**Курсовая работа по МДК 01.01 Техническое обслуживание котельного оборудования на ТЭС. (посчитать, заполнить таблицы, оформить титульный лист)**

**Темы по курсовому проекту (по списку):**

1. Гомбожапов Ч.Ж. – Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Березовского месторождения

2. Галсанимаев Д.Б. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Артемовского месторождения

3. Добрынин К.Л. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Харанорского месторождения

4. Ринчинов Р.Л. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Райчихинского месторождения

5. Тарасенко Е.В. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Назаровского месторождения

6. Шишмарев К.В. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Черемховского месторождения

7. Федотова Л.Г.- Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Кузнецкого месторождения

8.Темникова А.С. - Расчет котельного агрегата БКЗ-640-140 с углем Джебарики-Хая месторождения

Краткое описание:

Паровой котел- это устройство для выработки пара с давлением выше атмосферного за счет теплоты от сжигания топлива.

Горение представляет собой реакцию соединения горючих элементов топлива (углерод, водород, сера) с окислителем – кислородом воздуха.

При работе котла неизбежны потери, поэтому степень экономического совершенства парового котла характеризуется его КПД. Для определения КПД составляют тепловой баланс, под которым понимают распределение выделившейся теплоты при сгорании топлива на полезную часть для получения пара требуемых параметров и на тепловые потери.

Пароперегреватели предназначены для перегрева поступающего в него насыщенного пара до заданной температуры. По виду тепловосприятия различают – конвективные, радиационные, полурадиационные.

Водяные экономайзеры предназначены для восполнения потерь питательной воды. Подразделяются на два типа – кипящие и некипящие.

Воздухоподогреватели предназначены для восполнения потерь воздуха, для поддержания температуры горения продуктов сгорания. Различают – рекуперативные и регенеративные.

Содержание:

1. Вид топлива
2. Перевод топлива по формулам
3. Теоретические объемы воздуха и продуктов сгорания
4. Энтальпия продуктов сгорания
5. Диаграмма HV
6. Объемы продуктов сгорания, объемные доли 3-х атомных газов и концентрации золы
7. Расчет теплового баланса
8. Расчет топочной камеры
9. Расчет ступеней пароперегревателей
10. Расчет водяного экономайзера
11. Расчет воздухоподогревателей
12. Список использованной литературы

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**БКЗ-640-140-ПТ1.**

Котельный агрегат однобарабанный, вертикально-водотрубный, с естественной циркуляцией, с промежуточным перегревом пара, рассчитан на работу со следующими параметрами (при номинальной нагрузке):

Рабочее давление в барабане котла - 159 кг/см2

Рабочее давление в паросборочной камере

первичного пароперегревателя - 140 кгс/см2

Паропроизводительность по острому пару - 640 т/час

Температура пара после первичного

пароперегревателя - 545°С

Паропроизводительность по вторичному пару - 560т/час

Давление вторичного пара на выходе из котла - 25,5 кгс/см2

Температура пара после

вторичного пароперегревателя - 545°С

Температура питательной воды - 240°С

Компоновка котла выполнена по П-образной схеме. Топка образует первый восходящий газоход. В верхнем поворотном газоходе размещен первичный пароперегреватель.

Во втором нисходящем газоходе расположены поверхности нагрева вторичного пароперегревателя, водяного экономайзера, воздухоподогрева-теля.

Водяной объем котла - 173,4 м3

Паровой объем котла

- первичного тракта - 93,6 м3

- вторичного тракта - 57,6 м3

Топочная камера, объемом 3551 м3, полуоткрытого типа, имеющая пережим примерно на ¼ высоты топки, считая от пола, с сечением пережима около 50 % горизонтального сечения топки.

Топка образована трубами ø 60х6 мм из стали Ст20, расположенными с шагом 64 мм, кроме района предтопков, где шаг труб, расположенных по граням, составляет 86,6 мм.

Топочная камера состоит из двух частей. Нижняя часть представляет два восьмигранных предтопка, соединенных между собой коридором. Каждый предтопок является камерой горения, оборудован 4-мя сдвоенными прямоточными пылеугольными горелками.

Для уменьшения присосов горелки приварены к экранным трубам и при тепловых расширениях экранов перемещаются вместе с ними.

Выше основных горелок расположены сбросные горелки. Для растопки котла в каждую сдвоенную горелку установлено по одной мазутной форсунке парового распыления, производительностью 1650 кг/час каждая, давление мазута - 6-7 кгс/см2, давление пара – 13 кгс/см2. Экранные трубы внутри предтопков ошипованы и покрыты карборундовой массой. Для выпуска жидкого шлака по центру обоих предтопков имеется по одной летке.

