

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ
« ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПАРООХОЛОДНИКА КОТЛА»
З КУРСУ «ТЕПЛОМАСООБМІН»**

**для студентів спеціальності 7.090505 та 7.05020202
усіх форм навчання**

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 07.12.11.

Харків
НТУ «ХП»
2013

Методичні вказівки до курсової роботи «Тепловий розрахунок парохолодника котла» з курсу «Тепломасообмін» для студентів спеціальності 7.090505 та 7.05020202 усіх форм навчання / уклад.: Гончаренко Л. В., Тютюнник Л. І., Гончаренко О. Л. – Х.: НТУ «ХП», 2013. – 20 с.

Укладачі: Л. В. Гончаренко
Л. І. Тютюнник
О. Л. Гончаренко

Рецензент В. Я.Горбатенко

Кафедра парогенераторобудування

1. Загальні положення

1.1 Мета і завдання курсової роботи

У курсі «Тепломасообмін» та «Теплоенергетичні процеси і об'єкти виробництва електроенергії і теплоти» вивчається розділ «Тепловий розрахунок рекуперативних теплообмінних апаратів». Відповідно до цього метою курсової роботи є закріплення теоретичних і практичних знань, набутих на лекційних і практичних заняттях, та реалізація останніх при розв'язанні конкретно поставленого завдання.

Завданням курсової роботи є виконання теплового розрахунку пароохолодника поверхневого типу.

1.2 Обсяг, зміст, оформлення і захист курсової роботи

Курсова робота складається з пояснювальної записки обсягом 20...25 сторінок текстової частини та ескізу пароохолодника, виконаного на аркуші формату А-4.

Пояснювальна записка до курсової роботи повинна містити:

– титульний аркуш, який оформлюється відповідно до стандартів [6,7] (додаток 1);

– завдання на розробку курсової роботи (додаток 2), яке видається керівником. У завданні вказуються: тема роботи, вихідні дані для розрахунку, зміст, особливості й умови виконання роботи, обсяг креслень, перелік розділів, які виконуються із застосуванням ЕОМ. Завдання повинно бути підписане керівником і студентом. Кожен студент виконує індивідуальний варіант розрахунку. Вихідні дані необхідно вибрати з табл. 1 за останньою і передостанньою цифрою шифру. Шифр встановлюється або за заліковою книжкою, або за журналом академічної групи;

– зміст, в якому найменування розділів роботи необхідно подати відповідно до завдання. До змісту необхідно також включити додаток, що містить результати розрахунків на ЕОМ, та інші дані;

– вступ, у якому розкривається актуальність та обґрунтування необхідності вирішення технічного питання, розробці якого присвячена курсова робота. Обсяг вступу становить 1...2 сторінки тексту. При написанні вступу можна використати літературу [2, 3, 4];

– технічну характеристику і опис конструкції пароохолодника. Основні відомості про призначення пароохолодника, конструкцію, принцип дії, умови експлуатації та інші дані. Опис необхідно ілюструвати рисунком (наприклад, рис.1). Обсяг цього розділу становить 2...3 сторінки тексту. Для його виконання необхідно скористатися літературою [2, 3, 4];

– тепловий розрахунок пароохолодника, який є основною частиною

пояснювальної записки. Він повинен бути виконаний відповідно до методики, викладеної у нормативному методі теплового розрахунку котельних агрегатів [1], і оформлений з дотриманням вимог СТБУЗ-ХП [6, 7];

– висновки, які необхідно зробити за результатами теплового розрахунку пароохолодника. У висновках оцінюється ефективність роботи пароохолодника, похибки його теплового розрахунку та ін.;

– список літератури, який повинен містити повний перелік літературних джерел, що були використані у роботі. Оформлення списку літератури необхідно виконати відповідно до вимог СТБУЗ-ХП [6, 7].

