту у цих стінок. Такий регенеративний теплообмін між свіжим і повітрям, яке видихаємо, використовує певну акумулюючу здатність стінок дихального тракту. Правда на це явище накладається також інтенсивний безперервний теплопровід з кров'ю, яка циркулює в носі і інших органах дихання. Проблему переключення регенератора природа вирішила прямо таки ідеальним способом без вентилів і тому подібних пристроїв шляхом приєднання до періодичного процесу дихання.

Обертовий регенератор (який іноді називають тепловим колесом) є одним із ефективних пристроїв для утилізації вентиляційної теплоти. Конструктивно це гофрований або плетений матеріал, який розташований в середині колеса. Матеріал поглинає теплоту, коли через нього проходить потік нагрітого повітря, потім при повороті теплообмінника на півоберта він віддає накопичену теплоту потоку холодного повітря.

Для полегшення монтажу пристрою канали для забирання і витяжки повітря слід розташовувати поруч. Акумуляуючий матеріал може бути насичений осушувачами для поглинання захованої теплоти і зменшення кількості вологи, яка виноситься з потоком повітря (інколи до 0,4%).

Ефективність теплопередачі за допомогою обертових теплообмінників звичайно складає 60...85% в залежності від конструкції устаткування, виду теплообмінного середовища і швидкості повітряного потоку.

На машинобудівних підприємствах використовують різні типи теплообмінників, в тому числі обертовий регенеративний теплообмінник (ОРТ-2) (рис. 5.3). Потік повітря при температурі $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, який відводиться із цеху витяжним вентилятором, віддає теплоту акумуляуючій насадці ротора обертового регенеративного теплообмінника ОРТ-2 (рис. 5.4).

Нагріта теплоаккумуляуюча насадка віддає придбану теплоту потоку зовнішнього повітря, яке проходить через неї, нагріваючи його від -9 до $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким чином, 80...85% викидної теплоти повертається з приплинним повітрям.

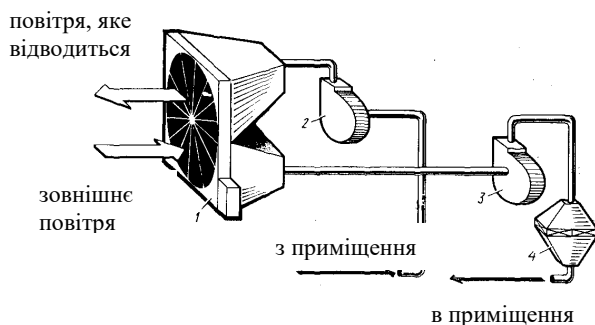


Рис. 5.3. Принципова схема установки ОРТ-2

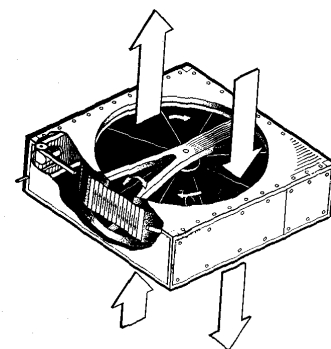


Рис. 5.4. Регенеративний теплообмінник типу "повітря-повітря"

Використання обертових регенеративних теплообмінників найбільш доцільне:

- у прямооточних системах, в яких за санітарно-гігієнічними вимогами не допускається обладнання рециркуляції повітря;
- не потрібна попередня пилогазоочистка вентиляційних викидів;
- розміщення теплоутилізаційних установок можливе на вільних площах, без додаткових загальнобудівельних робіт;
- відстань від теплоутилізаційної установки до місця підключення її до вентиляційних систем (по витяжці і припливові) не повинна перевищувати 10 м.

При цьому досвід впровадження і експлуатації устаткування для утилізації теплоти вентиляційних викидів на підприємствах суднобудівної галузі показав економічну доцільність навіть при однозмінній роботі в південній кліматичній зоні при мінімальній тривалості роботи устаткування в рік і з урахуванням однозмінної їхньої роботи (1000 годин), а також порівняно низькою температурою вентиляційних викидів.

Наявність взаємного перетоку повітряних потоків при обертанні теплопередаючої насадки і через нещільності апарата (0,2...5% від витрати повітря) обмежує можливості використання обертових регенеративних теплообмінників.

Для приміщень, до повітря яких виділяються шкідливі речовини допускається застосування обертових регенеративних теплообмінників за умови, що концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі після теплообмінника з урахуванням перетікання через нещільності не перевищить 30% гранично допустимих, установлених для повітря приміщень за ДСТ 12.1.005-76.

Для нагрівання (охолодження) припливного повітря в обертовому регенераторі не допускається:

- використовувати повітря загальнообмінної і місцевої вентиляції;

- використовувати повітря з приміщень виробничих категорій А, Б або Е, а також з приміщень, які мають місцеві відсмоктувачі для виробництв інших категорій і містять вибухонебезпечні або легкозаймисті речовини, пальні гази або пари;
- використовувати повітря, що містить осаджуючі або конденсуючі на поверхнях теплообміну теплоутилізаторів шкідливі речовини 1, 2 і 3 класу небезпеки;
- використовувати повітря, що містить хвороботворні бактерії, віруси, грибки або мають різко виражені неприємні запахи.