Верхняя часть топочной камеры (камера охлаждения)

призматическая. Камера охлаждения имеет по осям труб противоположенных стен размеры:

по глубине - 7744мм

по ширине - 18176 мм

В верхней части камеры охлаждения трубы заднего экрана образуют аэродинамический выступ, который предназначен для улучшения аэродинамики газового потока и частичного затенения ширм пароперегревателя. Потолок над топкой, поворотным газоходом и конвективной шахтой закрыт тепловым ящиком, поэтому потолок камеры и перепускные трубы не изолированы, что улучшает ремонт верхней части котла. Для уменьшения присосов топка по трубам снаружи обшита металлическим листом толщиной 3 мм.

Водоопускные трубы выполнены в виде 6 стояков ø 465х30, сталь 15ГС непосредственно приваренных к барабану котла. Внизу от стояков выполнена разводка к нижним камерам топочных блоков трубами ø159х14 Ст20 (фронтовые и боковые блоки) и трубами ø 133х13 Ст20 (задние блоки).

Подвод воды к нижним камерам от выносных циклонов осуществлен трубами ø 133х10 Ст20.

Паровая смесь из верхних камер фронтовых и боковых экранов отводится в барабан трубами ø159х14 Ст20 и ø159х17 Ст20, вертикальный участок, а из заднего экрана – трубами ø159х15 Ст20 в необогреваемой зоне и ø159х13 сталь 12Х1МФ в газоходе и в тепловом ящике. Нижние и верхние камеры экранов выполнены из труб ø273х36 Ст20. Топочные блоки подвешены за пароотводящие трубы экранов и свободно расширяются вниз.

Таблица 2. Характеристика топлива (можно взять с интернет-ресурсов)

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | **Величина** |
| Содержание углерода на рабочую массу Ср, % |  |
| Содержание водорода на рабочую массу Hp, % |  |
| Содержание серы на рабочую массу Sp, % |  |
| Содержания азота на рабочую массу Np, % |  |
| Содержание кислорода на рабочую массу Op, % |  |
| Зольность на рабочую массу Ap, % |  |
| Влажность на рабочую массу Wp, % |  |
| Низшая теплота сгорания Qнp, ккал/кг |  |
| Низшая теплота сгорания Qнp, МДж/кг |  |
| Приведенная влажность Wп, %кг/МДж |  |
| Приведенная зольность Aп, %кг/МДж |  |
| Температуры плавкости золы, С  t1 |  |
| t2 |  |
| t3 |  |
| Выход летучих веществ Vг или daf, % |  |

Рассчитываем теоретические объемы воздуха и продуктов сгорания (данные заносим в таблицу ).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение** | **Расчетная формула** | **Величина** |
| Объем воздуха, | 0,0889(Ср+0,375Sp)+0,265Hp-0,0333Op |  |
| Объем трехатомных газов, | 0,01866(Cp+0,375Sp) |  |
| Объем азота, | 0,79Vв+0,008Np |  |
| Объем водяных паров, | 0,111Hp+0,0124Wp+0,0161Vв |  |
| Объем продуктов сгорания, |  |  |
| Действительный объем продуктов сгорании |  |  |

Рассчитываем энтальпию продуктов сгорания (данные заносим в таблицу , используя формулы и табличные значения по теплоемкостям)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| t0С | (CU)RO | (CU)HO | (CU)N | (CU)в |
| 100 | 169 | 151 | 130 | 132 |
| 200 | 357 | 304 | 260 | 266 |
| 300 | 559 | 463 | 392 | 403 |
| 400 | 772 | 626 | 527 | 542 |
| 500 | 996 | 794 | 664 | 684 |
| 600 | 1222 | 967 | 804 | 830 |
| 700 | 1461 | 1147 | 946 | 979 |
| 800 | 1704 | 1335 | 1093 | 1130 |
| 900 | 1951 | 1524 | 1243 | 1281 |
| 1000 | 2202 | 1725 | 1394 | 1436 |
| 1100 | 2457 | 1926 | 1545 | 1595 |
| 1200 | 2717 | 2131 | 1695 | 1754 |
| 1300 | 2976 | 2350 | 1850 | 1913 |
| 1400 | 3240 | 2558 | 2009 | 2076 |
| 1500 | 3504 | 2779 | 2164 | 2239 |
| 1600 | 3767 | 3001 | 2323 | 2403 |
| 1700 | 4035 | 3227 | 2482 | 2566 |
| 1800 | 4303 | 3458 | 2642 | 2729 |
| 1900 | 4571 | 3688 | 2805 | 2897 |
| 2000 | 4843 | 3926 | 2964 | 3064 |
| 2100 | 5115 | 4161 | 3127 | 3232 |
| 2200 | 5387 | 4399 | 3290 | 3399 |