Захист курсової роботи здійснюється після її перевірки керівником і внесення студентом усіх виправлень як технічного, так і оформлювального характеру. Курсова робота оцінюється за п'ятибальною системою оцінки знань.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Розмірн.	Остання цифра шифру									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D	кг/с	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6	33,3	36,1	38,9
$P_{п.п}$	$\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
l	м	3,1	3,4	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8	5,0	5,1	5,3

Продовження таблиці 1

Параметр	Розмірність	Передостання цифра шифру				
		0	1	2	3	4
Температура перегрітої пари на вході у пароохолодник, $t'_{п.п}$	°C	340	345	350	355	360
Витрата живильної води, $D_{ж.в}$	кг/с	0,24D	0,26D	0,28D	0,30D	0,32D
Температура живильної води на вході у пароохолодник, $t'_{ж.в}$	°C	105	115	125	135	145

1.3 Список літератури

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / под ред. Н. В. Кузнецова, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, Э. С. Карасиной. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.
2. Резников М. И. Паровые котлы тепловых электростанций : учебник для вузов / М. И. Резников, Ю. М. Липов – М. : Энергоиздат, 1981. – 240 с.
3. Рабинович О. М. Котельные агрегаты / О. М. Рабинович – М.– Л. : Машгиз, 1963. – 460 с.
4. Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 527 с.
5. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева – М. : Энергия, 1977. – 344 с.
6. СТВУЗ-ХПІ-3.01-2006 Текстові документи у сфері навчального процесу. – Х. НТУ «ХПІ», 2006.
7. СТВУЗ-ХПІ-2.01-2007 Дипломні проекти та дипломні роботи. – Х. : НТУ «ХПІ», 2007.
8. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – 3-е изд. перераб. и доп.; под ред. С. И. Мочана. – Питер, 1998. – 257 с.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПАРООХОЛОДНИКА

Поверхневі парохолодники (рис. 1) – це трубчасті теплообмінники, у яких охолодження пари проводиться живильною або котловою водою. Живильна вода проходить по горизонтальних трубках, а між ними проходить пара, що частково конденсується. Введення й виведення води проводиться в головці парохолодника, розділеною перегородкою на дві частини. Оболонка, яка знаходиться в камері парохолодника біля головки, запобігає надмірному охолодженню пари в торцевих змійовиках парохолодника. Регулювання перегріву пари в парохолоднику здійснюється зміною кількості води, яка подається в нього. Якщо температура живильної води за яких-небудь причин зменшується, то збільшується зниження перегрівання пари. Але в той же час зниження температури живильної води підвищує температуру пари в конвективному пароперегрівнику, тому що при цьому збільшується його теплосприйняття внаслідок збільшення витрати палива. У результаті спільного впливу цих факторів зміна температури живильної води звичайно не викликає необхідності зміни подачі живильної води в парохолодник.

Поверхневі парохолодники, які включені в перетинку розсікання, можуть працювати й на котловій воді. Істотною перевагою таких парохолодників є відсутність конденсату в парі за парохолодником, внаслідок чого усувається температурна нерівномірність, яка пов'язана з розподілом двофазного середовища по змійовиках парохолодника. Недоліком таких парохолодників є збільшення їх розмірів у порівнянні з парохолодниками, що працюють на живильній воді, через менший температурний напір. Крім того, вони вимагають ретельного контролю якості перегрітої пари за парохолодником внаслідок можливості проникнення охолоджувальної котлової води в парову частину котла.

Треба зауважити, що в даному розділі наведено лише приклад технічної характеристики парохолодника, а написання його кожен студент повинен виконувати індивідуально з використанням літературних джерел, наведених у підрозділі 1.3.