Якщо на час ремонту або технічного обслуговування обертового регенератора не може бути скорочена теплова потужність споживачів або джерелом утилізованої теплоти є технологічне устаткування, що працює періодично, то варто передбачати резервування теплової потужності систем. Резервування теплової потужності варто передбачати шляхом збільшення подачі теплоносія в калорифери або приєднанням до інших джерел теплоти.

В обертових регенераторах передача теплоти забезпечується за рахунок постійного обертання теплоакумуючої насадки, що сприймає тепло більш нагрітого повітря й віддає його холодному повітрю.

Обертові регенератори можуть виготовлятися з насадкою з негігроскопічних корозієстійких матеріалів, що утворюють чарункову, щільну або сітчасту структуру з товщиною листів 0,07...0,2 мм (перемінні гладкі і гофровані листи металевої фольги, пластмасові або металеві сітки і стружки, скловолокно, полімерні плівки, папір і картон, просочені водостійкими покриттями).

Як насадки з гігроскопічних матеріалів можуть використовуватися папір, азбестовий картон, пористі пластини та інші матеріали просочені розчином хлористого літію або іншим водопоглинаючим складом.

Теплоакумуюча насадка може бути регулярної і нерегулярної структури.

При проектуванні систем вентиляції і кондиціонування з обертовими регенераторами варто забезпечувати приблизну рівність витрат припливного повітря і повітря, що видаляється, через регенератор. Допускається нерівність витрат припливного і повітря, що видаляється, у межах 30%.

При проектуванні вентиляційних систем варто передбачати прокладку припливних і витяжних повітропроводів у безпосередній близькості від основного вентиляційного устаткування для зручності їхнього приєднання до обертових регенераторів.

Приєднання припливних і витяжних повітропроводів повинне забезпечувати протитечійний рух повітряних потоків через обертовий регенератор.

Приєднувальні повітропроводи до регенераторів повинні бути оснащені об'ємними лючками для очищення поверхні насадки від пилу.

При великій кількості витяжних систем малої повітропродуктивності рекомендується їхнє укрупнення шляхом об'єднання у повітропроводах або камерах статичного тиску, що забезпечують аеродинамічну стійкість і зручність підключення до обертових регенераторів.

Допускається установка витяжних і припливних вентиляторів, що забезпечують одночасно розрідження або підпір у регенераторі, але при цьому в сполучних повітропроводах повинний підтримуватися перепад статичних тисків не менш 40...100 Па, щоб перетік був спрямований із припливного повітря в те, що видаляється.

Теплообмінники з теплових труб (ТТ)

Теплова труба – випарювально-конденсаційний герметичний пристрій з використанням капілярних сил, який служить для передачі теплоти і працює по замкнутому циклу.

Особливість ТТ полягає в тому, що вона здатна передавати великі теплові потужності при малих перепадах температур.

У ТТ теплота від середовища, яке охолоджується, забирається в зоні випарювання рідиною, яка тут випаровується і з потоком пари, яка при цьому утворюється переноситься на значну відстань у зону охолодження, де передається стінці труби при конденсації. Конденсат, який при цьому утворюється, повертається в зону випарювання. В залежності від природи сил, які повертають теплоносій із зони конденсації в зону випарювання теплові труби підрозділяють на: фітільні або капілярні (рис. 5.5, а); гравітаційні або термосифонні (рис. 5.5, б); відцентрові (рис. 5.4, в).