Нг0 =  (CU)RO +  (CU)N +  (CU)HO

Hво = Vв0(CU)в

Энтальпия продуктов сгорания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **,ОС** | **, кДж/кг** | **, кДж/кг** |  | | | | | |
| **Топка и ширмы**  **α=1,2** | **П/п**  **α=1,23** | **ВЭК II ст**  **α=1,25** | **ВЗП II ст**  **α=1,28** | **ВЭК I ст**  **α=1,3** | **ВЗП I ст**  **α=1,33** |
| 2200 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2100 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2000 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1900 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1800 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1700 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1600 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1500 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1400 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1300 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1200 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1100 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1000 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 900 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 800 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 700 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 600 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 500 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 400 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 300 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 200 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |

При α=1,2 рассчитывается от 10000 до 22000

При α=1,23 рассчитывается от 5000 до 9000

При α=1,25 рассчитывается от 4000 до 7000

При α=1,28 рассчитывается от 3000 до 6000

При α=1,3 рассчитывается от 2000 до 5000

При α=1,33 рассчитывается от 1000 до 3000

По данным таблицы , чертим на миллиметровке диаграмму для дальнейших вычислений.

Рассчитываем объемы продуктов сгорания, объемные доли 3-х атомных газов и концентрации золы (данные заносим в таблицу )

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Величина и расчетная формула** | **Топка и ширма** | **П/п** | **ВЭК II ст** | **ВЗП II ст** | **ВЭК I ст** | **ВЗП I ст** |
| Коэффициент избытка воздуха за поверхностью нагрева, | 1,2 | 1,23 | 1,25 | 1,28 | 1,3 | 1,33 |
| Средний коэффициент избытка воздуха в поверхности нагрева | 1,175 | 1,215 | 1,24 | 1,265 | 1,29 | 1,315 |
| Объем водяных паров, |  |  |  |  |  |  |
| Полный объем газов, |  |  |  |  |  |  |
| Объемная доля водяных паров, |  |  |  |  |  |  |
| Объемная доля трехатомных газов, |  |  |  |  |  |  |
| Доля трехатомных газов и водяных паров, |  |  |  |  |  |  |
| Масса дымовых газов, |  |  |  |  |  |  |
| Безразмерная концентрация золовых частиц,  , при α ун =0,95 |  |  |  |  |  |  |

Производим расчет теплового баланса, используя литературу (данные заносим в таблицу )

.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование,**  **обозначение, размерность** | **Расчетная формула**  **(способ определения)** | **Величина** |
| Температура уходящих газов ух, С | [1, с.14, табл. 1.4] | 130 |
| Энтальпия уходящих газов Нух, кДж/кг | HV-диаграмма |  |
| Температура топлива tтл, С | [1. с.26] | 20 |
| Теплоемкость сухой массы топлива Ccтл, кДж/кгК | [1. с.26] | 1,13 |
| Теплоемкость топлива Стл, кДж/кгК | 0,042Wp+Ccтл(1-0,01Wp) |  |
| Физическая теплота топлива Qтл, кДж/кг | Стлtтл |  |
| Располагаемое тепло топлива  Qрр, кДж/кг, примечание Qнр перевести МДж в кДж | Qнр+Qтл |  |
| Температура воздуха, подогретого вне котла tхв, С | принята | 30 |
| Энтальпия холодного воздуха  Нхв, кДж/кг, | 1,32tхвVв |  |
| Потери тепла с уходящими газами Q2, кДж/кг, примечание ух =1,33 | (Нух-ухНхв)[(100-q4)/100] |  |
| Потери тепла с уходящими газами q2, | (Q2100)/Qрр |  |
| Потери тепла с химическим недожогом q3, % | [1, с.36, табл. 4.6] | 0 |
| Потери тепла с химическим недожогом Q3, кДж/кг | [1, с.36, табл. 4.6] | 0 |
| Потери тепла с механическим недожогом q4, % | [1,с.36, табл. 4.6] | 0,5-1 |
| Потери тепла с механическим недожогом Q4, кДж/кг | (Qррq4)/100 |  |
| Потери тепла от наружного охлаждения через внешние поверхности котла q5, %. примечание Dном перевод паропроизводительности из т/ч в кг/с | (60/Dном)0,5 / lоgDном |  |
| Потери тепла от наружного охлаждения через внешние поверхности котла Q5, кДж/кг | (q5Qpp)/100 |  |
| Потери тепла с физической теплотой шлака q6, % | [1. с.28] | 0 |
| Потери тепла с физической теплотой шлака Q6, кДж/кг | [1. с.28] | 0 |
| КПД брутто котла брка, %, примечание означает сумма | 100-qi |  |
| Полезно использованное тепло Qка, к | Qрр- Qi |  |
| Полный расход топлива,  В, кг/ч, примечание перевести МДж в кДж Qнр;ηбркА/100; hпп = 3432,5  hпв = 961,4 | [Dном(hпп - hпв)] / (Qнр\* ηбркА) |  |
| Расчетный расход топлива, Вр, кг/ч | В\*[(100-q4)/100] |  |
| Коэффициент сохранения теплоты, φ | 1-[q5/( ηбрка +q5)] |  |

