**Тепловий та гідравлічний розрахунок котлеьного агрегату КВ-ГМ-100**

**ЗМІСТ**

Вступ

1.Теплова схема водогрійної частини

1.1 Опис котельні

1.2 Опис котла

1.3 Газопостачання

1.4 Тепловий розрахунок котла КВ-ГМ-100

1.4.1 Вихідні дані для теплового розрахунку котла КВ-ГМ-100

1.4.2 Тепловий баланс

1.4.3 Розрахунок топки

1.4.4 Розрахунок конвективного пучка

2. Гідравлічний розрахунок котлеьного агрегату КВ-ГМ-100

2.1 Задачі розрахунку

2.2 Визначення теплосприйняття та приростів ентальпії в елементах котла

2.3 Розрахунок перепадів тиску в елементах котельного агрегату КВ-ГМ-100

2.4 Результати розрахунку елементів гідравлічного тракту котла КВ-ГМ-100

2.5 Результати розрахунку елементів гідравлічного тракту котла КВ-ГМ-100

Література

**ВСТУП**

У період проведення економічних реформ і переходу до ринкових відносин підвищений інтерес викликають задачі економії палива. З цього погляду актуально представляється можливість одержання економії палива від проведення режимного налагоджувального режиму на котлоагрегатах. Здійснення подібних заходів забезпечує економію палива в розмірі 3-5%.

Котельня, що проектується, розташована в західній частині міста Бєлгорода. Вона призначена для постачання теплом опальвально-вентиляційних установко та систем гарячого водопостачання житлових, суспільних і промислових будинків, а також постачання парою промислових підприємств, та відносяться до другою категорії по надійності відпуска теплоти споживачам. Котельня проектується з закритою системою теплопостачання. Зважаючи на те, що котельня розташована в безпосередній близкості від існуючої житлової забудови, для будівництва прийнятий варіант закритої установки тягодуттєвих машин.

У котельні встановлені два парових котла КВ-ГМ-100 і два парових котла ДЕ-25-14ГМ. Котельня має розгалужені теплові мережі, не зєднані між собою.

Як основне паливо використовується природний газ родовища Шебелинка-Харків. Джерелом газопостачання є газопровід високого тиску (0,6 МПа). Високосірчаний мазут марки М-100 прийнятий як резервне паливо. Доставка мазуту з централізованого складу здійснюється спецавтотранспортом. Розігрів мазуту здійснюється парою.

**1 ТЕПЛОВА СХЕМА ВОДОГРІЙНОЇ ЧАСТИНИ**

Покриття зовнішніх теплових навантажень забезпечується водою з розрахунковими температурами 150/70 0С.

Покриття теплопостачання особистих потреб забезпечується частково за рахунок водогрійних котлів – підігрів вихідної та хімочищеної води, деаерація у вакуумному деаераторі та частково за рахунок роботи парових котлів – пари на мазутне господарство, на деаератор живильної води. Принцип роботи водогрійних котлів на газу та на мазуті відрізняється.

В опалювальному періоді індівідуальними котловими регуляторами температури (рециркуляції) у залежності від виду палива, що спалюється, забезпечуються наступні температури: при роботі на газі 70 0С на вході в котел; при роботі на мазуті 150 0С на виході з котла.

Загальнокотельним регулятором витрат (перепуску) при цьому підтримується задача витрати через котли.

Температура в мережі підтримується регулятором палива одного із працюючих котлів, інші котли працюють у режимі заданого теплового навантаження.

У літньому періоді регулятор палива котла підтримує задані температури на вході та виході з котла, у залежності від виду палива, що спалюється.

Витрата води через котел при відключеному клапані перепуску забезпечується впливом на клапан рециркуляції.

Передбачається робота рециркуляційних насосів на загальний рециркуляційний колектор – загальнокотельня рециркуляція з індивідуальним агрегатированим регулюванням рециркуляційної води на кожен котел.

Оснащення котельні реціркуляційною системою по груповому принципу установки рециркуляційних насосів у комбвнації з агрегатованою установкою регуляторів рециркуляції забезпечує розширену можливість включення дійсно необхідної якості працюючих агрегатів у залежнсоті від перемінної потреби водогрійних котлів у рециркуляційній воді.

Циркуляція води в теплових мережах забеспечується мережними насосами.

Влітку як мережні насоси використовуються зимові підпиточні насоси.

З метою попередження газової корозії конвективних поверхонь нагрівання котлів за допомогою рециркуляційних насосів підтримуютьсч температурні режими по мережній воді tк = 70 0С = const при спалюванні газу і tк = 150 0С = const при спалюванні мазуту.

Вихідна вода, що надходить у котельню, перед водопідготовчою установкою підігрівається у водоводяному теплообміннику.

Крім того, передбачений підігрів частини вихідної води в охолоджувачі конденсату, що надходить з виробництва.

Підігрів хімобробленої води до 50 0С перед вакуумними деаераторами здійснюється у водоводяному підігрівнику хімочищеної води і частково в охолоджувачі робочої води.

Після деаерації підпиточна вода з температурою 70 0С самотечією подається в баки-акумулятори або на підпиточні насоси.

У вакуумних деаераторах пароповітряна суміш відсмоктується водоструминними ежекторами і разом з робочою водою скидуються в бак.

Після виділення газових включень вода з температурою 33-34 0С знову подається до ежекторів насосами робочої води після охолодження до 30 0С у водоводяному охолоджувачі робочої води.

Щоб уникнути випадкового відключення від деаератора одночасно обох акумуляторних баків і відповідних гідрогазоотворів, їхні затвори на трубопроводах, що підводять, повинні бути у відкритому положенні. Вони закриваються тільки при ремонті одного з баків-акумуляторів.

Подача води в пряму лінію мережі (вода на гаряче водопостачання) улітку здійснюється зимовими підпиточними насосами, що працюють в якості літніх мережних.

Циркуляція мережної води для власних потреб (підігрів вихідної і хімочищеної води, а також гріюча вода до вакуумного деаератора) здійснюється по внутрішньому контуру котельні спеціальними насосом власних потреб, який зєднаний паралельно з рециркуляційними насосами.