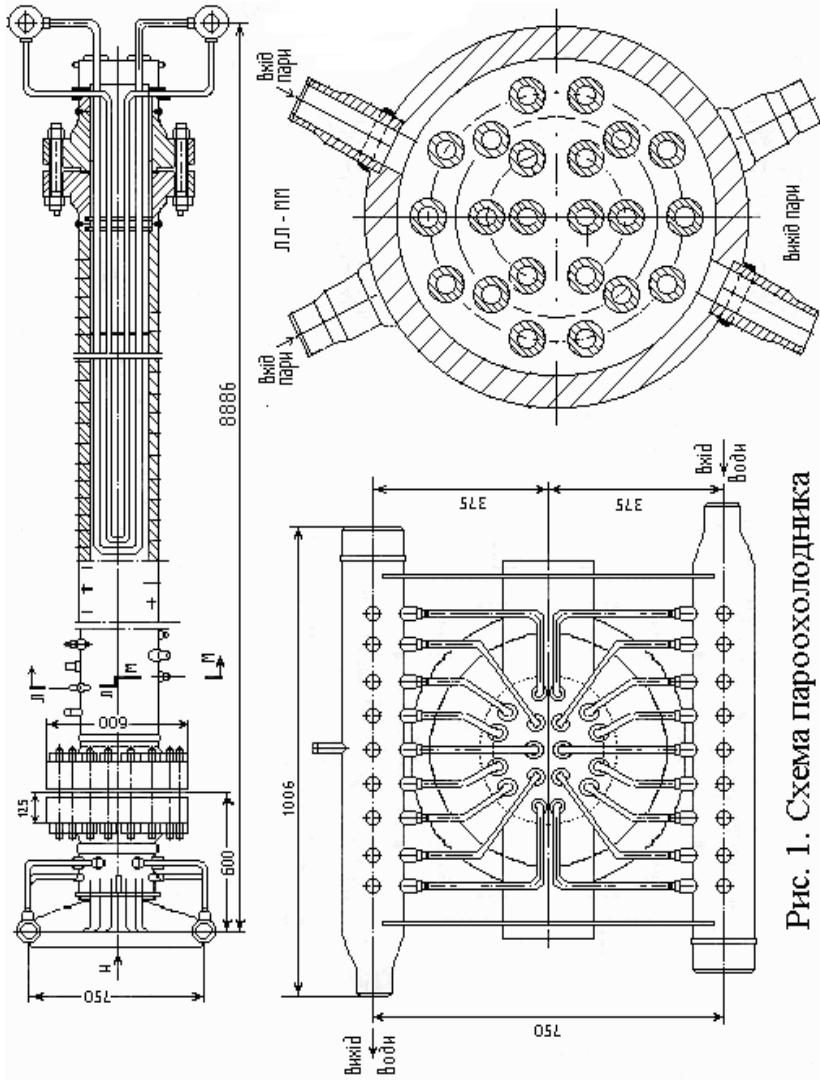


Рис. 1. Схема парохолодника

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Відомо, що для теплового розрахунку теплообмінного апарата необхідне спільне розв'язання двох рівнянь: рівняння теплового балансу і рівняння теплообміну [1, 5]. У курсовій роботі тепловий розрахунок пароохолодника здійснюється шляхом розв'язання вищезазначених рівнянь за методикою, викладеною в нормативному методі [1, с. 77], що зумовлено необхідністю знайомства на більш ранньому етапі навчання з нормативними документами, які використовуються для теплових розрахунків котельних агрегатів.

У зв'язку з тим, що в нормативному методі [1], розробленому у 1973 році і діючому до теперішнього часу в Україні, використовуються одиниці фізичних величин, які виражені у кілограм-силі і калорії, тепловий розрахунок пароохолодника потрібно виконувати в цих одиницях, з наступним переводом кінцевих результатів обчислювань в систему одиниць СІ. При цьому нові значення параметрів необхідно заключати у дужки. Треба зазначити, що тепловий розрахунок пароохолодника можна виконати і з використанням системи одиниць СІ, керуючись нормативним методом, який викладений у [8].

3.1 Тепловий розрахунок пароохолодника

Для виконання теплового розрахунку пароохолодника використовуються два рівняння. Одним з них є рівняння теплового балансу

$$Q = D \cdot (i'_{п.п} - i''_{п.п}) = D_{ж.в} (i''_{ж.в} - i'_{ж.в}), \quad (3.1)$$

де Q – кількість теплоти, яка передається парою живильній воді в пароохолоднику, ккал/с; $i'_{п.п}$, $i''_{п.п}$ – ентальпії пари на вході і виході пароохолодника, ккал/кг; $i'_{ж.в}$, $i''_{ж.в}$ – ентальпії живильної води на вході і виході пароохолодника, ккал/кг; D – паропродуктивність котла, кг/с; $D_{ж.в}$ – витрати живильної води, кг/с.

Другим рівнянням є рівняння теплообміну

$$Q = k \cdot H \cdot \Delta t, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі, ккал/(м² г °С); H – поверхня теплообміну, м²; Δt – температурний напір, °С.