Производим расчет топочной камеры (данные заносим в таблицу )

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование,**  **обозначение, размерность** | **Расчетная формула**  **(способ определения)** | **Величина** |
| Объем топочной камеры Vт,м3 | По конструктивным характеристикам | 3551 |
| Полная лечевоспринимающая поверхность топки Нлт, м2 | По конструктивным характеристикам | 1400 |
| Полная поверхность стен F ст, м2 | По конструктивным характеристикам | 1895 |
| Степень экранизации топки ψ | Нлт / F ст |  |
| Температура газов на выходе из топки υт,, примечание t1 берется из характеристики топлива, табл 2 | t1 -100 |  |
| Поправочный коэффициент β,  А- температурный коэффициент для твердых топлив 1100 | А/ υт,, |  |
| Условный коэффициент загрязнения поверхности ζ | [1, табл. 4.8] | 0,45-0,50 |
| Степень черноты факела ат | ζ \* β |  |
| Коэффициент избытка воздуха в топке αт | [1, табл. 1.7] | 1,15-1,20 |
| Присосы воздуха в топку Δ αт | [1, табл. 1.8] | 0,04 |
| Присосы воздуха в пылесистему Δαпл | [1, стр 18] | 0,03 |
| Температура горячего воздуха t г.в | [1, табл. 1.6] |  |
| Энтальпия горячего воздуха Н 0 г.в. | HV-диаграмма |  |
| Энтальпия холодного воздуха Н 0 х.в. | 1,32 \*t хв\* V в0 |  |
| Отношение количества воздуха на выходе из воздухоподогревателя к теоретически необходимому β,, | αт- Δ αт- Δ αпл |  |
| Тепло, вносимое с воздухом Qв | β,, \* Н 0 г.в. + (Δ αт + Δ αпл )\* Н 0 х.в. |  |
| Энтальпия газов на выходе из топки Нт,,, примечание находится при температуре газов на выходе из топки υт,, | HV-диаграмма |  |
| Тепло, переданное излучение в топке Qл | φ\* (Qт - Нт,,) |  |
| Полное тепловыделение в топке Qт | Qрр+ ((100-q3-q6) /100)+ Qв |  |
| Тепловая нагрузка лучевоспринимаемой поверхности нагрева qт | (Bр\*Qл) / Нлт |  |
| Видимое тепловыделение топочного объема qтv, примечание Qнр низшая теплота сгорания берется в кДж | (Bр\*Qнр) /Vт |  |
| Коэффициент, учитывающий загрязнение ширм, расположенных в выходном окне топки ψок | Ψ\*ζ |  |
| Средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания VC ср, примечание υа- теоретическая температура горения в топке =20500С | (Qт - Нт,,) / (υа –υ т,,) |  |
| Эффективная толщина излучаемого слоя в топочной камере S , мм | (3,6 \* Vт) /F ст |  |
| Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами kгrп, 1/мМПа, примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов |  |  |
| Коэффициент ослабления лучей золовыми частицами kзлзл, 1/мМПа примечание: , μ-безразмерная концентрация золовых частиц из расчетов табл.5, - эффективный диаметр золовых частиц=16, - температура газов на выходе из топки из расчетов υт,, |  |  |
| Коэффициент ослабления лучей частицами горячего кокса Кк | [1.43] | 0,5 |
| Коэффициент ослабления лучей топочной средой ќ, примечание р=1, S- эффективная толщина излучаемого слоя в топочной камере | (kгrп + Кк + kзлзл)\*р\*S |  |
| Число Больцмана для камеры сгорания В0 |  |  |
| Диаметр внутренних экранных труб d1/δ | По конструктивным характеристикам | 60/6 |
| Шаг между трубами экрана  S, мм | По конструктивным характеристикам | 64 |
| Температура газов на выходе из топки (камеры сгорания) υт,, примечание υа- теоретическая температура горения в топке =20500С | υа / [1+(0,4/ В00,6)] |  |