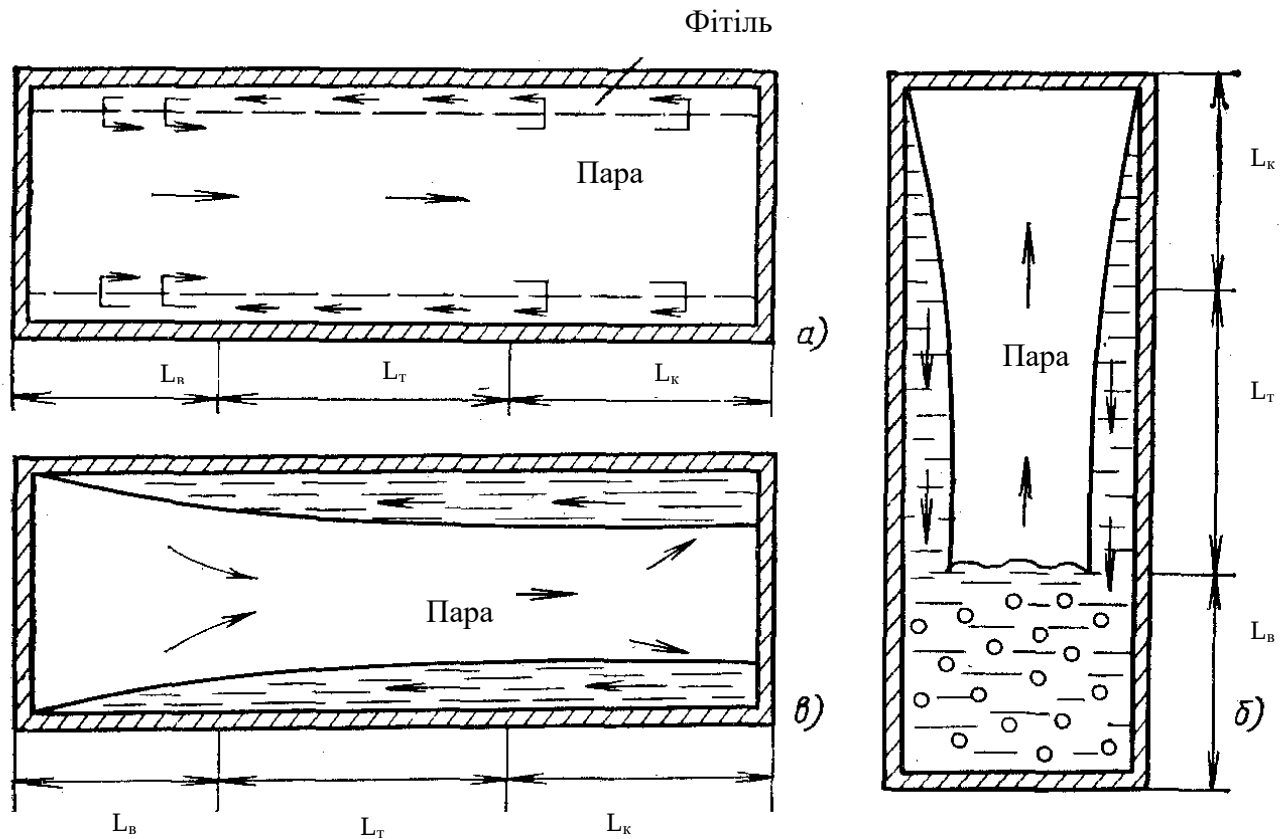


Рис. 5.5. Принципові схеми теплових труб

Основною перевагою теплової труби порівняно зі звичайними теплопередаючими пристроями є простота конструкції, відсутність нагнітачів і, як наслідок, витрат енергії на переміщення теплоносія в середині ТТ; герметичність, яка дозволяє в якості теплоносіїв використовувати будь-які, в тому числі і агресивні рідини; легкість регулювання за рахунок зміни співвідношення між зонами випарювання і конденсації та за рахунок зміни

живого перерізу як в зоні випарювання так і в зоні конденсації; висока теплопровідність, яка перевищує в сотні раз самі теплопровідні матеріали. Теплообмінники, поверхню нагріву яких утворюють теплові труби (з теплотрубними поверхнями нагріву), можуть бути використані для того щоб зібрати теплоту від джерел великої протяжності і передати її теплоприймачу невеликих розмірів або навпаки, розсіяти теплоту від малого джерела на велику площу.

Використання теплообмінника складеної конструкції підвищує його експлуатаційну надійність, а також спрощує технологію виготовлення і ремонту. Запропоноване технічне рішення дозволяє для кожної із складових частин тепло передаючого елемента підбирати матеріали в залежності від властивостей теплоносіїв.

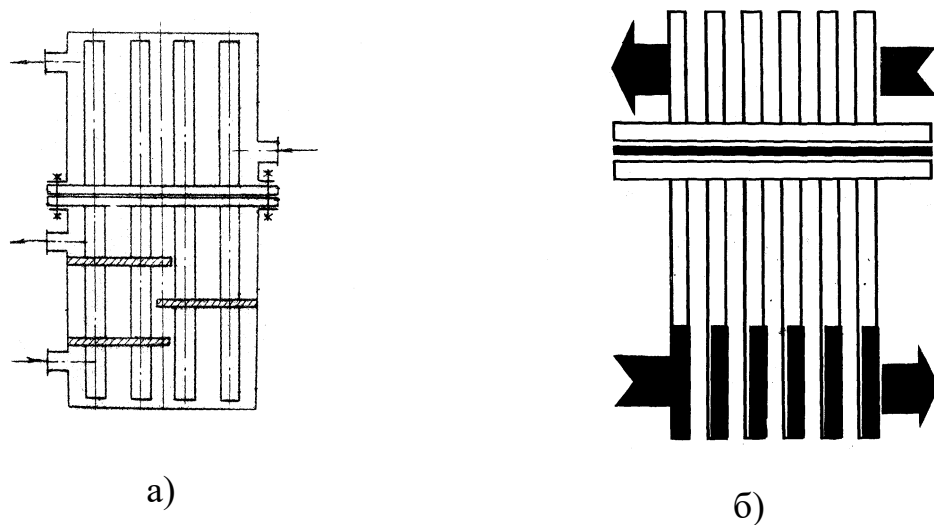


Рис. 5.6 Теплообмінники з теплотрубними поверхнями нагріву

На рис. 5.6, а зображено теплотрубний теплообмінник газ-рідина, а на рис. 5.6, б – газ-газ.

При проектуванні теплотрубних теплообмінників слід приділяти особливу увагу визначенню температури робочої рідини в ТТ як при різноманітних способах підведення і відведення теплоти, так із урахуванням інших експлуатаційних факторів.

Теплообмінник з ТТ для утилізації теплоти вентиляційних викидів це пакет із трубок, заповнених робочою речовиною з низькою температурою кипіння. Одна половина пакета знаходиться в потоці теплого повітря, друга в зоні холодного повітря. У зоні теплого повітря відбувається підведення теплоти до трубки рідини, що заповнює, і вона випаровується. Пара переміщується усередині трубки в зону холодного повітря, де конденсується віддаючи тепло конденсації на нагрівання припливного повітря. Циркуляція робочої речовини відбувається за рахунок сил гравітації, шляхом розташування зони конденсації вище зони випару. В даний час розроблена конструкція і виготовлена партія трьохрядного модуля теплообмінника з теплових трубок. Конструктивно трьохрядний модуль виконаний у такий спосіб. Алюмінієві пластини насаджені з кроком 2,25 мм на мідні трубки діаметром 15 мм. При глибині модуля в три ряди по ходу повітря утвориться суцільне пластинчасте ребро. У кожному ряду трубки з'єднані послідовно калачами і їхній внутрішній об'єм на 25% заповнений рідким хладагентом-22. Після заповнення крайня трубка кожного ряду запаюється для забезпечення герметичності.

