**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**

**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Энергетический институт

Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра Атомных и тепловых электростанций

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВОДЫ В ТРУБНОМ ПУЧКЕ ПВД-1 ТУРБОУСТАНОВКИ К-210-130**

**по дисциплине «Математическое моделирование и методы оптимизации»**

Студент

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| **Группа** | **ФИО** | **Подпись** | **Дата** |

Руководитель

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| **Должность** | **ФИО** | **Ученая степень, звание** | **Подпись** | **Дата** |

Томск – 2019 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова**

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение курсовой работы по дисциплине

**«Математическое моделирование и методы оптимизации»**

Выдано студенту группы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Тема работы **РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВОДЫ В ТРУБНОМ ПУЧКЕ ПВД-1 ТУРБОУСТАНОВКИ К-210-130**

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

1.1. Постановка задачи, определение целевой функции и выбор метода оптимизации.

1.2. Качественное описание задачи.

1.3. Математическое описание задачи.

1.4. Алгоритм расчета оптимального значения параметра.

1.5. Пример расчета для одного значения оптимизируемого параметра.

1.6. Выводы и заключения по проделанной работе.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

2.1. Сформулировать оптимизационную задачу. Выбрать критерий эффективности. Определить ограничения на оптимизируемый параметр.

2.2. Записать выражения для целевой функции и ее составляющих [2].

2.3. Сделать качественное описание оптимизационной задачи. Привести фрагмент тепловой схемы турбоустановки [1] с обозначением параметров, значения которых влияют на расчет целевой функции. Установить связь целевой функции с оптимизируемым параметром и пояснить ее рисунками и графиками.

2.4. Выполнить технико-экономическое сравнение нескольких вариантов, соответствующих разным значениям скорости воды в пучке путем расчета изменения приведенных затрат δЗ по сравнению с «базовым» вариантом [2]. За «базовый» можно принять вариант с наименьшим значением скорости. Коэффициенты теплопередачи в подогревателе принять по [4].

2.5. Построить графики изменения приведенных расчетных затрат и их составляющих от скорости. Проанализировать изменение затрат в турбоустановку при отклонении оптимизируемого параметра в ту и другую сторону от оптимального. Как при этом изменяются капитальная и эксплуатационная составляющие? Какие составляющие расчетных затрат оказывают наибольшее влияние на характер целевой функции? Какими составляющими приведенных затрат можно пренебречь?

2.6. Как изменится оптимальное значение скорости при увеличении стоимости теплообменной поверхности?

2.7. Как изменится оптимальное значение скорости при увеличении стоимости электроэнергии?

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Давление пара в отборе турбины на ПВД-1 3.65 МПа

3.2. Температура пара в отборе на ПВД-1 390 °C

3.3. Расход воды через подогреватель 186 кг/с

3.4. Давление воды в подогревателе 26 МПа

3.5. Температура воды на входе в ПВД-1 220 °C

3.6. Недогрев воды в ПВД-1 3 °C

3.7. Температуру дренажа на выходе из ПВД-1 принять равной температуре насыщения при давлении пара в отборе

3.8. Конструктивные параметры ПВД-1:

* типоразмер ПВ-775-265-45
* наружный диаметр спиральных трубок 32 мм
* толщина стенки 4 мм
* число плоскостей навивки одной трубы 2
* длина труб одной спирали 26.69 м
* средний диаметр спирали 0.3 м

3.9. Число часов использования установленной мощности 7200

3.10. Удельные капительные затраты в т/о поверхность (ориентировочно) (25–50) тыс. руб./кв.м

3.11. Удельные капительные затраты в насосы (ориентировочно) (4–5) тыс. руб./кВт

3.12. Стоимость электроэнергии (ориентировочно) 1 руб./(кВт час)

3.13. Подогреватели не имеют выделенных зон ПО и ОД

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Я. Рыжкин; под ред. В.Я. Гиршфельда. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

2. Ромашова О.Ю. Технико-экономический выбор вариантов при малых изменениях в тепловой схеме: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов заочного обучения. – Томск: ТПУ, 1997.

3. Беляев Л.А. Расчет тепловой схемы методом КИМ: методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «ТЭС и АЭС» для студентов заочного обучения / Л.А. Беляев, О.Ю. Ромашова. – Томск: ТПУ, 1997.

4. Исаченко В.П. Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

Задание составил ассистент

Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Кондаков А.А./

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# Введение

Тепловая энергия является крупнейшим источником энергии в мире. На тепловых электростанциях средний прирост тепла увеличивается за счет увеличения воды в нагревательных элементах котлов.

Вода является одним из ключевых компонентов для выработки тепловой энергии. Вода необходима для охлаждения процесса в конденсаторе, удаления золы, отвода тепла, генерируемого во вспомогательных установках, а также для различных других видов использования установки. Для электростанций, расположенных на основной земле, сырая вода обычно берется из источников пресной воды, таких как река, озеро, канал, водохранилище, заграждение. Очищенные сточные воды могут также использоваться в качестве источника сырой воды для электростанций, расположенных рядом с городами. Для электростанций, расположенных в прибрежных районах, вода для охлаждения конденсатора и вспомогательного оборудования берется из моря или ручья, что также обеспечивает потребность в воде системы мокрой обработки золы.

Таким образом, вода играет большую роль в теплоэнергетике. При этом вода является ограниченным ресурсом, что обуславливает актуальность данной темы.

Целью данной работы является определение оптимальной скорости воды в турбоустановке К-210-130.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

* изучить особенности турбоустановки К-210-130 и ее трубного пучка ПВД-1;
* сформулировать качественное описание задачи;
* определить целевую функцию и сформулировать задачу и ее математическое описание;
* выбрать метод оптимизации;
* разработать алгоритм расчета оптимального значения параметра;
* привести расчеты для определения параметров оптимизации.