Рассчитываем ступени пароперегревателей, используя литературу (данные заносим в таблицы)

Вторая ступень пароперегревателя (средние ширмы)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | | **Формула, способ нахождения** | **Величина** | |
| Диаметр труб, d1/d2, мм/мм | | по конструктивным характеристикам | 38/29 | |
| Шаги труб, S1/S2, мм/мм | | по конструктивным характеристикам | 52/45 | |
| Число рядов по глубине, z2 | | по конструктивным характеристикам | 58 | |
| Поверхность нагрева,Н, м2 | | по конструктивным характеристикам | 804 | |
| Лучевоспринимающая поверхность нагрева Fлш, м2 | | по конструктивным характеристикам | 103 | |
| Расчетная поверхность нагрева Нр, м2 | | Н- Fлш |  | |
| Сечение для прохода газа, fг, м2 | | по конструктивным характеристикам | 169 | |
| Сечение для прохода пара, fп, м2 | | по конструктивным характеристикам | 0,173 | |
| Дополнительная поверхность нагрева Ндоп, м2 | | по конструктивным характеристикам | 56 | |
| Температура газов на входе, С | | Из расчета топки при температуре газов на выходе из топки υт,, |  | |
| Энтальпия газов на входе,  , кДж/кг | | HV-диаграмма |  | |
| Эффективная толщина излучающего слоя S, мм | | Из расчетных характеристик | 2,92 | |
| Число лент по ширме n, шт | | по конструктивным характеристикам | 13 | |
| Температура пара на входе t,, 0С | | Задается | 420 | |
| Давление пара на входе Р,, МПа | | задается | 2,55 | |
| Энтальпия пара на входе h,, кДж/кг | | (3. табл. III) | 3284,5 | |
| Температура пара на выходе t,,, 0С | | Задается | | 540 |
| Давление пара на выходе Р,,, МПа | | задается | | 2,55 |
| Энтальпия пара на выходе h,,, кДж/кг | | (3. табл. III) | | 3551 |
| Расход вторичного пара Двп  примечание перевести т/ч в кг/с | | 550т/ч | |  |
| Тепловосприятие пароперегревателя Qб, кДж/кг | | [Двп(h,, - h,)]/Вр | |  |
| Энтальпия газов на выходе Н г,,, кДж/кг, примечание Δα = 0,03 | | +Δα+ Н 0 х.в.- (Qб/φ) | |  |
| Температура газов на выходе | | HV- диаграмма | |  |
| Средняя температура газов, срг, С | |  | |  |
| Средняя скорость газов,  wг, м/с; примечание Vг- выход летучих веществ из характеристики топлива, табл 2 | | [ВрVг(срг +273)]/(3,6fг273) | |  |
| Коэффициент теплоотдачи конвекцией, к, Вт/м2К т | | (1,табл 6.1) | | 129,3 |
| Средний удельный объем  Vсрп, м3/кг | | (3. табл. III) | | 0,02157 |
| Средняя температура пара,tср, С | | (t/ +t// )/2 | |  |
| Средняя скорость пара,wп, м/с | | (Двп Vсрп)/(fп3,6) | |  |
| Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару,2, Вт/м2К | | [1.табл.6.1] | | 2688 |
| Коэффициент загрязнения,, м2К/Вт | | [1. табл.6.1] | | 0,0075 |
| Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами Кг, примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов | |  | |  |
| Температура загрязненной стенки,  tз,С | | tср+[[(+1/2)((ВрQб)]/(Нр4,18)]] | |  |
| Коэффициент теплоотдачи излучением,л, Вт/м2К | | [1.табл.6.1] | | 62,4 |
| Коэффициент теплопередачи,  k, Вт/м2К | | (к+л)/ [1+(+1/2)(к+л)] | |  |
| Средний температурный напор, tср, | |  | |  |
| Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Qт, кДж/кг | | (Нрktср)/(Вр1000) | |  |
| Невязка II ступени ΔQ | | [(Qб – Qт) /Qб]\*100% | |  |

