|  |  |
| --- | --- |
| **SPB9** | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  Институт энергетики и транспортных систем  Энергомашиностроительное отделение  Кафедра “Атомная и тепловая энергетика” |

**Курсовая работа**

**Тема:** «Расчет тепловой схемы ПГУ с КУ»

**Дисциплина**: «Парогазовые и газотурбинные электростанции»

Студент гр.: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Преподаватель: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Фомин В.А.

Санкт-Петербург

2014

**Введение**

В работе изложена методика приближённого расчётатепловой схемы ПГУ с КУ.

Тепловая схема ПГУ состоит из двух ГТУ, двух котлов-утилизаторов и паротурбинной установки (схема дубль-блока). В соответствии с этим методика расчёта состоит из трёх взаимосвязанных разделов: расчёта ГТУ, расчёта котла-утилизатора (КУ) и расчёта паротурбинной установки (ПТУ). Выбираем котёл- утилизатор с одним контуром генерации пара (одноконтурный КУ).

В таблице заключительного раздела приведены основные энергетические характеристики тепловой схемы всей ПГУ.

ГТУ является основным элементом тепловой схемы ПГУ, поэтому тип выбранной ГТУ определяет характеристики КУ и ПТУ.

Тип ГТУ необходимо самостоятельно выбрать из номенклатуры фирмы-производителя, название которой указано в индивидуальном задании.

**Пример расчёта.**

**1. Краткое описание ГТУ**

Описание ГТУ составляется на основе рекламных материалов фирмы –изготовителя.

Газотурбинный двигатель **UGT 25000** **"Зоря-Машпроект"** - трехвальный газотурбинный двигатель IV поколения для морского и промышленного применения. Компрессоры-осевые. КНД- 8ступеней, КВД- 9 ступеней. Степень сжатия: 20,5 - 22,5.   
Камера сгорания трубчато – кольцевая, противоточная, 16 трубная.

- мощность - 25 МВт;

- серийный выпуск с 1995 года.

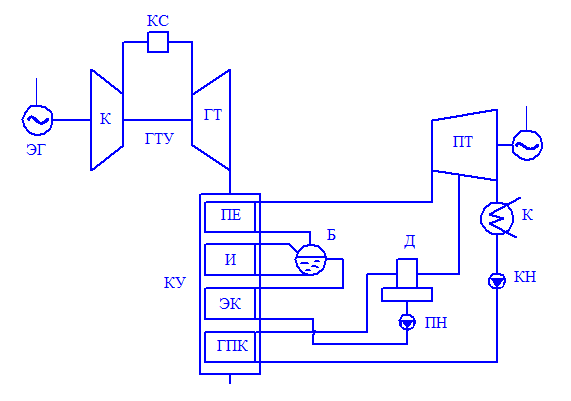
- изготовлено более 80 ед.

- общая наработка более 120000 тыс. часов

- наработка лидера в газовой промышленности - около 50 тыс. часов, в энергетике на Березовской ТЭЦ в Белоруссии – около 18000 часов.

- эксплуатируется на эсминцах, а также на компрессорных и электрических станциях.

**2. Тепловая схема ПГУ с одноконтурным КУ**



Газовый подогреватель конденсата (ГПК) заменяет отсутствующие в ПТУ подогреватели низкого давления. Нагрев основного конденсата в нем вызывает понижение температуры газов до конечного значения . В схеме предусмотрен деаэратор питательной воды, питаемый отборным паром паровой турбины. Парогенерирующий контур одного давления состоит из экономайзера, испарителя и парогенератора. Минимальный температурный напор между температурами газа и пара имеет место в концевом сечении испарительной поверхности нагрева (И): , а аналогичная разность температур в выходном пароперегревателя: . Для предотвращения коррозии выходных поверхностей ГПК температуру конденсата на его входе ( поддерживают на уровне 50 - 60 при сжигании природного газа и не ниже 110 при переходе на жидкое газотурбинное топливо ГТУ.

**3. Расчет ГТУ**

1.1 Заданные величины (по характеристикам фирмы –изготовителя).