З рівняння теплового балансу маємо

$$i''_{\text{ж.в}} = i'_{\text{ж.в}} + \frac{D}{D_{\text{ж.в}}} (i'_{\text{п.п}} - i''_{\text{п.п}}) = i'_{\text{ж.в}} + \frac{D}{D_{\text{ж.в}}} \Delta i, \quad (3.3)$$

де Δi – теплосприйняття пароохолодника ккал/кг, яке невідомо і для пароохолодників поверхневого типу знаходиться в межах $15 \div 25$ ккал/кг.

У зв'язку з тим, що кількість невідомих перевищує кількість рівнянь, вказана задача розв'язується методом послідовних наближень. Спочатку попередньо приймається величина Δi в межах рекомендованих значень і за допомогою рівняння теплового балансу (3.3) розраховуються кінцеві температури живильної води $i''_{\text{ж.в}}$ і перегрітої пари $t''_{\text{п.п}}$, які необхідні для визначення температурного напору Δt . Потім за рівнянням теплообміну (3.2) розраховуються кількість переданої в пароохолоднику теплоти Q і дійсне теплосприйняття пароохолодника Δi_1 за формулою

$$\Delta i_1 = Q / D. \quad (3.4)$$

Порівняння його з попередньо прийнятим значенням Δi здійснюється шляхом оцінки похибки розрахунку за формулою

$$\delta \Delta i = (\Delta i - \Delta i_1) \cdot 100 / \Delta i. \quad (3.5)$$

Якщо похибка не перевищує встановленої завданням величини, розрахунок вважається закінченим, якщо перевищує, то необхідно прийняти нове значення Δi і розрахунок повторити.

Згідно з викладеним тепловий розрахунок пароохолодника виконується в такій послідовності.

3.1.1 Розрахунок вихідних температур теплоносіїв

Розрахунок виконується за допомогою рівняння теплового балансу.

Ентальпія живильної води на вході в пароохолодник визначається за тиском $P_{\text{ж.в}}$ і температурою живильної води $i'_{\text{ж.в}}$ за допомогою табл. XXIV [1, с. 205]. Слід зазначити, що тиск живильної води $P_{\text{ж.в}}$ залежить від аеродинамічного опору економайзера і пароперегрівника. У зв'язку з тим, що в якості вихідних даних заданим є тиск перегрітої пари $P_{\text{п.п}}$, то тиск живильної води, $P_{\text{ж.в}}$ повинен бути збільшений порівняно з ним на $10 \dots 15$ %, тобто $P_{\text{ж.в}} = (1,1 \div 1,15) P_{\text{п.п}}$. Але через те, що залежність ентальпії живильної води від тиску незначна, у розрахунках замість $P_{\text{ж.в}}$ можна використовувати значення $P_{\text{п.п}}$ без великої їх похибки, тобто можна припустити, що $P_{\text{ж.в}} = P_{\text{п.п}}$.

Після визначення за рівнянням (3.3) ентальпії живильної води $i''_{ж.в}$ знаходиться її температура на виході з пароохолодника $t''_{ж.в}$ шляхом інтерполяції даних табл. XXIV [1, с. 205].

Якщо у завданні до курсової роботи установка пароохолодника передбачена за схемою «в перетинку розсікання» (між східцями пароперегрівника) або за пароперегрівником, то температура пари на виході з пароперегрівника визначається таким чином:

– за табл. XXV [1, с. 209] при заданих значеннях тиску $P_{пп}$ і температури пари на вході в пароохолодник $t'_{пп}$ знаходиться ентальпія $i'_{пп}$;

– попередньо прийнявши значення Δi , розраховується ентальпія $i''_{пп}$ за формулою $i''_{пп} = i'_{пп} - \Delta i$ і визначається температура перегрітої пари $t''_{пп}$ за табл. XXV [1, с. 209].

Якщо пароохолодник встановлюється на насиченій стороні пароперегрівника (перед ним), то температури пари на вході та виході пароохолодника будуть однаковими і рівними температурі насиченої пари $t_{пп}$, яка визначається на лінії насичення при заданому тиску $P_{пп}$ за допомогою табл. XXIII [1, с. 204].