* 1. **Опис котельні**

Котельня призначена для постачання теплом опалювально-вентиляційних установок та систем гарячого водопостачання жилових, суспільних і промислових будинків, а також постачання парою промислових підприємств, та відноситься до другої категорії по надійності відпуска тепла споживачам.

Співвідношення розрахункових теплових навантажень:

* опалення, вентиляція - 80%;
* гаряче водопостачання – 20%.

Паливо – природний газ і високосірчаний мазут.

Теплоносій для зовнішніх споживачів – вода з розрахунковими температурами 150/70 0С і пара з параметрами Р = 1,37 МПа, t = 194 0С.

Регулювання відпуску тепла якісне за графіком.

Напори мережної води в стіні будинку котельні:

* прямої води узимку – 1,03 МПа (105 мм вод.ст.);
* прямої води влітку – 0,59 МПа (60 мм вод.ст.);
* зворотньої води – 0,2 МПа (20 мм вод.ст.).

Розігрів мазуту здійснюється парою. Компонування котельні виконане з відкритою установкою тягодуттєвих машин для районів з розрахунковою температурою – 30 0С.

Теплові розрахунки проекту виконані для умов роботи котельні в районах з розрахунковою температурою зовнішнього повітря для проектування опалення – 24 0С.

У котельні встановлені два водогрійних котла КВ-ГМ-100 і два парових котла ДЕ-25-14ГМ. КВ-ГМ-100 являє собою сталевий прямоточний агрегат, призначений для нагрівання мережної води. Основні проектні рішення (допоміжне устаткування, головні трубопроводи і т.і.) прийняті з урахуванням можливості розширення котельні.

Теплові навантаження і вихідні дані по режимах наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Теплові навантаження і вихідні дані по режимах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування | Одиниця вимірювання | Режими | | | | |
| Розрахунковий | Середній найбільш холодного місяця | Середньоопалювальний | У точці  перелому | Літній |
| Температура зовнішнього повітря | 0С | -24,0 | -13,5 | -5,7 | +1,0 | ≥+8,0 |
| Температура мережної води: |  |  |  |  |  |  |
| - прямої | 0С | 150,0 | 108,3 | 88 | 70,0 | 70,0 |
| - зворотньої | 0С | 70,0 | 55,8 | 48,5 | 41,7 | 70,0 |
| Зовнішні теплові навантаження: |  |  |  |  |  |  |
| - на опалення і вентиляцію | МВт (Гкал/год) | 183  157 | 120  104 | 89  76,3 | 64,6  56 | -  - |
| - на гаряче водопостачання | МВт (Гкал/год) | 45  39 | 46  39 | 46  39 | 46  39 | 31  26 |
| - на витрати в мережах | МВт (Гкал/год) | 4,7  4 | 3,8  3,3 | 3,5  3 | 3,0  2,6 | 0,7  0,6 |
| - загальна | МВт (Гкал/год) | 232,0  200 | 169,8  146,3 | 138,5  118,3 | 113,6  97,6 | 31,7  26,6 |
| Витрати мережної води: |  |  |  |  |  |  |
| - на гаряче водопостачання з прямої лінії мережі | м3/год | 603,8 | 603,8 | 603,8 | 603,8 | 480 |
| - на втрати в мережах | м3/год | 39,5 | 43,0 | 46,1 | 51,6 | 12,0 |
| Усього на вході в котельню | м3/год | 1373 | 1497 | 1660 | 1930 | 96,4 |
| Усього на виході з котельні | м3/год | 2016,3 | 2143,8 | 2309,9 | 2585,4 | 588,4 |

**1.2 Опис котла**

Газомазутний водогрійний котел типу КВ-ГМ-100 виконаний водотрубним, прямоточним з П-образною замкненою компоновкою поверхонь нагрівання.

Котел призначений для одержання гарячої води з температурою 150 0С в окремих котельнях для використання в системах опалення, вентиляції і гарячого водопостачання обєктів промислового і побутового призначення, на ТЕЦ як піково-резервні джерела тепла.

Котел використовується для роботи як в основному режимі, так і в пвковому (для підігріву мережної води відповідно від 70 до 150 0С).

Котел КВ-ГМ-100 повинен працювати з постійною витратою води.

Як розрахункові палива прийняті: мазут марки М100 та природний газ з Qнр = 37,3 МДж/м3.

Топка котла обладнана газомазутними пальниками з ротаційними форсунками типу РГМГ-20 продуктивністю 20 Гкал/год. Пальники допускають форсування: РГМГ-20 до 25 Гкал/год.

Кожен пальник типу РГМГ має автономний вентилятор первинного повітря типу 30ЦС85.

На фронтовій стіні топки котла КВ-ГМ-100 в один ярус встановлені два пальники типу РГМГ-20. Діапазон регулювання навантаження котлів – 20-100% від номінальної продуктивності.

Топка і задня стіна конвективного газоходу цілком екранована трубами Ø60×3 мм із кроком S=64 мм.

Конвективна поверхня нагрівання котла складається з трьох пакетів, розташованих у вертикальному газоході. Кожен пакет набирається з П-образних ширм, виконаних із труб Ø28×3 мм. Ширми пакетів розташовані паралельно фронту котла і встановлені таким чином, що їхні труби утворюють шаховий пучок із кроками S1 = 64 мм і S2 = 40 мм. Бокові стіни конвективного вертикального газоходу закриті трубами Ø83×3,5 мм із кроком S = 128 мм, що є одночасно колекторами для ширм конвективних пакетів.

При роботі на мазуті котли по воді повинні включатися за прямоточною схемою (підведення води здійснюється в поверхні нагрівання топкової камери, а відвід води – з конвективних поверхонь нагрівання. При роботі тільки на газоподібному паливі включення котлів по воді виконується по протиточній схемі (підведення води – у конвективні поверхні нагрівання, а відвід води – з поверхонь нагрівання топкової камери).

Якість мережної і підпиточної води повинна відповідати встановленим вимогам.