Ne - эффективная мощность газовой турбины, МВт; Ne = 25 МВт;

ТН - температура наружного воздуха, К; ТН = 288 К;

Т1 - температура воздуха на входе в компрессор ГТУ, К; Т1 = ТН , Т1 = 288 К;

Т3 - температура газов перед газовой турбиной ГТУ, К; Т3 = 1518 К;

Т4 - температура газов за газовой турбиной ГТУ, К; Т4=738 К.

Примечание: иногда в характеристиках фирмы –изготовителя значение Т3 отсутствует, тогда значение Т3 надо принять так, чтобы примерно получить заданное в характеристиках значение Т4.

– суммарная степень повышения давления воздуха в компрессорах; ;

- расход выхлопных газов газовой турбины, кг/с; 90 кг/с;

РН - давление наружного воздуха; РН = 0,103 МПа;

- механический КПД ГТУ, учитывающий механические потери в компрессоре, газовой турбине и электрическом генераторе; ;

- коэффициент потерь давления воздуха в комплексном воздухоочистительном устройстве (КВОУ); ;

- коэффициент потерь давления газов в камере сгорания; ;

- коэффициент потерь давления газов в котле-утилизаторе, учитывающий его аэродинамическое сопротивление; ;

- КПД компрессора, учитывающий потери при сжатии воздуха в компрессоре; ;

- КПД турбины, учитывающий потери при расширении газов в турбине; ;

Выполняем приближённый расчёт ГТУ, поэтому удельная изобарная теплоёмкость рабочих тел принимается постоянной, то есть не зависящей от температуры рабочего тела в интервале её изменения при сжатии воздуха в компрессоре и расширении газов в турбине.

В соответствии с этим:

удельная изобарная теплоёмкость воздуха:

удельная изобарная теплоёмкость продуктов сгорания топлива (газов):

удельная изобарная теплоёмкость газов для коэффициента избытка воздуха α=1 ("чистые" газы):

Газовые постоянные:

для воздуха: для газов:

Теплотворная способность топлива (100% - ный метан):

Стехиометрический коэффициент для 100% -ного метана (масса воздуха, необходимая для сгорания единицы массы топлива; размерность, кг/кг; в результате этого режима горения образуются газы с коэффициентом избытка воздуха α=1): .

1.2 Расчёт параметров процесса сжатия воздуха в компрессоре

Процесс сжатия в компрессоре представляем как политропический процесс, который характеризуется показателем степени, определяемым из следующих соотношений:

- показатель изоэнтропического процесса сжатия воздуха:

- показатель политропического процесса сжатия воздуха:

- удельная полезная работа сжатия воздуха в компрессоре:

Давление воздуха перед компрессором:

Давление воздуха за компрессором:

Температура воздуха за компрессором:

1.3 Расчёт параметров процесса расширения газов в турбине

Процесс расширения в турбине представляем как политропический процесс, который характеризуется показателем степени, определяемым из следующих соотношений:

- показатель изоэнтропического процесса расширения газа:

- показатель политропического процесса расширения газа:

Давление газов перед турбиной:

Давление газов за турбиной:

Степень понижения давления газов в турбине:

Удельная полезная работа расширения в турбине:

Температура газов за турбиной:

Энтальпия газов за турбиной:

Проточная часть турбины является охлаждаемой. Воздух для охлаждения отбирается из компрессора. Охлаждаемыми элементами являются детали статора и ротора ( внутренние элементы корпуса, направляющие лопатки, диски, рабочие лопатки, внутренние подшипники ротора).

Относительный расход воздуха на охлаждение принимают в пределах

5...10 % от расхода воздуха через компрессор. Более высокие значения расхода воздуха соответствуют более высоким значениям температур газов пред турбиной.

В данном расчёте принимаем относительный расход воздуха на охлаждение: .

1.4 Расчёт камеры сгорания

Введём значения:

;

Расход газов за турбиной условно разделяем на два расхода:

расход "чистых" продуктов сгорания, имеющих коэффициент избытка воздуха равный 1, и расход "свободного" воздуха, который не участвовал в процессе горения топлива.