3.1.2 Розрахунок кількості переданої теплоти в пароохолоднику

Розрахунок здійснюється за допомогою рівняння теплообміну (3.2), складові якого визначаються таким чином.

3.1.2.1 Визначення коефіцієнта теплопередачі при співвідношенні діаметрів трубного пучка $d_{зов}$ і $d_{вн}$ менше 1.8 можна виконати за формулою, яка застосовується для плоскої стінки [1]

$$k = \frac{\xi}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.6)$$

де $\xi = 0,9$ – коефіцієнт використання поверхні нагрівання;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі при течії живильної води в трубному пучку, ккал/(м² г °С);

$\delta_{ст}$ – товщина стінки труби, м;

$\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби, ккал/(м г °С), його величина наведена в завданні (додаток 2);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні труб парою для горизонтально розташованих пучків труб, ккал/(м² г °С).

При виконанні курсової роботи необхідно перевірити величину співвідношення $d_{\text{зов}}/d_{\text{вн}}$. Якщо воно перевищує 1.8, то для розрахунку коефіцієнта теплопередачі слід використати рівняння для циліндричної стінки [1].

Для визначення коефіцієнта теплопередачі k за формулою (3.6) необхідно використовувати розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі α_1 і α_2 .

3.1.2.2 Коефіцієнт тепловіддачі від води до внутрішньої стінки труби при подовжній течії води в трубах α_1 визначається за формулою

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda_{\text{жв}}}{d_{\text{вн}}}, \quad (3.7)$$

де Nu – критерій Нуссельта; $\lambda_{\text{жв}}$ – коефіцієнт теплопровідності живильної води Вт/(м °С); який визначається за табл. VI [1, с. 172] при заданому тиску $P_{\text{пп}}$ і середній температурі живильної води $t_{\text{жв}}$, яка знаходиться за формулою $t_{\text{жв}} = (t'_{\text{жв}} + t''_{\text{жв}})/2$; $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби, м, $d_{\text{вн}} = d_{\text{зов}} - 2\delta_{\text{СТ}}$, де $d_{\text{зов}}$ та $\delta_{\text{СТ}}$ задані (додаток 2).

Критерій Нуссельта при турбулентному режимі течії води в трубі [1, с. 41] визначається у такий спосіб:

$$\text{Nu} = 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,4} C_t \cdot C_d \cdot C_l, \quad (3.8)$$

де Re – критерій Рейнольдса; Pr – критерій Прандтля, що визначається за даними табл. VII [1, с. 174] при $P_{\text{пп}}$ і $t_{\text{жв}}$; C_t, C_d, C_l – коефіцієнти: $C_t = 1$, тому що в'язкість води мало залежить від температури; $C_d = 1$, тому що в пароохолоднику має місце двосторонній обігрів труб; $C_l = 1$, якщо $l/d > 50$ (в даному випадку ця умова дотримується, але перевірку в курсовій роботі необхідно зробити).

Критерій Рейнольдса визначається за формулою

$$\text{Re} = \frac{w_{\text{жв}} \cdot d_{\text{вн}}}{\nu_{\text{жв}}}, \quad (3.9)$$

де $w_{\text{жв}}$ – швидкість руху живильної води в трубах, м/с; $\nu_{\text{жв}}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості живильної води, м²/с.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості живильної води знаходиться як

$$v_{\text{жв}} = 9,81 \cdot \mu_{\text{жв}} \cdot v_{\text{жв}}, \quad (3.10)$$

де $\mu_{\text{жв}}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості води, кгс·с/м², що знаходиться при середній температурі живильної води $t_{\text{жв}}$ і заданому тиску $P_{\text{пп}}$ за допомогою табл. V [1, с. 171].

Швидкість руху живильної води визначається за формулою

$$w_{\text{жв}} = \frac{D_{\text{жв}} \cdot v_{\text{жв}}}{f_{\text{жв}}}, \quad (3.11)$$

де $v_{\text{жв}}$ – питомий об'єм живильної води при середній температурі $t_{\text{жв}}$ і заданому тиску $P_{\text{пп}}$, м³/кг, що знаходиться за табл. XXIII [1, с. 204]; $f_{\text{жв}}$ – площа живого перерізу трубного пучка для проходження живильної води, м², яка розраховується як

$$f_{\text{жв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n}{4}, \quad (3.11)$$

де n – кількість U -подібних труб з однієї сторони парохолодника, $n = 17$ шт.