Для видалення зовнішніх відкладень із труб пакетів конвективних поверхонь нагрівання при роботі на мазуті котли обладнані установками дробевого очищення. Дріб транспортується повітрям, для чого використовується повітродувка.

Котел виконаний без несучого каркаса. Екрани топкової камери і конвективного газоходу спираються нижніми колекторами через опори на портал. Опора, розташована посередині нижнього колектора проміжного екрана топки, розміщеного між топкою і конвективним газоходом, є нерухомою.

Площадки і сходи котла кріпляться до стінок, що спираються на кронштейни порталу. Обмуровування котла – полегшене, патрубне, товщиною 110 мм. Воно складається з трьох шарів і шамотобетону, совелітових плит чи мінераловатних матраців і магнезіальної обмазки.

Котел КВ-ГМ-100 розрахований на роботу з врівноваженою тягою.

* 1. **Газопостачання**

Газ постачається в котельню від мережі високого тиску Р ≤ 0,6 МПа. Зниження тиску газа до Р = 50 кПа у котлів КВ-ГМ-100 здійснюється в газорегулюючій установці (ГРУ), в якій передбачається для двох котлів КВ-ГМ-100 дві нитки редуцировання з регуляторами РДУК 2В-200/140. Одна нитка робоча, друга – резервна. Для двох котлів ДЕ-35-14ГМ передбачається одна нитка редуцировання з регулятором РД БК1-100/50 з байпасом, яка знижує тиск газа до Р = 60 кПа.

ГРУ розташовується в котельні на площадці з відміткою 6.000. Газообладнання котлів запроектовано з урахуванням роботи на газі пониженого середнього тиску з обладнанням автоматикою безпеки та регулювання.

В якості другого виду палива прийнятий мазут. У випадку роботи котельні тільки на мазутному паливі для розпалу котлів передбачаються штуцери для можливості підлючення газобалонної установки сжиженого газу.

Для заземлення газопроводів проектів передбачається приварка до газопроводу смуг 4×25, другий кінець яких необхідно приварити до контуру заземлення котельні.

Після монтажу до випробувань ГРУ огородити металевою сіткою, газопроводи захищати протикорозійним лакофарбовим покриттям з двох шарів емалі ХВ-125 та двох шарів грунтовки ФЛ-0,3К.

* 1. **Тепловий розрахунок котла КВ-ГМ-100**

Для теплового розрахунку котлоагрегату необхідна таблиця «ентальпія-температура», що виконується на ЕОМ по програмі, розробленій на кафедрі «Теплотехніка та теплові двигуни» УкрДАЗТ. Метою теплового розрахунку є визначення умов роботи всіх поверхонь нагрівання й уточнення значень температури мережної води в процесі її переміщення по гідравлічному тракту котлоагрегату.

Тепловий розрахунок повинний підтвердити дотримання основних нормативних показників по температурах продуктів згоряння в топці, на виході з неї і по газоходах, аж до температури газів, що йдуть, а також по швидкостях руху газів у газоходах котельног оагрегату й інтенсивності теплопередачі у випадку відхилення будь-яких параметрів від нормативних значень. Тепловий розрахунок служить підставою для забезпечення нормальної тривалої роботи котлоагрегату.

**1.4.1 Вихідні дані для теплового розрахунку котла КВ-ГМ-100**

Вид палива – природний газ з родовища Шебелінка-Харків.

Склад газу: СН4 = 92,8 *%;* С2Н6 = 3,9 *%;* С3Н8 = 1 *%;* С4Н10 = 0,4 *%;*

С5Н12 = 0,3 *%;* N2 = 1,5 *%;* СО2 = 0,1 *%.*

Коефіцієнт надлишку повітря:

* топка *α =* 1,1;

- котельний пучок *α =* 1,15.

Теплоносій - вода.

Температура води на вході - t*вод =* 70 0C.

Температура води на виході - t*"вод* = 150 0C.

Температура холодного повітря - t*х.п.* =30 0*С.*

Нижча робоча теплота палива – Qpн *=* 37,3 *МДж/м3.*

Робочий тиск - *Рвод* = 2,5 *МПа.*

**1.4.2 Тепловий баланс**

Робоча розташовувана теплота палива Qрр , кДж/м3

Qpp= Qpн=37332,9.(1.1)

Температура газів, що йдуть ух., 0С

ух.=180.(1.2)

Ентальпія газів, що йдуть (з I - таблиці) *Іух.., кДж/м3*

*Іух.* = 2758,696. (1.3)

Температура холодного повітря t*х..n.., °С*

***tx.n. ***. (1.4)

Ентальпія теоретично необхідної кількості повітря (з I -  таблиці) Ix.n., *кДж/м3*

*I* x.n. =417,148. (1.5)

Втрата теплоти від хімічного недопалу (з таблиці XX [1]) q3*, %*

*q3* = 0,5. (1.6)

Втрата теплоти від механічного недопалу (з таблиці XX [1]) q4*, %*

*q4 = 0.* (1.7)

Втрата теплоти з газами, що ідуть q*2, %*

, (1.8)

.

Втрата теплоти у навколишнє середовище (з рисунку 5-1 [1]) q*5, %*

*q5 =* 0,2. (1.9)

Втрата теплоти зі шлаком q6*, %:*

*q6 =* 0. (1.10)

Сума теплових втрат ∑q*, %*

∑q=q2+ q3+ q4+ q5+ q6=6,105+0,5+0+0,2+0=6,805. (1.11)

Розрахунковий ККД котельного агрегату ηк.а..,*%*

ηк.а. *=100-*∑q = 100-6,805 = 93,195. (1.12)

Витрата води через котлоагрегат (по завданню) G*вод, т/год*

G*вод=1235.* (1.13)

Кількість корисно використаної теплоти Q*п., кВт*

**

*.* (1.14)

Витрата палива *В, м3/год*

. (1.15)

Розрахункова витрата палива *Вр, м3/год*

**. (1.16)

Коефіцієнт збереження теплоти *φ*

*.* (1.17)

**1.4.3 Розрахунок топки**

Розрахунок теплообміну в топках водогрійних котлів ґрунтується на додатку теорії подоби до топкових процесів. На базі цієї теорії розроблений нормативний метод розрахунку котельних агрегатів [1].

