

Министерство образования, науки, молодежи и спорта Украины
Севастопольский национальный технический университет

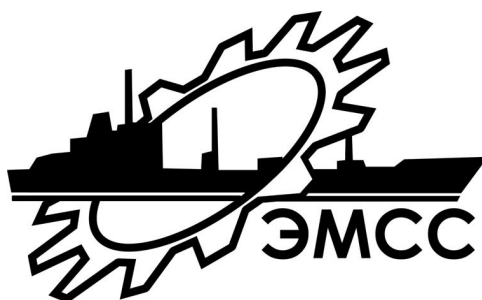


Тепловая схема судовых вспомогательных и утилизирующих котлов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**для выполнения раздела курсового проекта
по дисциплине
«Судовые паровые котлы и их эксплуатация»**

**для студентов дневной и заочной форм
обучения по специальности 070104
«Эксплуатация судовых энергетических установок»**



Севастополь

2011



Тепловая схема судовых вспомогательных и утилизационных котлов. Методические указания для выполнения раздела курсового проекта по дисциплине «Судовые паровые котлы и их эксплуатация» для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 070104 «Эксплуатация судовых энергетических установок» /Сост. Бубенцов В.М., под ред. Салова Н.Н. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 16 с.

Методические указания содержат рекомендации к выполнению раздела курсового проекта по дисциплине «Судовые паровые котлы и их эксплуатация» для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 070104 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Эксплуатации морских судов и сооружений», протокол № 4 от 23.12.2011 года.

Рецензент: Очеретяный В.А., к.т.н., доцент кафедры ЭМСС.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тепловая схема судового парового котла	4
1.1. Компоновочная схема котла	4
1.2. Цель разработки тепловой схемы	4
1.3. Тепловые потоки в котле	5
1.4. Параметры рабочих сред в пароводяном тракте	6
1.5. Расходы сред по пароводяному тракту	6
1.6. Определение расхода топлива	7
1.7. Тепловые потери в котле	8
1.8. Параметры среды по газовоздушному тракту котла	8
1.9. Поверхность нагрева элемента котла	10
1.10. Тепловая схема котла	10
1.11. Анализ тепловой схемы котла	11
2. Тепловая схема утилизационных паровых котлов	11
2.1. Компоновочная схема котла	12
2.2. Расчет пароводяного тракта котла	12
2.3. Расчет газового тракта котла	13
2.4. Тепловая схема УПК	13
Библиографический список	15

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания дают представление о структуре раздела «Тепловая схема судовых вспомогательных и утилизационных котлов» курсового проекта по дисциплине «Судовые паровые котлы и их эксплуатация».

Цель методических указаний: закрепление теоретических знаний по дисциплине «Судовые паровые котлы и их эксплуатация» и приобретение студентами практических навыков самостоятельной работы при выполнении курсовой работы в обеспечение разделов Международного Кодекса ПДНВ '95 А/2 и А/3 [3].

1. ТЕПЛОВАЯ СХЕМА СУДОВОГО ПАРОВОГО КОТЛА

Для выполнения теплового расчета котла заданного типа необходимы следующие данные:

1. Марка котла-прототипа;
2. Паропроизводительность котла суммарная D , кг/с, паропроизводительность перегретого пара $D_{пп}$, кг/с; паропроизводительность насыщенного пара D_x , кг/с;
3. Давление пара в пароводяном коллекторе P_x , МПа;
4. Температура перегретого пара $t_{пп}$, °С;
5. Температура питательной воды $t_{пв}$, °С;
6. Марка топлива и коэффициент избытка воздуха α ;
7. Коэффициент полезного действия котла η .

По заданной марке топлива и значению коэффициента избытка воздуха α определяют объемы воздуха и продуктов сгорания, образовавшиеся при сжигании 1 кг топлива, рассчитывают энтальпии воздуха и продуктов сгорания и строят зависимость энтальпии продуктов сгорания от температуры в интервале от 100 до 2000 °С (диаграмма J-9).

1.1. Компоновочная схема котла

В соответствии с маркой котла-прототипа схематично строят его компоновочную (структурную) схему (см. рисунок 1.1).

На основании выбранной компоновочной схемы выбирают характерные сечения по пароводяному и газовоздушному тракту котла. Характерными сечениями по пароводяному и газовоздушному тракту считаются сечения на входах и выходах всех элементов котла. Обычно считают, что параметры на выходе из предыдущего элемента равны параметрам на входе в элемент последующий, т.е. изменением параметров в пазухах или перепускных трубах, как правило, пренебрегают.