Правильність розрахунку коефіцієнта тепловіддачі α_1 за формулою (3.7) необхідно підтвердити шляхом визначення α_{11} за допомогою номограми 16 [1, с. 257]. При користуванні номограмою припустити, що $d_{\text{ек}} = d_{\text{вн}}$. Зіставлення α_1 і α_{11} шляхом визначення $\delta\alpha_1 = (\alpha_1 - \alpha_{11}) \cdot 100 / \alpha_1$ дає можливість переконатися у відсутності помилок у розрахунках. При правильному розрахунку розбіжність у величинах коефіцієнтів тепловіддачі, як правило, не перевищує 5 %.

3.1.2.3 Коефіцієнт тепловіддачі від пари до зовнішньої стінки труби α_2 відповідно до методики [1] визначається за формулою

$$\alpha_2 = 0,5 \cdot \beta \cdot \sqrt[4]{\frac{3600 \cdot \lambda_p^3 \cdot r \cdot \rho_p^2}{\mu_p \cdot \delta t \cdot d_{\text{зов}}}}, \quad (3.13)$$

де β – коефіцієнт, що враховує вплив руху пари на тепловіддачу; λ_p – теплопровідність конденсату, ккал/(м г °С); визначається при температурі насичення $t_{\text{пп}}$ за табл. VI [1, с. 172, 173]; r – теплота пароутворення, ккал/кг; визначається при температурі насичення $t_{\text{пп}}$ і заданому тиску $P_{\text{пп}}$ за табл.

XXIII [1, с. 204]; ρ_p – щільність конденсату на лінії насичення при $P_{\text{нп}}$, кг/м³; яка визначається за формулою: $\rho_p = 1/v_{\text{жв}}$, де $v_{\text{жв}}$ – питомий об'єм живильної води, м³/кг, який знаходиться за табл. XXIII [1, с. 204]; μ_p – коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату при $P_{\text{нп}}$, кгс с/м²; визначається за табл. V [1, с. 171, 172]; δt – перепад температур «пара-стінка», °С (попередньо задається); $d_{\text{зов}}$ – зовнішній діаметр труби, м.

Формула (3.13) враховує, що на поверхні трубного пучка має місце часткова (локальна) конденсація водяної пари.

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 визначається методом послідовних наближень. З цією метою необхідно спочатку задати значенням δt , розрахувати коефіцієнт теплопередачі k за формулою (3.6) і здійснити перевірку праильності задання δt таким чином:

$$\delta t_1 = k \cdot (t_{\text{нп}} - t_{\text{жв}}) / \alpha_2, \quad (3.14)$$

де $t_{\text{жв}}$ – середня температура живильної води, °С.

Якщо набуте значення δt відрізняється від розрахункового δt_1 ($\Delta \delta t = (\delta t - \delta t_1) \cdot 100 / \delta t$) більш ніж на 25 %, то задається нове значення δt і здійснюється друге наближення. Орієнтовно значення δt знаходиться в межах 20...40 °С.

Для перевірки правильності визначення коефіцієнта тепловіддачі α_2 необхідно знайти його значення за допомогою номограми 33 [1, с. 274]:

$$\alpha_{21} = \beta \cdot \alpha_0, \quad (3.15)$$

де α_0 – коефіцієнт тепловіддачі від пари до зовнішньої поверхні труб за умови, що пара не рухається, ккал/(м² г °С).

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі α_{21} необхідно знайти швидкість руху пари у пароохолоднику як

$$w_{\text{п}} = \frac{D \cdot v_{\text{нп}}}{f_1}, \quad (3.16)$$

де $v_{\text{нп}}$ – питомий об'єм насиченої пари, м³/кг, який визначається на лінії насичення при заданому тиску $P_{\text{нп}}$ за допомогою табл. XXIII [1, с. 204]; f_1 – площа поперечного перерізу трубного пучка для проходу пари, м², яка знаходиться як

$$f_1 = f \cdot l, \quad (3.17)$$

де f і l наведені в завданні (таблиця 1, додаток 3).