Примем значение коэффициента полноты сгорания топлива, который характеризует потери в камере сгорания из-за несовершенства горения топлива:

Расход "свободного" воздуха определяется из уравнения теплового баланса камеры сгорания. В КС подводится теплота с воздухом из компрессора (температура T2) и теплота сжигаемого топлива. Из камеры сгорания отводится теплота с газами, подаваемыми далее в турбину ( температураT3). На основании этого записывается уравнение теплового баланса, из которого находится относительный расход свободного воздуха:

Коэффициент избытка воздуха, будет равен:

Относительный расход топлива в КС ( приходящийся на один кг воздуха)

1.5 Энергетические показатели ГТУ

Удельная внутренняя работа ГТУ:

Удельная эффективная работа ГТУ:

Удельный расход теплоты в камере сгорания с учётом потерь от неполноты сгорания топлива:

*Примечание: определённые выше в п. 3.5. показатели отнесены к одному кг циклового воздуха.*

Эффективный КПД ГТУ:

Расход воздуха через компрессор:

Расход топлива в камере сгорания:

Расход газов (продуктов сгорания топлива) на выходе ГТ:

*Примечание: полученные в расчёте характеристики ГТУ необходимо сравнить с характеристиками фирмы-изготовителя; несмотря на приближённый характер расчёта значения основных расчётных параметров не должны резко отличаться от параметров, приведённых фирмой – изготовителем.*

**2. Расчет основных параметров тепловой схемы котла-утилизатора**

В соответствии с тепловой схемой КУ состоит из четырех поверхностей нагрева: пароперегревателя (ПП), испарителя (И), экономайзера (ЭК) и газового подогревателя конденсата (ГПК). Целью расчета тепловой схемы является определение паропроизводительности КУ и температур газов в характерных сечениях газовоздушного тракта. Газовоздушный тракт КУ разбивается пятью сечениями, ограничивающими перечисленные поверхности нагрева: перед ПП, перед И, перед ЭК, перед ГПК и за ГПК.

Задаем давление пара на выходе из ПП:

Коэффициент гидравлического сопротивления ПП:

Давление пара в барабане:

*Примечание: в дальнейших расчётах значения энтальпии и энтропии воды и водяного пара определяются по таблицам их термодинамических свойств.*

Значение энтальпий в характерных точках котла-утилизатора:

Параметры насыщения воды и пара в барабане:

- температура и энтальпия кипящей воды: ,

- энтальпия сухого насыщенного пара:

В расчетах приняты следующие значения температурных напоров в поверхности нагрева КУ:

-в выходном сечении испарителя ;

-на выходе из пароперегревателя  
 - на выходе из экономайзера:

Параметры газов в сечениях 1 (на входе в КУ) и 3 (на выходе в И)

,

.

Параметры пара за ПП:

Параметры воды за экономайзером:

Коэффициент, учитывающий потери давления воды в тракте от экономайзера до барабана: 1,046

Параметры воды на входе в экономайзер

Задаем температурный недогрев в деаэраторе:

Задаем давление в деаэраторе:

Температура насыщения в деаэраторе:

Энтальпия насыщения в деаэраторе:

Гидравлическое сопротивление экономайзера:

Давление на входе в ЭК:

Принимаем приближенно повышение энтальпии воды в питательном насосе:

Энтальпия воды на входе в экономайзер:

Теплоемкость воды:

Температура воды на входе в ЭКВД:

Расчет паропроизводительности котла-утилизатора

Коэффициент, учитывающий продувку барабана: alf = 0,01;

Расход пара из ПП одного КУ:

В расчете рассматриваем тепловую схему дубль - блок (2ГТ+2КУ+ПТ):

Расход пара из ПП двух КУ:

Энтальпия и температура газа на выходе экономайзера (сечение 4):

*Изменение параметров пар от ПП до направляющего аппарата первой ступени паровой турбины.*

При подаче пара от КУ к турбине происходит уменьшение его давления вследствие гидравлического сопротивления трубопроводов от ПП до стопорных клапанов, сопротивления самих стопорных клапанов, а также регулирующих клапанов.

Примем коэффициент гидравлического сопротивления перечисленных элементов:

Тогда давление пара перед направляющим аппаратом первой ступени турбины будет равно:

Энтальпия пара при дросселировании не изменится. Её значение перед направляющим аппаратом первой ступени турбины будет равно значению энтальпии после ПП:

**3 Расчет тепловой схемы паротурбинной установки**

*Расчет деаэратора*

Параметры пара в камере отбора пара в деаэратор:

Принимаем:

- давление пара в камере отбора:

- внутренний относительный КПД проточной части паровой турбины;

Определяем энтальпию пара в камере отбора в h-s диаграмме:

Расчет расхода пара на деаэрацию.