1.2. Цель разработки тепловой схемы

Цель разработки состоит в том, чтобы после определения параметров сред во всех характерных сечениях пароводяного и газовоздушного трактов, во-первых, оценить величины средних температурных напоров в элементах котла; во-вторых, ориентировочно определить величину поверхности нагрева каждого элемента котла; в-третьих, дать оценку надежности работы элементов котла (с учетом ванадиевой и низкотемпературной коррозии).



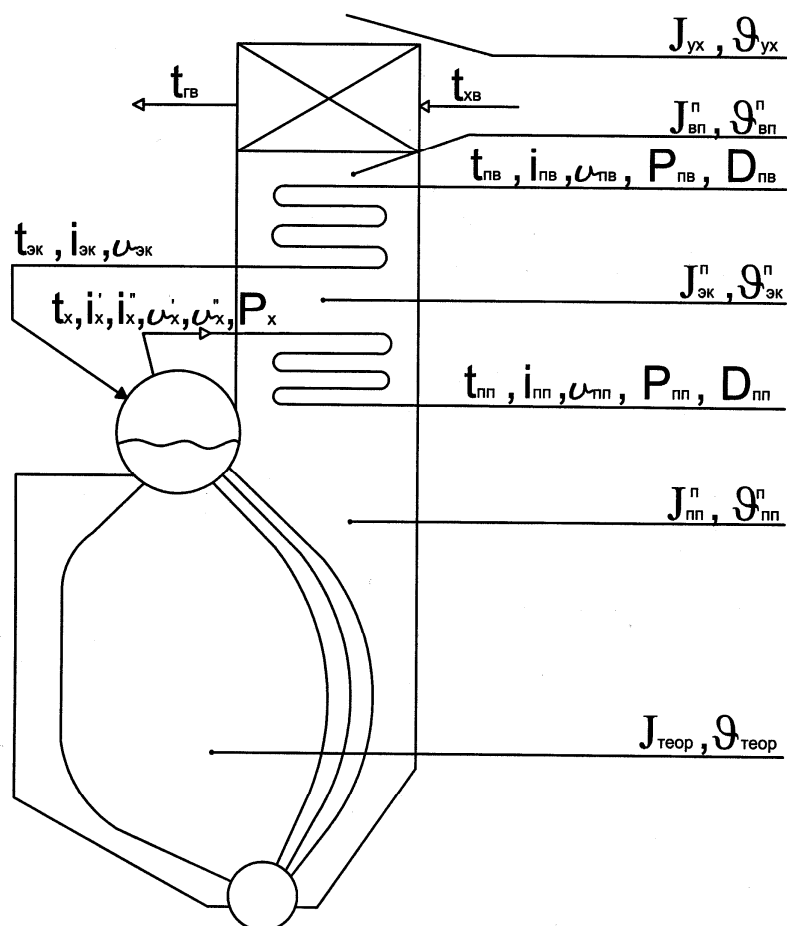


Рисунок 1.1 – Компоновочная схема котла

Часто разработку тепловой схемы называют составлением предварительного теплового баланса котла.

Разработать тепловую схему котла – это значит определить:

- 1) параметры среды во всех характерных сечениях пароводяного тракта;
- 2) расходы воды, пара, топлива и воздуха;
- 3) тепловые потоки в каждом элементе котла;
- 4) параметры во всех характерных сечениях газозоудного тракта.

1.3. Тепловые потоки в котле

Тепловые потоки, воспринимаемые в различных элементах котла, определяются по следующим формулам:

в экономайзере

$$Q_{\text{эк}} = D(i_{\text{эк}} - i_{\text{пв}}), \text{ кВт};$$

в пароперегревателе

$$Q_{\text{пп}} = D_{\text{пп}}(i_{\text{пе}} - i_x''), \text{ кВт};$$

в испарительной поверхности котла

$$Q_{\text{исп}} = (D_{\text{пп}} + D_x)(i_x'' - i_{\text{эк}}), \text{ кВт}.$$

1.4. Параметры рабочих сред в пароводяном тракте

Величины, необходимые для разработки тепловой схемы пароводяного тракта, выбирают в соответствии со следующими рекомендациями:

Параметры по пароводяному тракту определяют начиная с пароводяного коллектора, при этом используют данные из задания на курсовое проектирование:

- давление в пароводяном коллекторе P_x , а по таблицам находят энтальпию насыщенного пара i_x'' и кипящей воды i_x' , удельные объемы воды V_x' и пара V_x'' , температуру кипения t_x ;

- параметры перегретого пара на выходе из пароперегревателя определяют по температуре $t_{пп}$ и по давлению пара за пароперегревателем $P_{пп}$, которое принимают на 5...10 % ниже давления в пароводяном коллекторе. По таблицам $i - S$ по $P_{пп}$ и $t_{пп}$ определяют энтальпию перегретого пара $i_{пп}$ и удельный объем перегретого пара $V_{пп}$;

- давление воды на входе в экономайзер $P_{пв}$ принимают на 3...6 % больше давления в пароводяном коллекторе. По давлению $P_{пв}$ и по температуре $t_{пв}$ находят энтальпию питательной воды $i_{пв}$ и удельный объем питательной воды $V_{пв}$. Недогрев воды до кипения на выходе из экономайзера принимают на 30...40 °С ниже температуры кипения в пароводяном коллекторе. По температуре $t_{эк}$ и давлению P_x находят энтальпию воды на выходе из экономайзера $i_{эк}$ и удельный объем воды $V_{эк}$;

- степень сухости пара на выходе из пароводяного коллектора принимают в пределах 0,99...0,999. Степень сухости пара определяется конструкцией паросепарирующих устройств.

1.5. Расходы сред по пароводяному тракту

Расходы сред, проходящих по пароводяному тракту, указаны в задании (количество перегретого пара, количество насыщенного пара). Расход воды через экономайзер D равен

$$D = D_{пп} + D_x + D_{пр}, \text{ кг/с (т/ч)},$$

где $D_{пп}$ – расход перегретого пара, кг/с (т/ч);

D_x – расход насыщенного пара, кг/с (т/ч);

$D_{пр}$ – расход воды, продуваемой из котла при непрерывной продувке, кг/с (т/ч).

Для вспомогательных котлов продувка не учитывается, а для главных величина $D_{пр}$ может составлять до 2 % от D .

1.6. Определение расхода топлива

Прежде чем определить расход топлива необходимо найти некоторые вспомогательные величины. При этом ряд величин выбираются в соответствии со следующими рекомендациями.

1.6.1. Подогрев воздуха перед подачей его к воздухоподогревателю и к топочному фронту происходит в межобшивочном пространстве. При заборе воздуха из верхней части машинно-котельного отделения его температура составляет 25...40 °С. При движении воздуха в межобшивочном пространстве его температура повышается на 10...20 °С.

1.6.2. Температура воздуха за воздухоподогревателем может составить 100...200 °С (при паровом воздухоподогревателе), а за газовым воздухоподогревателем температура воздуха $t_{гв}$ обычно достигает 150...250 °С.

1.6.3. Теплота, вносимая в топку подогретым воздухом

$$Q_{гв} = \alpha V_{св}^0 (t_{гв} \cdot c_{гв} - t_{хв} \cdot c_{хв}), \text{ кДж/кг},$$

где α - коэффициент избытка воздуха, $V_{св}^0$ - теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 кг топлива, м³/кг;

$t_{гв}$, $t_{хв}$ - температура воздуха на входе и выходе из воздухоподогревателя, °С;

$c_{гв}$, $c_{хв}$ - теплоемкость горячего и холодного воздуха, кДж/(м³·К).

1.6.4. Теплота, вносимая в топку подогретым мазутом

Для качественного распыла мазута его необходимо подогреть перед подачей к форсунке, чтобы вязкость составила 2...5 ВУ

$$Q_{т} = c_{т} \cdot t_{т} \text{ кДж/кг},$$

где $t_{т}$ - температура подогретого мазута, °С; $c_{т}$ - теплоемкость мазута, Дж/(кг·К).

1.6.5. Теплота, вносимая в топку с паром форсунок.

При эксплуатации паромеханических форсунок пар, поступающий на форсунки для распыливания топлива, имеет следующие параметры: давление 0,15...0,2 МПа, температура на 20...40 °С выше температуры насыщения. Расход пара на распыл 1 кг топлива составляет 0,010...0,014 кг на 1 кг топлива.