Третья ступень пароперегревателя

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | **Формула, способ нахождения** | **Величина** |
| Диаметр труб,d1/d2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 38/26 |
| Шаги труб,S1/S2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 180/71 |
| Число рядов по глубине, z2 | по конструктивным характеристикам | 8 |
| Поверхность нагрева, Н, м2 | по конструктивным характеристикам | 630 |
| Сечение для прохода газа,fг, м2 | по конструктивным характеристикам | 98,7 |
| Сечение для прохода пара,  fп, м2 | по конструктивным характеристикам | 0,212 |
| Температура газов на входе,  , С | На выходе из II ступени |  |
| Энтальпия газов на входе,  , кДж/кг | HV- диаграмма |  |
| Температура пара на входе,  , 0С | На выходе после второго регулятора | 478 |
| Энтальпия пара на входе,  , кДж/кг | (3. табл III) | 3250,4 |
| Температура пара на выходе,  , 0С | задаемся с последующим уточнением | 540 |
| Энтальпия пара на выходе,  , кДж/кг | [3. табл. III] | 3387,1 |
| Тепловосприятие ступеней по балансу,Qб, кДж/кг (при Dвпр=153), D-паропроизводительность | [(h// -h/ )(D-Dвпр)]/Вр |  |
| Тепловосприятие дополнительной поверхности, Qдоп, кДж/кг | По конструктивным характеристикам | 50 |
| Теплосодержание газов на выходе,  , кДж/кг | Н/Г-[(Qб+Qдоп)/φ] |  |
| Температура газов на выходе,, 0С | НV-диаграмма |  |
| Средняя температура газов,ср, 0С | (+)/2 |  |
| Средняя температура пара,tср, 0С | (t| +t|| )/2 |  |
| Средняя скорость пара,  wп, м/с (при Dвпр=14,5), D-паропроизводительность | [(D-Dвпр)Vсрп]/(fп3,6) |  |
| Средний удельный объем Vсрп | [3. табл. III] | 0,02251 |
| Средняя скорость газов, wг, м/с, примечание Vг- выход летучих веществ из характеристики топлива, табл 2 | [ВрVг(ср +273)]/(3,6fг273) |  |
| Коэффициент теплоотдачи конвекцией,  к, Вт/м2\*К | 1стр 122 | 143,5 |
| Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами Кг, примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов |  |  |
| Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару,2, Вт/м2\*К | [1.табл.6.1] | 2208 |
| Коэффициент загрязнения., м2\*К/Вт | [1. табл.6.1] | 0,0068 |
| Температура поверхности загрязнения газом tз,0С | tСР+[(+1/2)[ВрQб/Нр]] |  |
| Коэффициент теплоотдачи излучением.  л, Вт/м2\*К | [1.табл.6.1] | 58,7 |
| Коэффициент теплопередачи.  k, Вт/м2\*К | (к+л)/[1+(+(1/2)(к+л)] |  |
| Средний температурный напор. tср, 0С | СР-tСР |  |
| Тепловосприятие по уравнению теплообмена Qт, кДж/кг | (НktСР)/(Вр1000) |  |
| Невязка ступени ΔQ | [(Qб – Qт /Qб)]100% |  |

Четвертая ступень пароперегревателя

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | **Формула, способ нахождения** | **Величина** |
| Диаметр труб, d1/d2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 38/26 |
| Шаги труб,S1/S2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 90/67 |
| Число рядов по глубине,z2 | по конструктивным характеристикам | 14 |
| Поверхность нагрева Н, м2 | по конструктивным характеристикам | 870 |
| Сечение для прохода газа, fг, м2 | по конструктивным характеристикам | 76,7 |
| Сечение для прохода пара, fп, м2 | по конструктивным характеристикам | 0,186 |
| Температура газов на вход, С | Из III ступени пароперегревателя температура газов на выходе |  |
| Энтальпия газов на входе , кДж/кг | НV-диаграмма |  |
| Температура пара на входе,, 0С | задается | 490 |
| Энтальпия пара на входе,, кДж/кг | 3,табл 2 | 3206,1 |
| Температура пара на выходе,, 0С | задана | 524 |
| Энтальпия пара на выходе,, кДж/кг | 3,табл 2 | 3387,1 |
| Тепло, воспринятое паром вследствие охлаждения газов,Qб, кДж/кг | [(-)D вп]/Вр |  |
| Тепловосприятие дополнительной поверхности, Qдоп, кДж/кг | принимаем | 41,2 |
| Энтальпия газов на выходе,  , кДж/кг | -[(Qб+Qдоп)/φ] |  |
| Температура газов на выходе,, оС | НV-диаграмма |  |
| Средняя температура газов,υ срг, 0С | (+)/2 |  |
| Средняя температура пара, tСР, 0С | (+)/2 |  |
| Средняя скорость пара,  wп, м/с, где Dвпр =14,5,D-паропроизводительность | [(D-Dвпр) Vсрп] /(fп3,6) |  |
| Средний удельный объем Vсрп | 3, табл 3 | 0,001874 |
| Средняя скорость газов,wг, м/с, примечание Vг- выход летучих веществ из характеристики топлива, табл 2 | [ВрVг(υсрг +273)]/(3,6fг273) |  |
| Коэффициент теплоотдачи конвекцией,αк, Вт/м2\*К | 1табл 6.1 | 49,6 |
| Коэффициент ослабления лучей 3-атомными газами Кг, примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов |  |  |
| Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару,α2, Вт/м2\*К | 1,стр 132 | 1824 |
| Коэффициент загрязнения,  ε, м2\*К/Вт | 1,стр 143 | 0,0058 |
| Эффективная толщина излучающего слоя S,мм | По конструктивным характеристикам | 0,127 |
| Температура загрязненной стенки, tз, | tСР+[(ε+(1/α2)[ВрQб/Н]] |  |
| Коэффициент теплоотдачи излучением, αл, Вт/м2\*К | 1,стр 141 | 124,8 |
| Коэффициент теплопередачи,  k, Вт/м2\*К | (αк+αл)/[1+(ε+1/α2)(αк+αл)] |  |
| Средний температурный напор, Δtср, | υсрг –tср |  |
| Тепловосприятие по уравнению теплопередачи, Qт, кДж/кг | (НkΔtср)/(Вр1000) |  |
| Невязка ступени ΔQ | [(Qб - Qт)/ Qб]100 |  |