Температура основного конденсата на входе в деаэратор:

Расхода пара на деаэратор из камеры отбора турбины:

Расход основного конденсата, поступающего в Д из ГПК:

*Приближенный расчет охладителя уплотнений.*

В ОУ сбрасывается пар из уплотнений штоков клапанов а также их коневых уплотнений вала турбины. При конденсации этого пара происходит подогрев конденсата турбоустановки.

Задаем давление в конденсаторе:

Температура насыщения в конденсаторе:

Принимаем, что в ОУ температура основного конденсата повышается на 2 градуса:

Расход пара на протечки через уплотнения ротора и клапанов турбины

Принимаем:

*Расчет мощности паровой турбины.*

Определяем энтальпию пара в конденсаторе и степень сухости пара в конце процесса расширения:

Степень сухости пара не должна быть ниже 0,88...0,87

Мощность паровой турбины:

**4 Расчет ГПК**

Температура воды на выходе в ГПК (принято):

Гидравлическое сопротивление ГПК:

Давление основного конденсата на входе в ГПК:

Давление основного конденсата на выходе из ГПК:

Энтальпия основного конденсата на выходе в ГПК:

Задаем в первом приближение разность температуры между газами и конденсатом на выходе из ГПК:

Температура воды (конденсата) на выходе из ГПК:

Энтальпия основного конденсата на выходе из ГПК:

Расходы основного конденсата для ГПК одного КУ:

**5 Энергетические характеристики ПГУ**

Электрический КПД генератора:

Электрическая мощность паровой турбины:

Электрическая мощность газовой турбины:

Электрическая мощность блока ПГУ (2ГТ+ПТ):

Электрический КПД ПГУ:

**6. Основные энергетические параметры ПГУ**

**Таблица 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Показатель** | **Обозначение** | **Размерность** | **Значение** |
| Мощность газовой турбины электрическая | Nэл\_гт | МВт | 24,63 |
| Расход газов через КУ | Gг | кг/с | 82,27 |
| Температура газов на входе в КУ | t1г | ⁰С | 465 |
| Температура уходящих газов | tух | ⁰С | 148,1 |
| Расход пара в деаэратор | Gд\_ пар | т/ч | 0,828 |
| Мощность паровой турбины электрическая | Nт\_ эл | МВт | 16,25 |
| Давление пара на входе в ПТ | Pрк чвд\_вх | бар | 37,2 |
| Температура пара на входе в ПТ | tрк чвд\_вх | ⁰С | 424,8 |
| Давление пара на выходе из ПП | Pппвд\_вых | бар | 40 |
| Температура пара на выходе из ПП | tппвд\_вых | ⁰С | 426,6 |
| Расход топлива в камере сгорания | Bт | кг/с | 1,21 |
| Расход пара из ПП | Gв | кг/с | 16,84 |
| Температура воды на входе в ГПК | tгпк\_ вх | ⁰С | 60 |
| Температура воды на выходе из ГПК | tгпк\_ вых | ⁰С | 191,1 |
| Электрический КПД блока ПГУ | ηпгу\_эл | % | 54,1 |
| Мощность блока ПГУ электрическая | Nпгу\_ эл | МВт | 65,5 |
| Расход основного конденсата на ГПК | Gгпк | кг/с | 7,92 |
| Расход основного конденсата на рециркуляцию | Gрец | кг/с | 1,26 |
| Расход основного конденсата на байпас ГПК | Gбайп | кг/с | 1,73 |
| Давление в деаэраторе | Pд | бар | 0,05 |
| Температура основного конденсата на входе в деаэратор | t1д | ⁰С | 158,95 |
| Температура основного конденсата после ОУ | tоу вых | ⁰С | 34,9 |
| Расход основного конденсата из ГПК в Д | Gд\_ок | кг/с | 7,92 |
| Давление пара в камере отбора на деаэратор | Pотб\_ д | бар | 10 |