Теплота, вносимая паром форсунок:

$$Q_{ф} = W_{ф}(i_{ф} - 2500), \text{ кДж/кг},$$

где $W_{ф}$ - расход пара, необходимый для распыла 1 кг топлива (выбирается в зависимости от конструкции форсунок), кг/кг;

$i_{ф}$ - энтальпия пара поступающего на форсунки, кДж/кг.

1.6.6. Располагаемая теплота, т.е. теплота, вносимая в топку с 1 кг топлива, равна

$$Q_p^p = Q_n^p + Q_T + Q_\phi + Q_{вп}^{вн}, \text{ кДж/кг},$$

где Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

Q_T – теплота, вносимая в топку 1 кг топлива, кДж/кг ;

Q_ϕ – теплота, вносимая в топку паром форсунок, кДж/кг;

$Q_{вп}^{вн}$ – теплота, вносимая в топку воздухом подогретым во «внешнем» воздухоподогревателе (внешним воздухоподогревателем является паровой воздухоподогреватель):

$$Q_{вп}^{вн} = Q_{гв} - Q_{хв} = \alpha V^0 (c_{гв} \cdot t_{гв} - c_{хв} \cdot t_{хв}), \text{ кДж/кг}.$$

1.6.7. Расход топлива В равен:

$$B = [D_{пп}(i_{пп} - i_{пв}) + D_x(i_x'' - i_{пв})] / Q_p^p \cdot \eta \cdot 100, \text{ кг/с}.$$

1.7. Тепловые потери в котле

1.7.1. Потери теплоты от химической неполноты сгорания q_3 принимаются в пределах 0,3...0,5 % – в относительных единицах. Потери от химической неполноты сгорания в абсолютных единицах

$$Q_3 = Q_p^p \cdot q_3 / 100, \text{ кДж/кг}.$$

1.7.2. Потери теплоты от механической неполноты сгорания q_4 при сжигании мазута принимаются равными 0.

1.7.3. Потери теплоты от наружного охлаждения котла q_5 принимаются:

1...2 % - для главных котлов,

2...3 % - для вспомогательных котлов.

$$Q_5 = Q_p^p \cdot q_5 / 100, \text{ кДж/кг}.$$

1.7.4. Потери теплоты с уходящими газами q_2 равны:

$$q_2 = 100 - \eta - q_3 - q_4 - q_5, \text{ \%};$$

$$Q_2 = Q_p^p \cdot q_2 / 100, \text{ кДж/кг}.$$

1.8. Параметры среды по газовоздушному тракту котла

1.8.1. Энтальпия и температура уходящих газов

Энтальпия уходящих газов равна:

$$J_{yx} = Q_2 + Q_T + Q_{хв}, \text{ кДж/кг},$$

где Q_2 – тепловые потери с уходящими газами, $Q_2 = Q_p^p \cdot q_2 / 100$, кДж/кг;

Q_T – теплота подогретого топлива, $Q_T = c_T \cdot t_T$, кДж/кг;

$Q_{хв}$ – энтальпия холодного воздуха, $Q_{хв} = \alpha \cdot V^0 c_{хв} \cdot t_{хв}$, кДж/кг.

По диаграмме $J - \vartheta$ по J_{yx} определяем температуру уходящих газов ϑ_{yx} .

1.8.2. Теоретическая энтальпия и теоретическая температура газов в топке котла

$$J_{\text{теор}} = Q_{\text{н}}^{\text{p}}(100-q_3)/100 + Q_{\text{гв}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{ф}}, \text{ кДж/кг},$$

где $Q_{\text{гв}}$ – энтальпия подогретого воздуха, поступающего в топку котла;

$$Q_{\text{гв}} = \alpha \cdot V^0 \cdot t_{\text{гв}} \cdot c_{\text{гв}}, \text{ кДж/кг}.$$

По диаграмме $J - \vartheta$ находим $\vartheta_{\text{теор}}$, °С.

1.8.3. Тепловые потоки в элементах

Теплота, необходимая для подогрева воды в экономайзере, отнесенная к 1 кг топлива:

$$Q'_{\text{эк}} = \frac{Q_{\text{эк}}}{B \cdot \varphi}, \text{ кДж/кг},$$

где φ – коэффициент сохранения теплоты, $\varphi = (100-q_5)/100$.