Об'єм топки (з заводських характеристик) V*т, м3*

*Vт = 388,0.* (1.18)

Видима теплова напруга топкового об'єму

- дійсне розрахункове qv*, кВт/м3*

. (1.19)

- нормативне (з таблиці XX [1]) qv0, *кВт/м3*

*qv0* = 350. (1.20)

*qv <qv0.* (1.21)

Діаметр труб екранів (з заводських характеристик) , мм

. (1.22)

Відстань від осей труб до стін (з заводських характеристик) e, мм

e = 30. (1.23)

Площі стін зайнятих екранами (з заводських характеристик):

- бічних *Fбок., м2:*  (1.24)

- фронтового і заднього *, м2 Fз + Fф=105.* (1.25)

Крок екранних труб (з заводських характеристик), мм

. (1.26)

Кутовий коефіцієнт екрана (з номограма 1 [1])

- бічного : . (1.27)

- фронтового і заднього, м2 . (1.28)

Коефіцієнт забруднення (з таблиці 6-2 [1]) ξ

ξ=0,65. (1.30)

Коефіцієнт теплової ефективності екранів

- бічного  . (1.31)

- фронтового і заднього , м2

- . (1.32)

Сумарна поверхня стін топки , м2

. (1.34)

Середній коефіцієнт теплової ефективності екранів 

. (1.35)

Ефективна товщина випромінюючого шару*, м*

. (1.36)

Температура газів на виході з топки (приймається з майбутнім уточненням) , *°С*

. (1.37)

Ентальпія газів на виході з топки (*з I -* таблиці) , *кДж/м3*

 (1.38)

Сумарна об'ємна доля трьохатомних газів і водяної пари (з розрахунку на ЕОМ) 

 (1.39)

Добуток , 

.. (1.40)

Коефіцієнт ослаблення променів газовими частками (з номограми 3 [1])

, :

. (1.41)

Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомних газів , :

. (1.42)

Коефіцієнт надлишку повітря на виході з топки 

. (1.43)

Відношення



(1.44)

Коефіцієнт ослаблення променів сажистими частками , :

 (1.45)

.

Ступінь чорноти світного полум'я 

. (1.46)

Ступінь чорноти газового факела 

. (1.47)

Коефіцієнт усереднення (за пунктом 6-07 [1]) 

. (1.48)

Ефективний ступінь чорноти факела 

. (1.49)

Ступінь чорноти топки 

. (2.50)

Температура повітря на вході в топку , 0С

. (1.51)

Ентальпія теоретично необхідної кількості повітря , кДж/м3

. (1.52)

Теплота, внесена в топку повітрям , кДж/м3

. (1.53)

Тепловиділення в топці , кДж/м3

.(1.54)

Теоретична температура горіння (з *I*- таблиці) , 0C

, (1.55)

 *К*. (1.56)

Середня сумарна теплоємність продуктів згоряння , кДж/м3

. (1.57)

Середнє теплове навантаження поверхонь нагрівання , кВт/м2

. (1.58)

Висота розміщення пальників (за кресленням) , м

=1,82. (1.59)

Висота топки , м

. (1.60)

Відносна висота розміщення пальників 

. (1.61)

Коефіцієнт виправлення (за пунктом 6-14 [1]) 

. (1.62)

Характеристика положення максимуму температури 

. (1.63)

Параметр (за пунктом 6-13 [1]) 

. (1.64)

Розрахункова температура газів на виході з топки , 0С

 (1.65)

.

Ентальпія газів на виході з топки (з *І-* таблиці) , кДж/м3

 (1.66)

Питома кількість теплоти, передана в топці випромінюванням , кДж/м3

 (1.67)

Сумарна кількість теплоти, переданої в топці , кВт

. (1.68)

Витрата мережної води через екранні труби , кг/год

. (1.69)

Нагрівання води при проходженні через екранні труби , 0С

. 1.70)

**1.4.4 Розрахунок конвективного пучка**

Тепловий розрахунок конвективних поверхонь нагрівання котла КВ-ГМ-100 проводиться по газоходах котельного агрегату. Тому в газоході конвективного пучка температура газів значно змінюється і середній температурний напір для всього пучка істотно відрізняється від температурного напору на початку і наприкінці його, умовно поділяємо газохід на чотири частини. Площа поверхні нагрівання в кожній обраній для розрахунку ділянці газоходу визначаємо по фактичній кількості труб, їх довжині і зовніньому діаметру. Температуру води на вході в конвективний пучок приймаємо з наступних розумінь. На вході в котел розрахункове значення температури 70 0С, а в трубах топкових екранів збільшення температури отримане в тепловому розрахунку топки (приблизно 30-40 0С). Можливі відхилення дійсних значень температури води від прийнятих у розрахунку невеликі і не впливають на точність теплового розрахунку конвективного пучка.

Розрахункова точка 1

Температура газів перед газоходом (з розрахунку попередньої поверхні) , 0С

. (1.71)

Ентальпія газів перед газоходом (з *I*- таблиці при α*=* 1,15) , кДж/м3

. (1.72)

Діаметр труб (по кресленню) , мм

. (1.73)

Кроки труб (по кресленню)

- поперечний , мм: . (1.74)

- подовжній , мм: . (1.75)

Розміри газоходу (по кресленню)

- ширина , м: . (1.76) –

довжина , м: . (1.77)

Число труб (по кресленню)

- в одному ряді : . (1.78)

- уздовж потоку газів : . (1.79)

Загальне число труб 

. (1.80)

Площа поверхні нагрівання (по кресленню) , м2

. (1.81)

Площа живого перетину для проходу газів , м2

. (1.81)

Температура газів за газоходом (приймається з наступним уточненням) , 0С

. (1.82)

Ентальпія газів за газоходом (з *І-* таблиці при *α=* 1,15) , кДж/м3

. (1.83)