Розрахунок α_{21} здійснюється таким чином: попередньо приймається перепад температур δt і за номограмою 33 [1, с. 274] знаходиться α_0 . Потім визначається добуток ($\alpha_0 \cdot w_{\text{II}}^2$) і по лівій частині номограми 33 [1, с. 274] (тому що рух пари здійснюється зверху вниз) знаходиться коефіцієнт β .

Після цього визначається похибка в розрахунках α_2 за формулою (3.7) і α_{21} за формулою (3.10) таким чином: $\delta\alpha_2 = (\alpha_2 - \alpha_{21}) \cdot 100 / \alpha_2$. При правильному розрахунку ця похибка не перевищує 5 %.

3.1.2.4 Температурний напір при протитічному руху теплоносіїв визначається за формулою

$$\Delta t_{\text{ПРТ}} = \frac{\Delta t_{\text{Б}} - \Delta t_{\text{М}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{Б}}}{\Delta t_{\text{М}}}}, \quad (3.18)$$

де $\Delta t_{\text{Б}}$ і $\Delta t_{\text{М}}$ – відповідно більша і менша різниці температур на вході і виході пароохолодника, °С, $\Delta t_{\text{Б}} = t_{\text{нп}} - t'_{\text{жв}}$, $\Delta t_{\text{М}} = t_{\text{нп}} - t''_{\text{жв}}$. У зв'язку з тим, що пара у процесі її охолодження конденсується на поверхні трубного пучка, при розрахунку $\Delta t_{\text{Б}}$ і $\Delta t_{\text{М}}$ необхідно брати замість температур пари на вході і виході пароохолодника температуру насиченої пари $t_{\text{нп}}$.

Щоб уникнути помилки у визначенні $\Delta t_{\text{Б}}$ і $\Delta t_{\text{М}}$, у курсовій роботі необхідно навести схему руху теплоносіїв у пароохолоднику із зазначенням їхнього температурного рівня. Схема може бути зображена у вигляді рис. 2.

Реально у пароохолоднику має місце перехресний двоходовий рух теплоносіїв, тому для визначення температурного напору використовується формула $\Delta t = \psi \cdot \Delta t_{\text{ПРТ}}$, де ψ – коефіцієнт перерахунку від протитічної схеми до більш складної, який можна знайти за допомогою номограми 31 [1, с. 272] та формул $P = \Delta t_{\text{М}} / (t'_{\text{нп}} - t'_{\text{жв}})$, $R = \Delta t_{\text{Б}} / \Delta t_{\text{М}}$. Однак за рекомендаціями [1] температурний напір може бути визначений за формулою (3.18) без врахування коефіцієнта ψ .

Якщо $\Delta t_{\text{Б}} / \Delta t_{\text{М}} < 1.7$, то для розрахунку температурного напору можна використати формулу $\Delta t = (\Delta t_{\text{Б}} + \Delta t_{\text{М}}) / 2$. Треба пам'ятати, що середньоарифметичний температурний напір завжди більше середньологарифмічного, але похибка визначення в цьому випадку не перевищує 3 %.

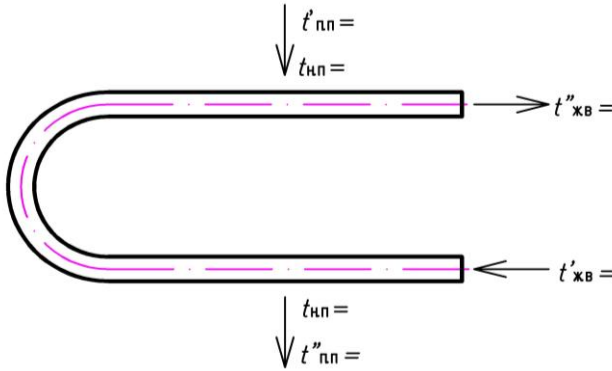


Рис.2 Схема руху теплоносіїв у парохолоднику

3.1.2.5 Площа поверхні теплообміну парохолодника визначається за формулою

$$H = 2 \cdot \pi \cdot d_{\text{сеп}} \cdot n \cdot l, \quad (3.19)$$

де $d_{\text{сеп}}$ – середній діаметр труби, м.