Теплота, необходимая для испарения воды в испарительных поверхностях нагрева, отнесенная к 1 кг топлива:

$$Q'_{\text{исп}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{B \cdot \varphi}, \text{ кДж/кг}.$$

Теплота, необходимая для перегрева пара, отнесенная к 1 кг топлива:

$$Q'_{\text{пе}} = \frac{Q_{\text{пе}}}{B \cdot \varphi}, \text{ кДж/кг}.$$

Теплота, необходимая для подогрева воздуха, отнесенная к 1 кг топлива:

$$Q'_{\text{вп}} = \frac{\alpha \cdot V^0 (c_{\text{гв}} \cdot t_{\text{гв}} - c_{\text{хв}} \cdot t_{\text{хв}})}{\varphi}, \text{ кДж/кг}.$$

1.8.4. Энтальпия уходящих газов

$$J_{\text{ух}}' = J_{\text{теор}} - Q'_{\text{исп}} - Q'_{\text{эк}} - Q'_{\text{пе}} - Q'_{\text{вп}}, \text{ кДж/кг}.$$

Проверка $|J_{\text{ух}}' - J_{\text{ух}}| \leq 100$.

Температура уходящих газов $\vartheta'_{\text{ух}}$ определяют по $J'_{\text{ух}}$ по диаграмме $J - \vartheta$, °С.

1.8.5. Энтальпия и температура газов за экономайзером

$$J_{\text{вп}}^{\text{п}} = J_{\text{ух}} + Q'_{\text{вп}}, \text{ кДж/кг}.$$

По диаграмме $J - \vartheta$ находим $\vartheta_{\text{вп}}^{\text{п}}$, °С.

1.8.6. Энтальпия и температура газов за пароперегревателем

$$J_{\text{эк}}^{\text{п}} = J_{\text{вп}}^{\text{п}} + Q'_{\text{эк}}, \text{ кДж/кг}.$$

По диаграмме $J - \vartheta$ находим $\vartheta_{\text{эк}}^{\text{п}}$, °С.

1.8.7. Энтальпия и температура газов за испарительным пучком

$$J_{\text{пп}}^{\text{п}} = J_{\text{эк}}^{\text{п}} + Q_{\text{пе}}, \text{ кДж/кг.}$$

Определяем температуру газов за испарительным пучком $\vartheta_{\text{пп}}^{\text{п}}$ по $J - \vartheta$ диаграмме, $^{\circ}\text{C}$.

1.9. Поверхность нагрева элемента котла

Поверхности нагрева элементов котла определяют по формуле:

$$H = Q^*/q, \text{ м}^2,$$

где q – удельный тепловой поток для различных поверхностей нагрева, кВт/м^2 .

Для приближенного определения величины поверхностей нагрева котла можно принять следующие значения удельного теплового потока:

$q_{\text{испар}} = 50 \dots 60$ – для испарительных поверхностей нагрева, кВт/м^2 ;

$q_{\text{эк}} = 46 \dots 49$ – для экономайзера, кВт/м^2 ;

$q_{\text{п}} = 10,5 \dots 14,0$ – для пароперегревателя, кВт/м^2 ;

$q_{\text{вп}} = 1,1 \dots 1,75$ – для воздухоподогревателя, кВт/м^2 .

1.10. Тепловая схема котла

По результатам расчета пароводяного и газозоудушного тракта строят тепловую схему котла. При этом учитывают взаимное движение теплообменивающихся сред в элементах котла (пароперегревателе, экономайзере, воздухоподогревателе и испарительной поверхности нагрева).