Кількість теплоти по рівнянню теплового балансу , кДж/м3

. (1.84)

Середня температура газів , 0С

. (1.85)

Середня температура води в трубах , 0С

. (1.86)

Більша різниця температур , 0С

. (1.87)

Менша різниця температур , 0С

. (1.88)

Середній температурний напір , 0С

. (1.89)

Об'єм продуктів згоряння, на 1 м3палива (з роздруківки при α=1,15) , м3/м3

. (1.90)

Середня швидкість газів , м/с

. (1.91)

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (за номограмою 13 [1]) , Вт/м2

. (1.92)

Температура забрудненої поверхні труб , 0С

. (1.93)

Ефективна товщина випромінюючого шару , м

. (1.94)

Сумарна об’ємна доля трьохатомних газів і водяних пар (з розрахунку на ЕОМ при α=1,15) 

. (1.95)

Добуток , 

. (1.96)

Коефіцієнт ослаблення променів газовим середовищем (з номограми 3 [1])

, 

. (1.97)

Ступінь чорності тіла 

. (1.98)

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням (за номограмою 19 [1]) , Вт/м2

. (1.99)

Коефіцієнт теплової ефективності (за таблицею 7-3 [1]) 

. (1.100)

Коефіцієнт теплопередачі , Вт/м2

. (1.101)

Кількість теплоти, сприйнята поверхнею по рівнянню теплопередачі , кДж/м3

. (1.101)

Відношення 

. (1.102)

Розрахункова точка 2

Температура газів перед газоходом (з розрахунку попередньої поверхні) , 0С

. (1.103)

Ентальпія газів перед газоходом (з *I*- таблиці при α*=* 1,15) , кДж/м3

. (1.104)

Діаметр труб (по кресленню) , мм

. (1.105)

Кроки труб (по кресленню)

- поперечний , мм: . (1.106)

- подовжній , мм: . (1.107)

Розміри газоходу (по кресленню)

- в одному ряді : . (1.108)

- уздовж потоку газів : . (1.109)

Загальне число труб 

. (1.110)

Площа поверхні нагрівання (по кресленню) , м2

. (1.111)

Площа живого перетину для проходу газів , м2

. (1.112)

Температура газів за газоходом (приймається з наступним уточненням) , 0С

. (1.113)

Ентальпія газів за газоходом (з *І-* таблиці при *α=* 1,15) , кДж/м3

. (1.114)

Кількість теплоти по рівнянню теплового балансу , кДж/м3

. (1.115)

Середня температура газів , 0С

. (1.116)

Середня температура води в трубах , 0С

. (1.117)

Більша різниця температур , 0С

. (1.118)

Менша різниця температур , 0С

. (1.119)

Середній температурний напір , 0С

. (1.120)

Об'єм продуктів згоряння, на 1 м3палива (з роздруківки при α=1,15) , м3/м3

. (1.121)

Середня швидкість газів , м/с

. (1.122)

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (за номограмою 13 [1]) , Вт/м2

. (1.123)

Температура забрудненої поверхні труб , 0С

. (1.124)

Ефективна товщина випромінюючого шару , м

. (1.125)

Сумарна об’ємна доля трьохатомних газів і водяних пар (з розрахунку на ЕОМ при α=1,15) 

. (1.126)

Добуток , 

. (1.127)

Коефіцієнт ослаблення променів газовим середовищем (з номограми 3 [1])

, 

. (1.128)

Ступінь чорності тіла 

. (1.129)

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням (за номограмою 19 [1]) , Вт/м2

. (1.130)

Коефіцієнт теплопередачі , Вт/м2

. (1.131)

Кількість теплоти, сприйнята поверхнею по рівнянню теплопередачі , кДж/м3

. (1.132)

Відношення 

%. (1.133)

Розрахункова точка 3

Температура газів перед газоходом (з розрахунку попередньої поверхні) , 0С

. (1.134)

Ентальпія газів перед газоходом (з *I*- таблиці при α*=* 1,15) , кДж/м3

. (1.135)

Діаметр труб (по кресленню) , мм

. (1.136)

Кроки труб (по кресленню)

- поперечний , мм: . (1.137)

- подовжній , мм: . (1.138)

Розміри газоходу (по кресленню)

- ширина *а*, м: *а* = 5,79; (1.139)

- довжина *b*, м: *b* = 2,76; (1.140)

Число труб (по кресленню)

- в одному ряді : . (1.141)

- уздовж потоку газів : . (1.142)

Загальне число труб 

. (1.143)

Площа поверхні нагрівання (по кресленню) , м2

. (1.144)

Площа живого перетину для проходу газів , м2

. (1.145)

Температура газів за газоходом (приймається з наступним уточненням) , 0С

. (1.146)

Ентальпія газів за газоходом (з *І-* таблиці при *α=* 1,15) , кДж/м3

. (1.147)

Кількість теплоти по рівнянню теплового балансу , кДж/м3

. (1.148)

Середня температура газів , 0С

. (1.149)

Середня температура води в трубах , 0С

. (1.150)

Більша різниця температур , 0С

. (1.151)

Менша різниця температур , 0С

. (1.152)

Середній температурний напір , 0С

. (1.153)

Об'єм продуктів згоряння, на 1 м3палива (з роздруківки при α=1,15) , м3/м3

. (1.154)

Середня швидкість газів , м/с

. (1.155)

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (за номограмою 13 [1]) , Вт/м2

. (1.156)

Температура забрудненої поверхні труб , 0С

. (1.157)

Ефективна товщина випромінюючого шару , м

. (1.158)

Сумарна об’ємна доля трьохатомних газів і водяних пар (з розрахунку на ЕОМ при α=1,15) 

. (1.159)

Добуток , 

. (1.160)

Коефіцієнт ослаблення променів газовим середовищем (з номограми 3 [1]) , 

. (1.161)

Ступінь чорності тіла 

. (1.162)

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням (за номограмою 19 [1]) , Вт/м2

. (1.163)

Коефіцієнт теплопередачі , Вт/м2

. (1.165)