Водяной экономайзер

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | **Формула, способ нахождения** | **Величина** | |
| Диаметр труб d1/d2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 32/24 | |
| Шагтруб,S1/S2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | 75/55 | |
| Число рядов по ходу газов,z2 | по конструктивным характеристикам | 14 | |
| Поверхность нагрева,H, м2 | по конструктивным характеристикам | 2138,5 | |
| Сечение для прохода газов,fг, м2 | по конструктивным характеристикам | 67,3 | |
| Температура газов на выходе, , С | задается | 350 | |
| Энтальпия газов на выходе,, кДж/кг | НVдиаграмма |  | |
| Температура газов на входе,, С | υ,, IV ступень на выходе |  | |
| Энтальпия газов на входе,  , кДж/кг | НV-диаграмма |  | |
| Тепловосприятие по балансу,  Qб, кДж/кг |  |  | |
| Температура воды на входе,  , С | принимаем | 230 | |
| Энтальпия воды на входе,  , кДж/кг | [3. табл. III] | 1019,1 | |
| Энтальпия воды на выходе,  , кДж/кг |  |  | |
| Температура воды на выход, С | [3. табл. III] | 195 | |
| Средний температурный напор tср, | (t,+t,,)/ 2 |  | |
| Коэффициент использования поверхности нагрева , м2К/Вт | [1.115, табл.6.1] | 0,45-0,5 | |
| Средняя температура газов.срг, С |  |  |
| Средняя скорость газов.w, м/с, примечание Vг- выход летучих веществ из характеристики топлива, табл 2 | [ВрVг(срг +273)]/(3,6fг273) |  |
| Коэффициент теплоотдачи конвекцией, к, Вт/м2К | стр 122 | 120 |
| Эффективная толщина излучающего слоя, S, мм | 0,9d1((4S1S2)/d2)-1)/1000 |  |
| Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами,kгrп, 1/мМПа, примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов |  |  |
| Температура загрязненной стенки,  tз, С | tсрв+100 |  |
| Коэффициент теплоотдачи излучением, л, Вт/м2К | табл 6.1 | 1728 |
| Коэффициент загрязнения,, Вт/м2К | табл 6.1 | 0,0047 |
| Коэффициент теплопередачи,  k, Вт/м2К | (к+ л)/(1+( к+ л)) |  |
| Тепловосприятие по уравнению теплопередачи,Qт, кДж/кг | (k Н tср)/(В1000) |  |
| Невязка ступени ΔQ | [(Qб - Qт)/ Qб]100 |  |