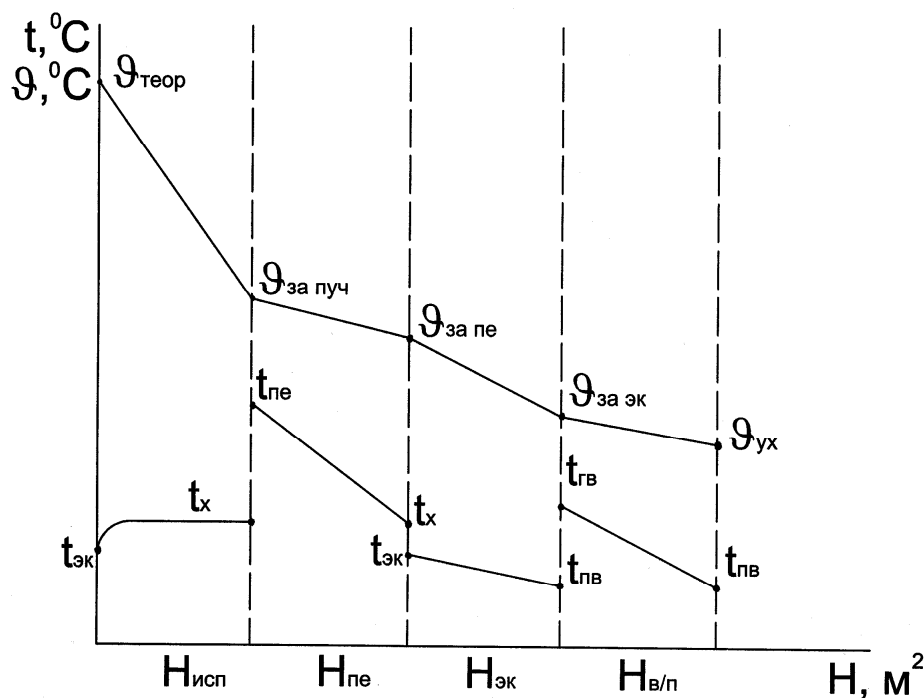


Рисунок 1.2 – Тепловая схема котла

1.11. Анализ тепловой схемы котла

1. Оценивают разность температур газов и рабочей среды на входе и выходе в каждом элементе котла. При малых значениях Δt растут габариты элемента, которые можно уменьшить, увеличив скорость газов. Минимальное значение Δt составляет 30...40 °С.

2. Оценивают надежность элемента котла по температуре газов в газоходе элемента котла. Так, например, температура газов больше 950 °С может спровоцировать ванадиевую коррозию.

3. Надежность хвостовых поверхностей нагрева проверяют на возникновение низкотемпературной коррозии.

2. ТЕПЛОВАЯ СХЕМА УТИЛИЗАЦИОННЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Для выполнения теплового расчета судового утилизационного парового котла (УПК) необходимы следующие данные:

1. Марка котла-прототипа;
2. Паропроизводительность УПК,
перегретого пара $D_{пе}$, т/ч (кг/с),
насыщенного пара $D_{нас}$, т/ч (кг/с);
3. Давление пара в сепараторе $P_{сеп}$, МПа;
4. Температура перегретого пара $t_{пе}$, °С;
5. Температура питательной воды $t_{пв}$, °С;
6. Марка топлива;
7. Коэффициент избытка воздуха α ;
8. Коэффициент полезного действия котла η , %;
9. Удельный расход топлива двигателя q_e , кг/кВт·ч;
10. Номинальная мощность двигателя N_n , кВт;
11. Температура газов перед УПК ϑ , °С.

Расчет ведут на эффективную мощность двигателя:

$$N_e = (0,85 \dots 0,90) N_{en}.$$

По заданной марке топлива находят элементарный состав топлива. Состав продуктов сгорания определяют с учетом заданного значения коэффициента избытка воздуха и затем определяют энтальпию продуктов сгорания в интервале температур 100...500 °С. По результатам расчета строят диаграмму J- ϑ .

2.1. Компоновочная схема котла

В соответствии с маркой котла-прототипа строят его компоновочную (структурную) схему (см. рисунок 2.1).