Кількість теплоти, сприйнята поверхнею по рівнянню теплопередачі , кДж/м3

. (1.166)

Відношення 

%. (1.167)

Розрахункова точка 4

Температура газів перед газоходом (з розрахунку попередньої поверхні) , 0С

. (1.168)

Ентальпія газів перед газоходом (з *I*- таблиці при α*=* 1,15) , кДж/м3

. (1.169)

Діаметр труб (по кресленню) , мм

. (1.170)

Кроки труб (по кресленню)

- поперечний , мм: .(1.171)

- подовжній , мм: . (1.172)

Розміри газоходу (по кресленню)

- ширина *а*, м: *а* = 5,79; (1.173)

- довжина *b*, м: *b* = 2,76; (1.174)

Число труб (по кресленню)

- в одному ряді : . (1.175)

- уздовж потоку газів : . (1.176)

Загальне число труб 

. (1.177)

Площа поверхні нагрівання (по кресленню) , м2

. (1.178)

Площа живого перетину для проходу газів , м2

. (1.179)

Температура газів за газоходом (приймається з наступним уточненням) , 0С

. (1.180)

Ентальпія газів за газоходом (з *І-* таблиці при *α=* 1,15) , кДж/м3

. (1.181)

Кількість теплоти по рівнянню теплового балансу , кДж/м3

. (1.182)

Середня температура газів , 0С

. (1.183)

Середня температура води в трубах , 0С

. (1.184)

Більша різниця температур , 0С

. (1.185)

Менша різниця температур , 0С

. (1.186)

Середній температурний напір , 0С

. (1.187)

Об'єм продуктів згоряння, на 1 м3палива (з роздруківки при α=1,15) , м3/м3

. (1.188)

Середня швидкість газів , м/с

. (1.189)

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією (за номограмою 13 [1]) , Вт/м2

. (1.190)

Температура забрудненої поверхні труб , 0С

. (1.191)

Ефективна товщина випромінюючого шару , м

. (1.192)

Сумарна об’ємна доля трьохатомних газів і водяних пар (з розрахунку на ЕОМ при α=1,15) 

. (1.193)

Добуток , 

. (1.194)

Коефіцієнт ослаблення променів газовим середовищем (з номограми 3 [1]) , 

. (1.195)

Ступінь чорності тіла 

. (1.196)

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням (за номограмою 19 [1]) , Вт/м2

. (1.197)

Коефіцієнт теплопередачі , Вт/м2

. (1.198)

Кількість теплоти, сприйнята поверхнею по рівнянню теплопередачі , кДж/м3

. (1.199)

Відношення 

%. (1.200)

**2 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ**

**2.1 Задачі гідравлічного розрахунку**

Задачею гідравлічного розрахунку прямострумних котельних агрегатів є забезпечення надійності поверхонь нагріву, раціональна компоновка їх; визначення витрат тиску в котлі, натиску живильного насосу та розробка заходів по підвищенню надійності.

При гідравлічних розрахунках визначають масові швидкості середовища, запаси надійності по стійкості струму, гідравлічним і температурним розвідкам, а також температурний режим труб, втрати тиску в елементах та котлі в цілому, необхідність установки дросельних шайб та їх розмірів. Гідравлічний розрахунок повинен виконуватися для всіх різнотипних контурів та тих однотипних, які знаходяться в найгірших умовах по обігріву та мають найбільш неблагоприємні конструктивні особливості.

В даному проекті гідравлічний розрахунок виконано для номінального навантаження. Задача розрахунку – визначити перепад тиску в водяному тракті з метою вибору живильного насосу та встановлення значень тиску в елементах тракту визначенню надійності роботи екранних труб топочної камери по мінімально допустимій швидкості руху середи в них.

Котельний агрегат складається з топочної камери, яка екранована трубами, і конвективної шахти, в якій розташовані хвостові поверхні нагріву. Водяний тракт котла розділений на два паралельних струми; при роботі котла на газі подача живильної води здійснюється в нижній колектор конвективної шахти, відпуск гарячої води здійснюється в нижній колектор конвективної шахти, відпуск гарячої води споживачу – із нижнього колектора фронтового екрана топки. По ходу обігрівної середи поверхні включен послідовно: задній екран конвективної шахти – конвективний пароперегрівач – задній екран топки – боковий екран топки – фронтовий екран топки.

Конструктивні дані елементів котлоагрегата приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Конструктивні дані елементів котлоагрегата КВ-ГМ-100

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Напрямок потоку | Число ходів, n | Число елементів на агрегаті, n, шт. | Діаметр, товщина стінки d×S, мм | Число труб в елементів, n, шт. | Перетин елемента, F, м2 | Середня довжина труб *l,* мм | Висота елемента, h1 | Повороти | | Колектор | | | | | | Різниця відміток Δhкол, м |
| Кут α | Число nпов, шт | роздаючий | | | збираючий | | |
| Діаметр, товщина стінки d×S, мм | Число nр, шт. | Перетин fр, м2 | Діаметр, товщина стінки d×S, мм | Число nс, шт. | Перетин fр, м2 |
| Задній екран конвективної шахти | Підйомний | 1 | 1 | 64×5 | 28 | 0,064 | 10 | 10 | - | - | 273×35 | 1 | 0,032 | 273×35 | 1 | 0,032 | 10 |
| Перепускні труби | Горизонтальне | 1 | 2 | 273×35 | 1 | 0,032 | 10 | - | 90 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| Конвективні пароперегрівачі | Горизонтальне та підйомне | 3 | 2 | 28×3 | 672 | 0,255 | 10 | 6 | 90 | 12 | 273×35 | 2 | 0,032 | 273×35 | 2 | 0,032 | 6 |
| Перепускні труби | Підйомно-опускне | 1 | 2 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10 | 5 | 90 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| Задній екран топки | Підйомно-опускне | 2 | 1 | 64×5 | 84 | 0,192 | 10,7 | 10,7 | 90 | 4 | 273×35 | 2 | 0,032 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10,7 |
| Перепускні труби | Підйомно-опускне | 1 | 2 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10,3 | 3 | 90 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| Боковий екран топки | Підйомно-опускне | 4 | 2 | 64×5 | 96 | 0,22 | 10,3 | 10,7 | 90  70 | 8  16 | 273×35 | 2 | 0,032 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10,7 |
| Перепускні труби | Підйомно-опускне | 1 | 2 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10 | 3 | 90 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| Фронтовий екран топки | Підйомно-опускне | 2 | 1 | 64×5 | 88 | 0,202 | 10,7 | 10,7 | 90 | 2 | 273×35 | 2 | 0,032 | 273×35 | 2 | 0,032 | 10,7 |