Воздухоподогреватель

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование, обозначение, размерность** | **Формула, способ нахождения** | | **Величина** |
| Диаметр труб,d1/d2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | | 40/37 |
| Шаги труб, S1/S2, мм/мм | по конструктивным характеристикам | | 60/42 |
| Поверхность нагрева,Н, м2 | по конструктивным характеристикам | | 13300 |
| Сечение для прохода газа,fг, м2 | по конструктивным характеристикам | | 34,9 |
| Сечение для прохода воздуха,fв, м2 | по конструктивным характеристикам | | 43,5 |
| Число рядов по ходу воздуха,z2 | по конструктивным характеристикам | | 54 |
| Температура воздуха на входе,, С | принимаем | | 240 |
| Энтальпия воздуха на входе ,кДж/кг | 3,табл III | | 1386,44 |
| Температура воздуха на выходе,, С | задаемся с последующим уточнением | | 373 |
| Энтальпия воздуха на выходе , кДж/кг | 3,табл III | | 2875 |
| Отношение количества горячего воздуха к теоретически необходимому, ср | т-т-пл +(вп/2) | |  |
| Тепловосприятие по балансу, Qб,кДж/кг |  | |  |
| Средняя температура воздуха, tcрв, С |  | |  |
| Энтальпия воздуха при средней температуре, Нср, кДж/кг | 1,32tcрвVв | |  |
| Температура газов на выходе,, С | принимаем | | 480 |
| Энтальпия газов на выходе,  , кДж/кг | НV-диаграмма | |  |
| Энтальпия газов на входе,, кДж/кг |  | |  |
| Температура газов на входе,С | | НV-диаграмма | 545 |
| Средняя температура газов,срг, С | |  |  |
| Средняя скорость газов, wг, м/с, примечание Vг- выход летучих веществ из характеристики топлива, табл 2 | | [ВрVг(срг +273)]/(3,6fг273) |  |
| Коэффициент теплоотдачи с газовой стороны 1, Вт/м2К | | табл 6,1 | 57 |
| Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами kгrп, 1/мМПа примечание rно, rп берется из расчетов табл 5, Vср средняя температура газов | |  |  |
| Средняя скорость воздуха,wв, м/с | | [ВрсрVв(tсрв+273)]/(3,6fв273) |  |
| Коэффициент теплоотдачи с воздушной стороны,2, Вт/м2К | | [1.117, табл.6.1] | 1392 |
| Коэффициент использования поверхности нагрева,, м2К/Вт | | [1.117, табл.6.6] | 0,0037 |
| Коэффициент теплопередачи,k, Вт/м2К | | [12)/(1+2)] |  |
| Средний температурный напор, tср, С | |  |  |
| Тепловосприятие по уравнению теплопередачи,Qт, кДж/кг | | (Нktср)/(Вр1000) |  |

**Список литературы:**

Рекомендуемая литература:

Основные источники:

1. Боровков, В.М. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов [Текст]: учебник для студ.учреждений сред. проф. образования / В.М. Боровков, А.А. Калютик. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.; 22 см. – 4000 экз. – ISBN 978-5-7695-3019-7.
2. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник / А.И. Ящура.- М.: ЭНАС, 2010. – 504с.: ил.; 22 см. – 10000 экз. - ISBN 978-5-93196-849-0.
3. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
4. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
5. Александров, А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара [Текст]: Справочник. Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98. -2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 168 с.; ил.; 26 см. – 5000 экз. – ISBN 5-903072-43-7.
6. Матюнин, В.М. Металловедение в теплоэнергетике [Текст]: учебное пособие для вузов / В.М. Матюнин. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 328 с.: ил.; 21,5 см. – 1000 экз. - ISBN 978-5-383-00222-3.
7. Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика. Основы гидрологии [Текст]: учеб. для техникумов. – 3-е изд.,перераб. и доп.- М. : Энергоатомиздат, 1993. – 448 с.: ил.; – 1000 экз. - ISBN 5-283-02018-5.
8. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов. ПБ 1—574-03. – СПб.: Изд. ДЕАН, 2008.
9. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 03-576-03. – С.П. 2008.
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст] – М.: Издательство «Омега-Л», 2008. – 256 с.

Дополнительные источники:

1. Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. Теоретические основы теплотехники :Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов.- М.: Энергия-360 с.-40000 экз.
2. Основы современной энергетики: Курс лекций для менеджеров энергетических компаний. В двух частях / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – Часть 1. Трухний А.Д., Макаров А.А., Клименко В.В. Современная теплоэнергетика: -М.: Издательство МЭИ, 2002. – 368 с., ил.; 24 см. – 2000 экз. – ISBN 5-7046-0890-6 (ч.1).

Журналы:

Тепловые электрические станции;

Теплоэнергетика;

Энергетик;

Интернет – ресурсы:

1. Теплота - все для Теплотехника и Теплоэнергетика (Электронный ресурс). -Режим доступа: http://[www.teplota.org.ua](http://www.teplota.org.ua) без регистрации. - Заглавие с экрана. Дата обращения: 25.03.2011.
2. Теплоэнергетическое оборудование (Электронный ресурс).- Режим доступа: http://[www.oborudka.ru](http://www.oborudka.ru)c регистрацией. - Заглавие с экрана. Дата обращения:25.03.2011.
3. Теплоэнергетика (Электронный ресурс). - Режим доступа: http://[www.teploenergetika.info](http://www.teploenergetika.info). c регистрацией. - Заглавие с экрана. Дата обращения 18.04.2011.