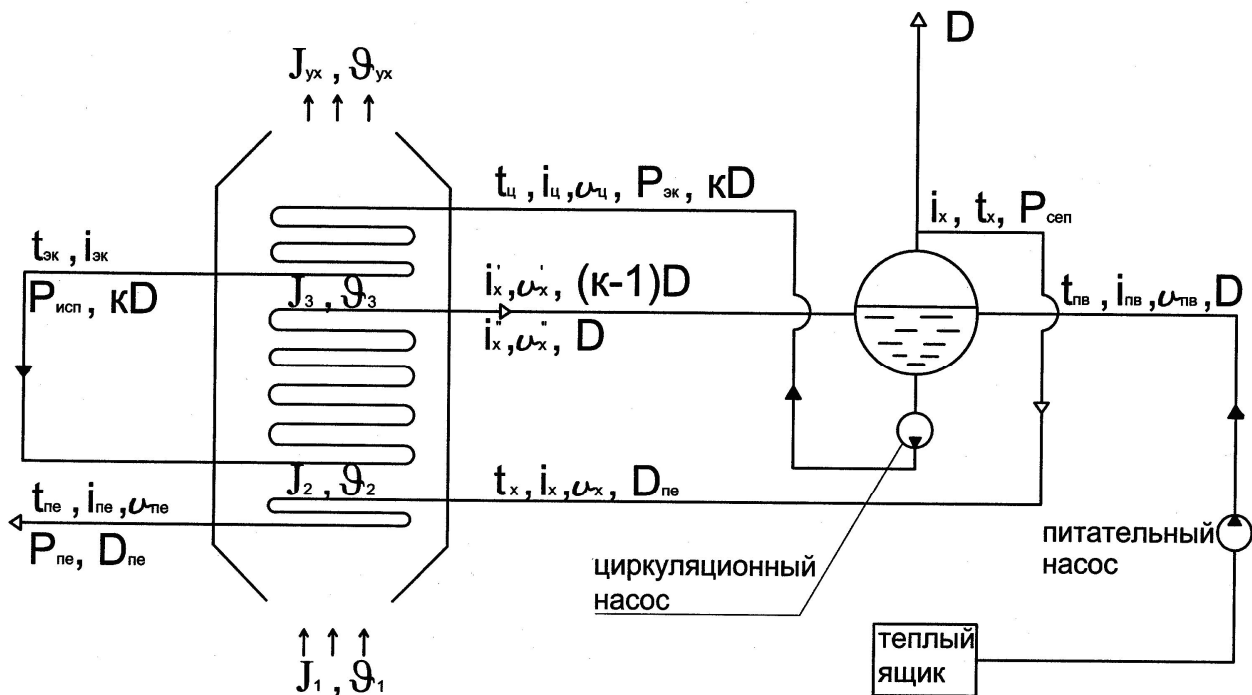


Рисунок 2.1 – Компоновочная схема котла

2.2. Расчет пароводяного тракта котла

Определяют параметры и расходы среды во всех характерных сечениях пароводяного тракта, при этом используют следующие рекомендации:

1. Кратность циркуляции для утилизационных котлов k принимают в пределах от 1,4 до 6.

2. Энтальпия воды на входе в экономайзер

$$i_{ц} = i'_x - (i'_x - i_{пв})/k, \text{ кДж/кг},$$

где i'_x — энтальпия кипящей воды при давлении $P_{сеп}$.

По энтальпии $i_{ц}$ по таблицам теплофизических свойств воды и пара находят температуру воды на входе в экономайзер $t_{ц}$.

3. Температуру воды на выходе из экономайзера принимают на $20...30^\circ\text{C}$ ниже температуры кипения

$$t_{эк} = t_x - (20...30), ^\circ\text{C}.$$

По таблицам $i - S$ находят энтальпию воды $i_{эк}$.

Определяют тепловые потоки в элементах котла:

- тепловосприятие экономайзера $Q_{\text{эк}} = D \cdot k(i_{\text{эк}} - i_{\text{ц}})$, кВт;

- тепловосприятие испарительного пучка

$$Q_{\text{исп}} = D(i''_{\text{x}} - i_{\text{эк}}) + D(k-1)(i'_{\text{x}} - i_{\text{эк}}), \text{ кВт};$$

-теповосприятие пароперегревателя $Q_{\text{пе}} = D_{\text{пе}}(i_{\text{пе}} - i''_{\text{x}})$, кВт.

2.3. Расчет газового тракта котла

2.3.1. Расход топлива двигателя

$$B = q_{\text{е}} \cdot N_{\text{ен}}(0,9 \dots 0,85), \text{ кг/с}$$

2.3.2. Тепловые потери УПК в окружающую среду q_5 принимают в пределах от 2% до 5%.

2.3.3. Коэффициент сохранения теплоты

$$\phi = (100 - q_5)/100.$$

2.3.4. Полезно использованная теплота УПК

$$Q_{\text{пол}} = D_{\text{пер}}(i_{\text{пе}} - i_{\text{пв}}) + D_{\text{x}}(i''_{\text{x}} - i_{\text{пв}}), \text{ кВт}$$

2.3.5. Энтальпия и температура уходящих газов

$$J_{\text{yx}} = J_1 - Q_{\text{пол}}/B \cdot \phi, \text{ кДж/кг},$$

по $J - \vartheta$ диаграмме находят температуру уходящих газов ϑ_{yx} .

2.3.6. Энтальпия и температура газов за пароперегревателем

$$J_2 = J_1 - Q_{\text{пе}}/B \cdot \phi, \text{ кДж/кг},$$

по $J - \vartheta$ диаграмме находят ϑ_2 .