**2.2 Визначення теплосприйняття та приростів ентальпії в елементах котла**

Теплосприйняття окремих радіаційних елементів визначається за формулою, кДж/год

, (2.1)

де  - коефіцієнт нерівномірності тепло сприйняття елемента, прийнятий згідно п. 5-10 та додатку І (2);

 - середнє питоме тепло сприйняття радіаційних нерівномірностей, кДж/(м2·год);

 - ефективна радіаційна поверхня нагріву елементу, м2.

Теплосприйняття елементів конвективних поверхонь нагріву визначається згідно «Теплового розрахунку котельних агрегатів» з урахуванням коефіцієнтів нерівномірностей теплосприйняття по додатку І[2].

Ентальпія середи в котлі кожного елементу визначається за формулою, кДж/кг

, (2.2)

де  - ентальпія середи на початку елемента;

 - витрата середи в елементі.

Теплосприйняття елементів котла КВ-ГМ-100 приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Теплосприйняття елементів котла КВ-ГМ-100

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Коефіцієнт нерівно-мірностей | Площа поверхонь елемента  *Н*, м2 | Питоме тепло- сприйняття  , кДж/(м2·год) | Кількість елементів  *n*, шт | Теплосприйняття , кДж/год |
| Фронтовий екран топки | 1,2 | 60,8 | 587132,8 | 1 | 39259030 |
| Боковий екран топки | 1 | 101,6 | 587132,8 | 2 | 1,13·108 |
| Задній екран топки | 1 | 60,8 | 587132,8 | 1 | 38856450 |
| Конвективний перегрівач | 1 | 2360,21 | 104617,1 | 1 | 2,5·108 |
| Задній екран конвективної шахти | 1 | 0,05 | 104617,1 | 1 | 5230,8 |

Приріст ентальпії в елементах котла КВ-ГМ-100 приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Приріст ентальпії в елементах котла КВ-ГМ-100

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Тепло-сприйняття, кДж/год | Початкова ентальпія,  ін, кДж/кг | Приріст ентальпії,  Δіел, кДж/кг | Початкова ентальпія,  ік, кДж/кг |
| Задній екран конвективної шахти | 5230,8 | 294 | 0,42 | 294,3 |
| Конвективний перегрівач | 2,5·108 | 294,3 | 216 | 510,2 |
| Задній екран топки | 38856450 | 511,5 | 31 | 541,2 |
| Боковий екран топки | 1,13·108 | 541,8 | 63,6 | 604,8 |
| Фронтовий екран топки | 39259030 | 604,8 | 31,8 | 636 |

**2.4 Розрахунок перепадів тиску в елементах котельного агрегату КВ-ГМ-100**

Коефіцієнти опору водяного тракту котла приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Коефіцієнти опору водяного тракту котла

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Вхід  ξвх | Тертя | | Оберти  Σξпов | Вихід | |
| λ0 | λов | ξвих | z |
| Задній екран конвективної шахти | 0,5 | 0,446 | 2,03 | 5,25 | 1,2 | 8,98 |
| Перепускні труби | 0,5 | 0,048 | 0,48 | 3,5 | 0,8 | 5,28 |
| Конвективний перегерівач | 0,5 | 1,2 | 9,53 | 24,5 | 1,2 | 35,73 |
| Перепускні труби | 0,5 | 0,048 | 0,48 | 3,5 | 0,8 | 5,28 |
| Задній екран топки | 0,5 | 1,74 | 17,5 | 7 | 1,2 | 26,1 |
| Перепускні труби | 0,5 | 0,048 | 0,48 | 3,5 | 0,8 | 5,28 |
| Боковий екран топки | 0,4 | 17,5 | 17,5 | 33,2 | 1,2 | 52,3 |
| Перепускні труби | 0,5 | 0,48 | 0,48 | 3,5 | 0,8 | 5,28 |
| Фронтовий екран топки | 0,4 | 17,5 | 17,5 | 7 | 1,8 | 26,1 |

Розрахунок перепадів тиску в гідравлічному тракті котла КВ-ГМ-100 приведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Перепади тиску в гідравлічному тракті котла КВ-ГМ-100