Лекція 6. Охолодження конструктивних елементів високотемпературних установок. Абсорбційні холодильні машини

Одним із шляхів утилізації низькопотенційних ВЕР є їхнє використання для отримання холоду в абсорбційних холодильних установках (АХУ), який, зокрема, необхідний для потреб кондиціонування повітря, щоб підтримати нормальні умови роботи обслуговуючого персоналу й устаткування.

Істотною перевагою АХУ у порівнянні з компресорними холодильними машинами є їхня гнучкість стосовно енергоносіїв, що використовуються. АХУ можуть застосовуватися при наявності на підприємствах невикористаних ВЕР – відбирання пари турбін ТЕЦ, пари промислових котелень та інших джерел теплоти.

Дія АХУ заснована на застосуванні бінарних сумішей, що складаються з компонентів, які суттєво відрізняються температурою кипіння при однаковому тиску. Один з компонентів є холодильним агентом, інший – абсорбентом (поглиначем).

Найбільше поширення одержали суміші: водоаміачний розчин і водний розчин солі бромистого літію. За назвами цих бінарних сумішей розрізняють холодильні установки водоаміачні (АВХУ) і бромистолітієві (АБХУ).

Одним з варіантів застосування абсорбційних машин є охолодження припливного повітря з застосуванням розчинів рідких сорбентів, де для регенерації сорбенту використовується низькопотенційна теплота.

Принцип роботи установки полягає в наступному. Оброблюване повітря проходить через осушувальну камеру, де, контактуючи з розчином хлористого літію, охолоджується й осушується. Потім воно зволожується при постійній ентальпії, проходячи через камеру адіабатичного зволоження, де контактує з безупинно циркулюючою водою. Для регенерації розчин підігрівається в теплообміннику джерелом низькотемпературної теплоти (відпрацьована пара, вода, що охолоджує устаткування, конденсат тощо) і відновлює концентрацію в камері регенерації.

Методика розрахунку

Розрахунок камери охолодження

Теплова потужність в камері охолодження за рахунок явної, повної та прихованої теплоти визначається за формулами, кВт:

$$Q_{\dot{y}} = G \tilde{h}_i (t_{n1} - t_{n2}) \quad (6.1)$$

$$Q_{\dot{i}} = G(\dot{I}_1 - \dot{I}_2) \quad (6.2)$$

$$Q_{\dot{o}\dot{i}} = Q_{\dot{i}} - Q_{\dot{y}} \quad (6.3)$$

де t_{c1} в $^{\circ}\text{C}$; H_1 в кДж/кг; t_{c2} в $^{\circ}\text{C}$; H_2 в кДж/кг – початкові і кінцеві параметри повітря; C_p – теплоємність повітря, кДж/(кг·К); G – масова витрата повітря, кг/с.

Поверхня, необхідна для відведення явної теплоти, m^2 :

$$F = \frac{1,15 \cdot Q_{\dot{y}}}{K \cdot \Delta t_{cp,a}} \quad (6.4)$$

де $\Delta t_{cp,a}$ – середньологаріфмічна різниця температур повітря і розчину, $^{\circ}\text{C}$;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)

Прихована теплота випару води в повітрі, кДж/кг, визначається за формулою:

$$Q_{\dot{o}\dot{i}} = r = 2500 - 0,55 \cdot t_{cp} \quad (6.5)$$

Визначення перепаду парціальних тисків, Па, обчислюється:

$$P_{cp,a} = \bar{P}_{\dot{a}} - \bar{P}_{\dot{o}\dot{i}} \quad (6.6)$$

Необхідний середній парціальний тиск водяної пари над розчином, Па, визначається:

$$P_{розч} = \bar{P}_0 - P_{cp,a} \quad (6.7)$$

По $P - \varepsilon$ діаграмі визначаємо середню концентрацію розчину в охолоджувальній камері.

Кількість розчину в кг обчислюється за формулою:

$$G'_{розч} = \frac{G \cdot \Delta H}{c_{розч} \cdot \Delta t_{розч}} \quad (6.8)$$

Визначення кількості хлористого літію в розчині в кг

$$G = G'_{розч} \cdot \varepsilon_1 \quad (6.9)$$

Кінцева масова кількість розчину після поглинання ним водяної пари з повітря в кг визначається

$$G_{розч} = G'_{розч} \cdot \omega = G'_{розч} \cdot G \frac{\Delta d}{1000} \quad (6.10)$$

Уточнені величини кінцевої і середньої концентрацій хлористого літію, %:

$$\varepsilon_K = \frac{G_\delta}{G''_{розч}} \cdot 100 \quad (6.11)$$

$$\varepsilon_{cp} = \frac{G_\delta \cdot 2}{G'_{розч} + G''_{розч}} \cdot 100 \quad (6.12)$$

Розрахунок камери регенерації

Через камеру регенерації пропускається відпрацьоване охолоджене й осушене повітря з приміщення, що має початкові параметри $t''_c, \varphi''_1, d''_1, H''_1, p''_1$.