2.3.7. Энтальпия и температура газов за испарительным пучком

$$J_3 = J_2 - Q_{\text{исп}}/B \cdot \phi, \text{ кДж/кг},$$

по $J - \vartheta$ диаграмме находят ϑ_3 .

2.3.8. Энтальпия и температура газов за экономайзером

$$J'_{\text{yx}} = J_3 - Q_{\text{эк}}/B \cdot \phi, \text{ кДж/кг},$$

по $J - \vartheta$ диаграмме находят ϑ'_{yx} .

Необходимо сравнить значения температуры уходящих газов, полученных 2 способами, отличие не должно быть больше 5°C .

2.4. Тепловая схема УПК

Анализ тепловой схемы состоит в том, что сравнивают полученные значения ΔT_1 , ΔT_2 и ΔT_3 с рекомендованными:

$$\Delta T_1 = 30 \dots 80^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_2 = 12 \dots 25^\circ\text{C};$$

$$\Delta T_3 = 20 \dots 40^\circ\text{C}.$$

По температуре уходящих газов и по температуре воды на входе в экономайзер $t_{\text{ц}}$ решают вопрос о возможности возникновения низкотемпе-

ратурной коррозии в экономайзере. Чтобы не было низкотемпературной коррозии температура стенки труб $t_{ст}$ должна быть выше температуры точки росы t_p не менее чем на 10°C . Температура загрязненной стенки труб определяется по формуле:

$$t_{ст} = t_{ср} + 25, ^\circ\text{C}$$

где $t_{ср}$ – температура обогреваемой среды (для экономайзера $t_{ср} = t_{ц}$), $^\circ\text{C}$.

При сжигании сернистого мазута температура точки росы t_p может достигать $145...150^\circ\text{C}$.

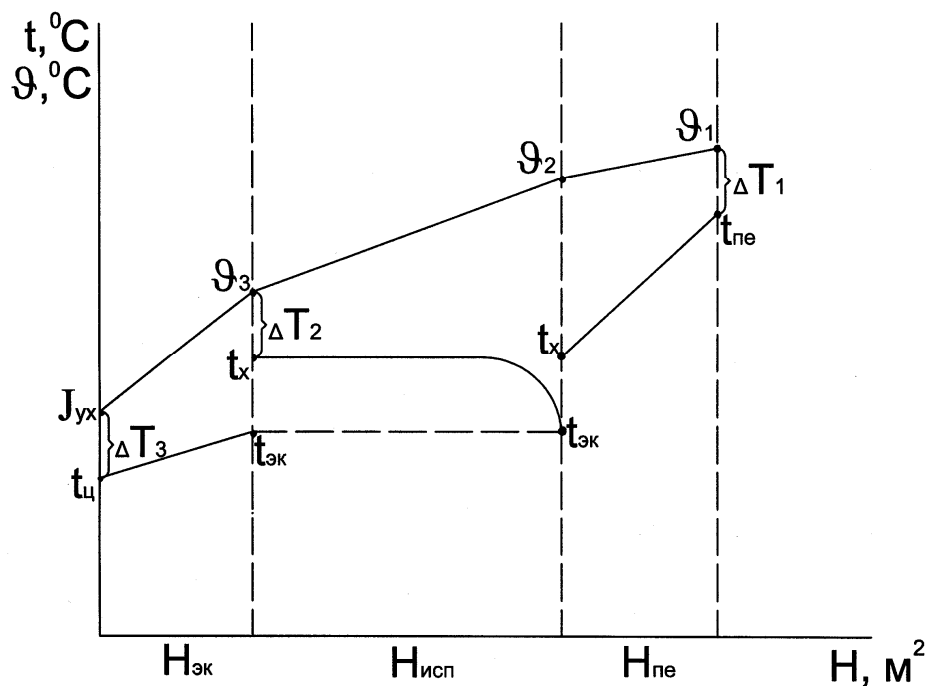


Рисунок 2.2 – Теплоя схема УПК

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)/ под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. –135 с.
2. Проектирование судовых парогенераторов/К.С. Дементьев, В.А. Романов, А.С. Турлаков, Д.И. Волков. –Л.: Судостроение, 1986. –336 с.
3. Хряпченков А.С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы /А.С. Хряпченков. –Л.: Судостроение, 1988. –293 с.

Заказ № _____ от « ____ » _____ 200 ____ . Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