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Розрахункова формула | Фронтовий екран топки | Перепускні труби | Боковий екран топки | Перепускні труби | Задній екран топки | Перепускні труби | Конвективний пароперегрівач | Перепускні труби | Задній екран конвективної шахти |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| Тиск середи на виході з елемента , кгс/см2 |  | 10 | 10,963 | 11,72 | 12,71 | 13,5 | 14,44 | 15 | 15,71 | 16,9 |
| Витрата середи , кг/год | Задано | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 | 585884 |
| Теплосприйняття елемента  , кДж/год | По табл. 2.2 | 39259030 | - | 1,13·108 | - | 38856450 | - | 2,5·108 | - | 530,8 |
| Масова швидкість середовища в елементі , кг/(м2/с) |  | 805,7 | 5085,8 | 739,75 | 5085,8 | 847,6 | 5085,8 | 638,2 | 5085,8 | 2542,9 |
| Приріст ентальпії середовища в елементі , кДж/кг |  | 31,8 | - | 63,6 | - | 31 | - | 215,8 | - | 0,42 |
| Ентальпія середовища на виході з елемента , кДж/кг |  | 636,6 | 604,8 | 604,8 | 541,2 | 541,2 | 510,2 | 510,2 | 294,3 | 294,3 |
| Те ж на вході , кДж/кг |  | 604,8 | 604,8 | 541,2 | 541,2 | 510,2 | 510,2 | 294,3 | 294,3 | 294 |
| Середня ентальпія середовища в елементі , кДж/кг |  | 620,7 | 604,8 | 570,9 | 541,2 | 525,7 | 510,2 | 400,1 | 294,3 | 294,3 |
| Повний коефіцієнт опору z | По ***і*** та Рк | 0,001089 | 0,001083 | 0,001075 | 0,001069 | 0,001065 | 0,00106 | 0,001039 | 0,001022 | 0,001022 |
| Перепад тиску в елементі , кгс/см2 |  | 939,5 | 939,5 | 7538,4 | 1568,2 | 7441 | 1017,8 | 7378,4 | 7113,8 | 3024,7 |
| Повний коефіцієнт опору z | По табл. 2.4 | 26,1 | 26,1 | 5,28 | 52,3 | 5,28 | 21,1 | 5,28 | 5,28 | 8,98 |
| Розрахунковий коефіцієнт для збираючого колектора | По п.2 – 60(2) | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 |
| Те ж для роздаючого Ар | По п.2 – 60(2) | 0,8 | - | 0,8 | - | 0,8 | - | 0,8 | - | 0,8 |
| Щільність середо-вища у роздаючому колекторі , кг/м3 | По ***ін*** та Рк | 917,4 | - | 923,4 | - | 934,6 | - | 942,5 | - | 978,5 |
| Теж у збираючому , кг/м3 | По ***ік*** та Рк | 923,4 | - | 934,6 | - | 942,5 | - | 978,3 | - | 978,5 |
| Швидкість середо-вища у роздаючому колекторі , м/с |  | 5,54 | - | 5,51 | - | 5,44 | - | 5,4 | - | 5,2 |
| Теж в збираючому колекторі , м/с |  | 5,51 | - | 5,44 | - | 5,4 | - | 5,2 | - | 5,2 |
| Зміна тиску по довжині роздаючого колектора , кгс/м2 |  | 2870 | - | 2857,7 | - | 2819,4 | - | 2801,6 | - | 2801,6 |
| Зміна тиску по довжині збираючого колектора , кгс/м2 |  | 1148 | - | 1143,1 | - | 1127,8 | - | 1120,6 | - | 1120,6 |
| Сумарна зміна тиску в колекторах для середніх труб , кгс/м2 |  | -11,48 | - | -1714,6 | - | -1691,6 | - | 1120,7 | - | 1120,7 |
| Середня щільність середовища , кг/м3 | По ***і*** | 919,1 | 923,4 | 930,2 | 935,5 | 939 | 943,4 | 962,5 | 978,5 | 978,5 |
| Нівелюючий перепад тиску в елементі , кгс/см2 |  | 9834,4 | - | 9953,4 | - | 10047,3 | - | 5871 | - | 9705 |
| Сумарний перепад тиску в елементі , кгс/см2 |  | 9625,9 | 7538,4 | 9806,8 | 7441 | 9373,5 | 7378,4 | 5521 | 7113,8 | 11689 |

**2.5 Результати розрахунку елементів гідравлічного тракту котла КВ-ГМ-100**

Результати гідравлічного розрахунку котла КВ-ГМ-100 приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Результати гідравлічного розрахунку котла КВ-ГМ-100

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Витрата G, кг/год | Масова швидкість wV, кг/(м2·с) | Тепло-сприйняття Q, кДж/год | Тиск на виході Рвих, кгс/см2 | Перепад тиску ΔР, кгс/см2 | Ентальпія на виході ік, кДж/кг | Приріст ентальпії, кДж/кг | Температура на виході, tк, 0С |
| Задній екран конвективної шахти | 585884 | 805,7 | 39259030 | 10 | 0,963 | 636,6 | 31,8 | 150 |
| Перепускні труби | 585884 | 5085,8 | - | 10,963 | 0,757 | 604,8 | - | 143,5 |
| Конвективний перегерівач | 585884 | 739,75 | 1,13·108 | 11,72 | 0,99 | 604,8 | 63,6 | 143,5 |
| Перепускні труби | 585884 | 5085,8 | - | 12,71 | 0,79 | 741,8 | - | 129 |
| Задній екран топки | 585884 | 847,6 | 38856450 | 13,5 | 0,96 | 741,8 | 31 | 129 |
| Перепускні труби | 585884 | 5085,8 | - | 14,44 | 0,56 | 511,5 | - | 121 |
| Боковий екран топки | 585884 | 638,2 | 2,5·108 | 15 | 0,71 | 511,5 | 215,8 | 121 |
| Перепускні труби | 585884 | 5085,8 | - | 15,71 | 1,19 | 294,3 | - | 70 |
| Фронтовий екран топки | 585884 | 2542,9 | 5230,8 | 16,9 | 1,2 | 294 | 0,42 | 70 |

Для циркуляції води в контурі котла необхідний мережний насос з характеристиками:

* витрати води – 1235 м3/год (1170780 кг/год);
* корисний напір – 125 м вод. ст.

Даним вимогам задовольняє насос мережної води Д1250-125 з електродвигуном А2-5005-4 (N=636 кВт; n = 140 хв-1), який забезпечує витрату води 1250 м3/год з натиском 125 м вод. ст. з максимальним ККД.

**ЛІтература**

1. Суриков В.С. – Основи теплової та електронної побутової техніки – М. «Протон» - 2001 г.
2. Карков И.С. – Физика элементарных частиц. – М. – 1999 г.
3. Синджанов И.К. Электродинамика – М. 2005 г.
4. Электротехнические материалы. Справочник / В.Б. Березин, Н.С. Прохоров, А.М. Хайкин. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 504с.
5. Рычина Т.А., Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы . - М.: Радио и связь, 1999. - 352с.
6. Резисторы: Справочник / В.В. Дубровский, Д.М. Иванов и др.; Под общ. ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова. - М.: Радио и связь, 1997. - 352с.
7. Справочник по отопительной электротехники: ремонт / Под ред. И.И. Четверткова, В.Ф. Смирнова. - М.: Радио и связь, 2003. - 576с.