Кінцевий вологовміст повітря після камери регенерації, г/кг:

$$d'_2 = d''_1 + \frac{\omega \cdot 1000}{G} \quad (6.13)$$

і по $H - d$ діаграмі визначається парціальний тиск водяної пари, що відповідає d''_1 ,

Кінцевий парціальний тиск водяної пари над поверхнею розчину, Па, визначається:

$$P''_{2розч} = P''_2 + 18 \quad (6.14)$$

По $p - \varepsilon$ діаграмі визначається температура розчину, що відповідає $P''_{2розч}$

Величину поверхні камери регенерації приймають рівною поверхні камери охолодження. Також приймаються і величини коефіцієнтів тепло- і масовіддачі.

Початковий парціальний тиск водяної пари над поверхнею розчину визначається з рівняння

$$G \left(\frac{d_1 - d_2}{1000} \right) = F \cdot \beta \left(\frac{P'_{1\text{розч}} + p''_{2\text{розч}}}{2} - \frac{P'_1 + p''_2}{2} \right) \quad (6.15)$$

По тиску $P''_{1\text{розч}}$ і ε по $P - \varepsilon$ діаграмі (у додатку рис.35) визначається початкова температура розчину.

Кінцева температура повітря визначається з рівняння теплового балансу:

$$G_{cp} (t''_{c2} - t'_{c1}) = F \alpha_n \left(\frac{t_{\text{розч}1} + t_{\text{розч}2}}{2} - \frac{t_{c1} + t_{c2}}{2} \right) \quad (6.16)$$

Ентальпія повітря, кДж/кг, визначається за формулою:

$$H''_2 = H_{нов} + \frac{H_n}{1000} \quad (6.17)$$

де $H_{нов} = c_{нов} t_{c2}^0 = t_{c2}^0$ – ентальпія 1 кг сухого повітря.

За $H - d$ діаграмою знаходиться величина ϕ''_2 .

$H_n = 2500 + 1,93 t''_{c2}$ - ентальпія водяної пари.

Тоді $H''_2 = t_{c2}^0 + 0,001(2500 + 1,93 t''_{c2})$.

Лекція 7. Енергоекономічна і екологічна ефективність використання вторинних енергоресурсів. Оцінка рівня екологічної безпеки. Основні засади формування енергетичної стратегії та політики. Енергетичне планування та енергозбереження в Україні: стан, проблеми, перспективи

Вибір найбільш доцільного варіанту рішення технічної задачі здійснюється на основі розрахунку порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень, яка визначається в результаті комплексного аналізу вартісних і натуральних показників. До останніх належать продуктивність праці, витрата даного виду сировини, металу, матеріалів, палива і т.п.; рівень безвідходності; простота експлуатації; санітарно-гігієнічні умови праці та ін.

Таким чином, енергозбереження слід розглядати як складову частину економічної політики розвитку промисловості і господарської діяльності в цілому.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), направлена на раціональне використання і економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних і правових методів.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правова та фінансово-економічна регуляція процесів добування, переробки, транспортування, зберігання, вироблення, розподілу та використання паливо-енергетичних ресурсів з метою їх раціонального використання та економного витрачання.

Паливно-енергетичні ресурси – сукупність всіх природних та перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві.

Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів – досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки та технології і відносним зниженням техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Економія паливно-енергетичних ресурсів – відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, яке виявляється в зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг установленої якості.

Енергозберігаюча технологія – метод виробництва продукції з раціональним використанням енергії, який дає можливість одночасно зменшувати енергетичне навантаження на оточуюче природне середовище і кількість енергетичних відходів, отриманих при виробництві і експлуатації виробленого продукту.

Раціональне використання енергії – використання енергії споживачами найбільш ефективним шляхом з економічної точки зору з урахуванням соціальних, політичних фінансових обмежень, вимог по охороні навколишнього середовища і т.д. Термін не рівнозначний терміну "економія енергії".

Економія енергії – результати реалізації дій, спрямованих на зниження невиробничих витрат палива, електроенергії, теплоти механічної енергії. Дії можуть носити пасивний (наприклад, заміна теплоізоляції), активний (утилізація теплоти викидів) або організаційний (заміна одного виду транспорту іншим, більш ефективним в енергетичному відношенні) характер.

Енергоємність – кількість енергії, яка була використана (прямо або не прямо) при виробленні продукції або виконанні роботи (вимірюється відповідно в місцях випуску продукції і виконання роботи).

Примітка:

1. *Кількість енергії визначається в розрахунку на одиницю виготовленої продукції (машини, тони матеріалу і т.д.) або виконаної роботи.*

2. *Термін "енергоємність" все більш широко використовується в якості показника питомої витрати енергії в розрахунку на грошову одиницю (національного прибутку, вартості випущеної продукції і т.д.)*

Енергетичний ланцюг характеризує потік енергії від видобутку (вироблення) первинного енергоресурсу до кінцевого використання енергії.

Перетворення однієї форми енергії в іншу включає одну або декілька ланок енергетичного ланцюга. В літературі частіше використовують термін *енергетичний потік*, який визначається як рух енергоресурсів в енергетичному господарстві в напрямку від джерела до користувачів енергії; стадії цього руху характеризують переміщення і зберігання енергетичних ресурсів, зміну їх кількості і (або) якісного складу. Все більш широко використовується також термін *енергетичний каскад*, який визначається як енергетичний потік, що використовується постійно в двох або більшому числі технологічних процесів таким чином, що остаточна енергія після завершення одного технологічного процесу поступає для використання в послідуєчому процесі або процесах з метою досягнення оптимальної ефективності використання енергії. В тому випадку, коли мова йде про теплоту, в кожному технологічному процесі збільшення ентропії енергії, що надходить відповідає зменшенню її ентальпії.