Для розрахунку поверхні теплообміну необхідно брати середній діаметр труби $d_{\text{сеп}} = (d_{\text{зов}} + d_{\text{вн}}) / 2$, тому що коефіцієнти тепловіддачі α_1 і α_2 мають однаковий порядок величин.

3.1.2.6 Як вказувалось у підрозділі 3.1, після визначення кількості переданої теплоти Q за рівнянням (3.2) і дійсного теплосприйяття парохолодника Δi_i за формулою (3.4) здійснюється оцінка похибки розрахунку $\delta \Delta i$ за формулою (3.5). Залежно від результатів цієї оцінки робиться висновок про закінчення або продовження розрахунку.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Зразок оформлення титульного аркушу

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра парогенераторобудування

КУРСОВА РОБОТА
на тему “Тепловий розрахунок пароохолодника котла”
з курсу “Тепломасообмін”

Варіант _____

Група _____

Студент _____

Керівник _____

Харків, 20__

Додаток 2

Зразок оформлення завдання до курсової роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Кафедра парогенераторобудування

ЗАВДАННЯ

до виконання курсової роботи з дисципліни «Тепломасообмін»
на тему: «Тепловий розрахунок пароохолодника котла»

1. Виконати тепловий розрахунок поверхневого пароохолодника котла паропроодуктивністю D , кг/с при тиску перегрітої пари $P_{пп}$, кгс/см², який встановлено в перетинку розсікання пароперегрівника. Пара охолоджується живильною водою. Температура живильної води на вході у пароохолодник $t'_{жв}$, витрата живильної води $D_{жв}$, і температура перегрітої пари на вході у пароохолодник $t'_{пп}$ задаються. При охолодженні пари відбувається часткова її конденсація. Довжина трубного U -подібного пучка, який бере участь у теплообміні, l , м, задається. Переріз для проходу пари через пароохолодник $f = 0,15$ м² на 1 погонний метр трубного пучка. Трубний пучок складається із сталевих труб із зовнішнім діаметром $d_{зов} = 0,025$ м і товщиною стінки $\delta_{ст} = 0,0025$ м. Коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda_{ст} = 40$ ккал/(м г °С).

2. Виконати ескіз пароохолодника на аркуші формату А-4.

Вихідні дані:

Параметр	Од. вим.	Значення
Довжина трубного пучка	l , м	
Паропроодуктивність котла	D , кг/с	
Тиск перегрітої пари	$P_{пп}$, кгс/см ²	
Температура пари на вході в пароохолодник	$t'_{пп}$, °С	
Температура живильної води на вході в пароохолодник	$t'_{жв}$, °С	
Витрата живильної води	$D_{жв}$, кг/с	

Додаток 3

Зміст пояснювальної записки

ЗМІСТ

Завдання до виконання курсової роботи.....	
Вступ.....	
1. Технічна характеристика і опис конструкції пароохолодника.....	
2. Тепловий розрахунок пароохолодника.....	
Висновки.....	
Список джерел інформації.....	

ЗМІСТ

1. Загальні положення	3
2. Технічна характеристика та опис конструкції пароохолодника	6
3. Методичні вказівки до виконання курсової роботи	8
Додатки	16

Навчальне видання

Методичні вказівки до курсової роботи «Тепловий розрахунок парохолодника котла» з курсу «Тепломасообмін» для студентів спеціальності 7.090505 та 7.05020202 усіх форм навчання

Укладачі: ГОНЧАРЕНКО Леонід Васильович
ТЮТЮНИК Лариса Іванівна
ГОНЧАРЕНКО Олександр Леонідович

Відповідальний за випуск О. В. Єфімов
Роботу до друку рекомендував Е. Г. Братута

В авторській редакції

План 2013р., поз. 70/

Підп. до друку ХХ.ХХ.13. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. №2.
Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Обл. – вид. арк. 2,0.
Наклад 50 прим. Зам. № . Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.

Друкарня НТУ «ХПІ». 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21