Питомі витрати на економію енергії – витрати, які необхідні для реалізації дій по економії одиниці енергії в рік без небажаної зміни кількості або якості продукції, що випускається. Термін використовується, наприклад при розрахунках прибутку.

Теплоізоляція – захист житлових і громадських споруд, теплових промислових установок, трубопроводів від небажаного теплового обміну з оточуючим середовищем для зниження втрат теплоти. Термін "теплоізоляція" може бути використаним також у випадку, коли теплоізолюючі матеріали використовуються для попередження втрат холоду із холодильних камер або, що те ж саме, надходження теплоти до них.

Із збільшенням товщини шару теплової ізоляції δ зменшуються втрати теплоти у зовнішнє середовище й внаслідок цього збільшується економія теплоносія, який передається по трубопроводу. Одночасно зі збільшенням товщини шару ізоляції підвищуються затрати, пов'язані з її нанесенням. Тому найбільш вигідна така товщина ізоляції, за якої сумарна величина затрат на

ізоляцію і затрат, пов'язаних з втратами теплоти у зовнішнє середовище, мінімальна.

Енергоекономічна споруда – споруда, яка спроектована таким чином, щоб її енергетичне споживання на цілі опалення кондиціонування повітря, освітлення і гаряче водопостачання задовільнялося при мінімальному використанні покупної енергії, тобто споруда, яка може експлуатуватися при мінімальних затратах на енергоносії. Існує велика кількість типів "енергоекономічних споруд".

Активна економія енергії застосовується до діючого енергетичного і енергоспоживаючого обладнання. І досягається за рахунок запрограмованого управління опаленням і кондиціонуванням повітрям. *Запрограмоване управління опаленням і кондиціонуванням повітря* – автоматичне управління системою опалення і кондиціонування повітря в будівлі у відповідності з програмою, яка заздалегідь розроблена таким чином, щоб люди в приміщенні знаходились в необхідних комфортних умовах при мінімальних енергетичних затратах, а під час відсутності людей в приміщенні навантаження на установки по опаленню і кондиціонування повітря автоматично знижувались.

Активна економія енергії також може досягатися за допомогою додаткових елементів обладнання, яке використовує вторинну сировину, а також утилізує вторинні енергетичні ресурси на діючому енергетичному і енергоспоживаючому обладнанні. Прикладами цього є:

Регенерація енергії – використання залишкової енергії після завершення конкретного процесу в тому ж самому або іншому процесі.

Регенерація викидної теплоти – утилізація тієї частини теплоти, яка була вироблена для конкретного процесу, але не була використана в ньому, залишилася при цьому корисною теплотою.

Регенерація механічної енергії – перетворення в корисну форму енергії невикористаної частини механічної енергії, тобто тієї її частини, яка без прийняття спеціальних мір була б втрачена. Прикладом регенерації

механічної енергії є установка на магістральних газопроводах і розподільчих газових мережах турбодетандерів замість редукційних клапанів.

Одним з найпоширеніших пристроїв за допомогою яких здійснюються активна економія енергії є *теплообмінний апарат* – вид обладнання, призначений для передачі теплоти від середовища з більш високою температурою (гріюче тіло – теплоносій) до середовища з більш низькою температурою (тіло, яке нагрівається). Теплообмінники поділяються на *рукоперативні, регенеративні і змішуючі*.

Закон України **"Про енергозбереження"** був прийнятий Верховною Радою 1 липня 1994 року, цей закон визначає правові, економічні, соціальні і екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян.

Метою законодавства про енергозбереження є регулювання відносин між господарськими суб'єктами, а також між державою і юридичними та фізичними особами у сфері енергозбереження, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів, забезпечення зацікавленості підприємств, організацій та громадян в енергозбереженні, впровадженні енергозберігаючих технологій, розробці і виробництві менш енергоємних машин та технологічного обладнання, закріплення відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозбереження.

Основними принципами державної політики у сфері енергозбереження є:

а) створення державою економічних правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;

б) здійснення державного регулювання діяльності у сфері енергозбереження на основі застосування економічних, нормативно-технічних заходів управління;

в) пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою,

транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів;

г) наукове обґрунтування стандартизації у сфері енергозбереження та нормування використання паливно-енергетичних ресурсів, необхідність дотримання енергетичних стандартів та нормативів при використанні палива та енергоносіїв;

д) створення енергозберігаючої структури матеріального виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх технологій;

е) обов'язковість енергетичної експертизи;

є) популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;

ж) поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання та економного витрачання паливно-енергетичних ресурсів;

з) встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

и) вирішення проблем енергозбереження у поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва.

Для досягнення мети цього законодавства та реалізації принципів державної політики з енергозбереження законом України про енергозбереження розроблений економічний механізм енергозбереження, в якому передбачають:

а) комплексне застосування економічних важелів та стимулів для орієнтації управлінської, науково-технічної і господарської діяльності підприємств, установ та організацій на раціональне використання і економію паливно-енергетичних ресурсів;

б) визначення джерел і напрямів фінансування енергозбереження;

в) створення бази для реалізації економічних кодів управління енергозбереженням у вигляді системи державних стандартів, які містять показники питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів для основних і енергоємних видів продукції та технологічних процесів в усіх галузях народного господарства;

г) використання системи державних стандартів у сфері енергозбереження при визначенні розмірів надання економічних пільг та застосування економічних санкцій;

д) введення відрахувань від вартості фактично використаних підприємствами паливно-енергетичних ресурсів;

е) введення плати за нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів у вигляді надбавок до діючих цін та тарифів залежно від перевитрат паливно-енергетичних ресурсів щодо витрат, встановлених стандартами;

є) застосування економічних санкцій за марнотратне витрачання палива та енергії внаслідок безгосподарної або некомпетентної діяльності працюючих;

ж) надання юридичним і фізичним особам субсидій, дотацій, податкових, кредитних та інших пільг для стимулювання розробок, впровадження патентних винаходів та використання енергозберігаючих технологій, обладнання і матеріалів;

з) матеріальне стимулювання колективів та окремих робітників за ефективне використання та економію паливно-енергетичних ресурсів, впровадження розробок, захищених патентом.

Проблема енергозбереження та регулювання енерговитратами не є суто технічною або економічною. Вона має також і своє політичне, соціальне та загально-екологічне значення. Зменшення енерговитрат призводить до зменшення собівартості продукції, а отже впливає на соціальний добробут. Розуміння важливості енергозбереження неодмінно формує свідомість того, що необхідно приділяти особливу увагу збереженню екології оточуючого

середовища та умов проживання. Загальновизнаним є факт, що енергозберігаючі заходи є найбільш ефективним шляхом до зменшення техногенного тиску на довкілля.

Ресурсо- і енергозбереження та оздоровлення навколишнього природного середовища – це дві сторони єдиного процесу досягнення еколого-економічної збалансованості у функціонуванні національної економіки. Заходи економії ПЕР характеризуються тією перевагою, що дозволяють зменшити викиди всіх шкідливих речовин. Слід зазначити, що за допомогою інших природоохоронних заходів викид однієї речовини може замінятися викидом другої речовини. Захист навколишнього середовища за допомогою енергозбереження не пов'язаний з додатковими витратами енергії, тоді як інші природоохоронні методи часто передбачають суттєве збільшення енергоспоживання.

Екологічний (природоохоронний) ефект енергозбереження обмежується не лише сферою використання енергії. Кожна заощаджена при використанні тонна палива, гігакалорія теплоти чи заощаджена кіловат-година електроенергії дозволяють також забезпечити значний природоохоронний ефект на всіх попередніх енергетичних стадіях, пов'язаних з видобуванням палива, його збагаченням, переробкою та транспортуванням; виробництвом, транспортуванням електричної та теплової енергії до споживача і її розподілом.

Впровадження заходів з енергозбереження надає більш широкі можливості для виконання міжнародних обов'язків України, зокрема "Концепції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані", яку Україна ратифікувала у 1980 р. Так, згідно з Другим Протоколом відносно подальшого скорочення викидів сірки (Україна підписала у червні 1994 р. у м. Осло) наша держава взяла на себе зобов'язання скоротити викиди сірки на 40% у 2010 р. по відношенню до викидів сірки у 1980 р. У жовтні 1988 р. у м. Софії Україна підписала "Протокол про скорочення викидів оксидів азоту або їх транскордонних потоків", яким передбачалась стабілізація викидів оксидів

азоту до 1995 р. на рівні 1987р. та подальша розробка заходів по їх зменшенню.

Заходи з природоохоронної діяльності повинні скоротити обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферу, стабілізувати обсяги води, яка споживається, суттєво збільшити масштаби використання відходів попелу та шлаків. Наприклад, кожна заощаджена тисяча кіловат-годин електроенергії запобігає у середньому викиду в атмосферу 4,2 кг твердих часток, 5,65 кг оксидів сірки, 1,76 кг оксидів азоту, а заощаджена гігакалорія теплоти – 2,2 кг твердих часток, понад 3 кг оксидів сірки та близько 1 кг викидів оксидів азоту.

Для захисту атмосфери від шкідливих викидів ТЕС перспективним є: спалювання вугілля у киплячому шарі з додаванням вапняку; двох-та трьохстадійне спалювання газу; відновлення оксидів азоту в топці котла та по ходу димових газів; попередня газифікація вугілля з очисткою газу від сірки; застосування напівсухої та мокрої пилоочистки; зволоження палива; зонне регулювання процесу спалювання; попередня газифікація високосірчистих мазутів під тиском з наступною очисткою отриманого газу. До перспективних технологій можна віднести плазмо-хімічну переробку газу, створення нових комплексних методів внутрішньоциклової очистки палива, спалювання низькосортного вугілля у киплячому шарі.

Одним з шляхів захисту навколишнього середовища є утилізація відходів на основі розробки та впровадження в енергетичних господарствах безвідходних технологій. Як приклад можна привести використання тепло насосних установок для ліквідації "термічних" звалищ. Ліквідація малих неекономічних котелень – також один із шляхів зменшення забруднення атмосферного повітря в містах, густонаселених районах.

У зв'язку з несприятливим екологічним становищем в районах розміщення великих ТЕС необхідні радикальні заходи по оздоровленню повітряних та водних басейнів цих регіонів:

- 1) застосування ефективних установок сіркоочистки та азотоочистки на

діючих енергоблоках та при введенні нових потужностей;

2) використання парогазової технології при новому будівництві та реконструкції ТЕС;

3) попереднє збагачення твердого та рідкого палива зі значним вмістом сірки та золи, що дозволить покращити економічність режимів спалювання;

4) розробка та впровадження на ТЕС нового котельного оснащення з новими технологіями спалювання твердого палива, в першу чергу технології на основі циркулюючого киплячого шару;

5) впровадження малостічних та безстічних технологічних систем на всіх ТЕС;

6) утилізація золошлакових відходів ТЕС для використання їх у будівельній промисловості;

7) впровадження нових технологій спалювання низькосортного вугілля з внутрішньоцикловою газифікацією вугілля та використання генераторного газу.

Заходами боротьби з викидами CO_2 є: підвищення ефективності енергоспоживання у всіх ланках від видобування палива до кінцевого споживання електроенергії; зростання використання палива з меншим питомим виходом CO_2 , тобто природного газу замість вугілля та рідкого палива (питомі викиди CO_2 на 1 т у.п. зменшуються відповідно в 1,64 та 1,45 рази); розвиток атомної енергетики та гідроенергетики.

Для підвищення екологічної безпеки в районах розташування АЕС важливим є створення надійних атомних реакторів, які б відповідали міжнародним стандартам, а також модернізація та реконструкція АЕС з метою підвищення їх надійності та безпеки.

При плануванні обсягів капіталовкладень на будівництво енергопідприємств необхідно ввести норматив коштів на заходи по охороні навколишнього природного середовища.

Концепція екологізації промислових підприємств з урахуванням енергоефективності базується на використанні ВЕР, у тому числі теплових

викидів в атмосферу, та поетапному впровадженні ефективних технологій енергозбереження й утилізації теплоти, локальній оптимізації енергоустановок, використанні ефективного обладнання та засобів очищення викидів. Можуть бути визначені такі етапи екологізації промислових підприємств:

1) підвищення екологічності та енергетичної ефективності основного обладнання за рахунок проведення сучасного регламентного обслуговування, впровадження технологій утилізації низькопотенційної енергії;

2) вдосконалення режимів роботи, модернізація та оптимізація параметрів роботи обладнання;

3) розробка та впровадження ефективних засобів і технологій, спрямованих на інтенсивне енергозбереження;

4) розробка та впровадження ефективних засобів і технологій захисту навколишнього природного середовища.

Методологія поетапної екологізації може бути успішно використана на більшості типів промислових підприємств.

Норми енерговживання класифікуються тут як індивідуальні, групові, технологічні і загальновиробничі. Так, під виробничими розуміється норма споживання теплоенергетичних ресурсів основними і допоміжними учасниками випуску даного виду продукції з врахуванням розігріву агрегатів після простою та енерговтрат. Величину повних енергозатрат на виробництво продукції, роботи чи послуги пропонується розглядати в якості міри фізичної реалізації технологічних процесів и узагальненого критерію ефективності виробництва.

Список літератури

Базова

1. Самохвалов В.С. Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження: Навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 256 с. (електронний варіант)
2. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с. (електронний варіант)
3. Воинов А.П., Зайцев В.А., Куперман Л.И., Сидельковский Л.Н. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты / Под ред. Л.Н. Сидельковского. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с. (електронний варіант)
4. Малярєнко В.А. Енергозбереження та енергетичний аудит: Навчальний посіб. / В.А. Малярєнко, І.А. Немировський. – 2-е вид., перероб. і доп. – Харків: НТУ ХПІ, 2010. – 344 с. (електронний варіант)

Допоміжна

6. Янтовский Е.И. Промышленные тепловые насосы. [Текст] / Е. И. Янтовский, Л. А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 125 с.
7. Юращик И.Л. Утилизация теплоты приводных газотурбинных установок / И.Л. Юращик, Л.Ф. Глущенко, А.С. Маторин. – К.: Техника, 1991. – 149 с.
8. Забезпечення енергетичної безпеки України / Рада національної безпеки і оборони України, Нац. ін-т проблем міжнародної безпеки. / С.М. Бевз, Д.В. Волошин та інші. – К.: НІПМБ, 2003. – 264 с.
9. Украина: Эффективность малой энергетики/ Под общ. ред. А. Романова. – К.: Энергетический Центр Европейского Союза (Tacis), 1996. – 232 с.
10. Кошелев А.А. Экологические проблемы энергетики / А.А. Кошелев, Г.В. Ташкинова, Б.Б. Чебаненко. – Новосибирск: Наука, 1989. – 322 с.
11. Мельник Л.Г. Экологическая экономика. – Сумы: Университетская книга, 2001. – 350 с.
12. Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення. ДСТУ 2804-94. – К.: Держстандарт України, 1995. – 42 с.
13. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання. ДСТУ 4090-2001. – К.: Держстандарт України, 2002. – 42 с.
14. Закон України №74/94-ВР від 01.07.1994р. «Про енергозбереження» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.patriotnrg.ua/ukr/files/index/5>

Навчальне видання
Луняка Клара Василівна
Самохвалов Віктор Сергійович
Джуринська Анна Олександрівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни «Вторинні енергетичні ресурси та
енергозбереження»

напрямок підготовки 6.051201 «Суднобудування та океанотехніка»
напрямок підготовки 6.050503 «Машинобудування»