# 1. Краткая характеристика турбоустановки К-210-130 и трубного пучка ПВД-1

Конденсационная паровая турбина типа К-200-130 без регулируемых отборов пара с одним газовым промежуточным перегревом пара, номинальной мощностью 200000 кВт, с числом оборотов 3000 об/мин предназначена для непосредственного привода генератора переменного тока типа ТГВ-200, мощностью 200000 кВт, монтируемого на общем фундаменте с турбиной.

Турбина представляет собой одновальный трёхцилиндровый агрегат – один однопоточный цилиндр высокого давления (ЦВД) и среднего давления (ЦСД) и один двухпоточный цилиндр низкого давления (ЦНД), с двумя конденсаторами.

Парораспределение турбины дроссельного типа. Пар из парогенератора поступает к четырем стопорным клапанам, которые непосредственно вмонтированы в паропроводы, после чего подводится к четырем регулирующим клапанам, из которых два расположены сверху, а два – по бокам турбины. Из ЦВД пар отводится в промежуточный перегреватель по двум нижним ресиверам 1200 мм. После перегревателя пар по двум боковым ресиверам отводится в цилиндр среднего давления. На ресиверах установлено по 10 линзовых компенсаторов, обеспечивающих необходимую свободу расширения. Пар из ЦСД поступает в ЦНД. Отработавший пар из ЦНД направляется в конденсаторы.

Валопровод турбины К-200-130 состоит из трех роторов – ротора высокого давления (РВД), ротора среднего давления (РСД) и ротора низкого давления (РНД). Каждый ротор опирается на два опорных подшипника, у РВД один из подшипников – опорно-упорный.

Пар, вырабатываемый парогенераторами, поступает к турбине с давлением 134 кгс/см2 и температурой 572°С. Пройдя последовательно стопорные и регулирующие клапаны пар поступает в цилиндр высокого давления. Отработавший в ЦВД пар направляется в пароперегреватель, где перегревается газами парогенератора. Пройдя стопорно-регулирующие заслонки, пар поступает в цилиндр среднего давления, а далее в цилиндр низкого давления. Отработавший в ЦНД пар поступает в конденсатор турбины, где охлаждается и конденсируется. В конденсаторе поддерживается давление 0,034 кгс/см2 (вакуум).

Конденсат из конденсатора конденсатными насосами подаётся через подогреватели низкого давления в деаэратор. После деаэратора питательная вода питательными насосами подаётся через подогреватели высокого давления в парогенераторы с температурой 240°С.

# 1. Постановка задачи, определение целевой функции и выбор метода оптимизации

1. Постановка задачи Для поверхностного регенеративного подогревателя питательной воды известной конструкции найти оптимальную скорость воды ω в пучке труб, выбрав в качестве критерия эффективности изменение приведенных расчетных затрат δЗ в турбоустановку по сравнению с «базовым» вариантом. 2. Качественное описание задачи С одной стороны, скорость воды ω влияет на теплоотдачу со стороны нагреваемой среды α2 и, следовательно, на коэффициент теплопередачи k и площадь теплообменной поверхности F . Площадь поверхности, в свою очередь, определяет капиталовложения в подогреватель. С увеличением скорости интенсивность теплообмена со стороны нагреваемой среды растет, уменьшается площадь теплообмена и соответственно снижаются капиталовложения в подогреватель. С другой стороны, от скорости воды зависит гидравлическое сопротивление пучка труб теплообменной поверхности ΔPв и, следовательно, затраты мощности N на прокачивание воды насосом, что отражается на эксплуатационных издержках U турбоустановки. С увеличением скорости издержки U растут. Оптимальная скорость воды может быть выбрана из техникоэкономических расчетов. В качестве критерия эффективности рекомендуется принять экономию приведенных расчетных затрат относительно «базового» варианта. При этом входные и выходные параметры теплоносителей (расход воды Gв , температура воды на входе в1 t и выходе в2 t ) считаются заданными и не меняются при изменении скорости воды. Оптимизацию рекомендуется проводить при постоянном диаметре трубок, варьируя площадь поверхности за счет изменения их длины. Выбор «базового» варианта произволен, например, за «базовый» можно принять вариант при минимальном значении скорости воды из допустимого диапазона скоростей. 3. Математическое описание Изменение приведенных расчетных затрат по сравнению с базовым вариантом 188 δЗ = (Ен + Ра )⋅ δК + δU , где δК – изменение капитальных затрат в турбоустановку в связи с изменением скорости воды в теплообменнике; δU – изменение эксплутационных издержек в турбоустановку. С достаточной точностью изменение капзатрат в турбоустановку можно принять равным сумме К К1 К2 δ = δ + δ , где К1 δ – изменение капиталовложений в поверхность нагрева подогревателя; К2 δ – изменение капиталовложений в насосную установку. Изменение капвложений в поверхность нагрева подогревателя по сравнению с базовым вариантом δK = ⋅ k ⋅δ F п п 25 уд 1 , , где 1 0 δ F = F − F – изменение поверхности нагрева при изменении скорости воды в трубках; п уд k – удельные капиталовложения в 1 м 2 поверхности, р./м 2 ; может быть оценена в соответствии с данными приложения 2 [2]. Изменение капиталовложений в насосную установку н н н 25 уд δK =1, ⋅ k ⋅ δ N , где н уд k – удельная стоимость насосной установки, р./кВт; может быть оценена в соответствии с данными приложения 7 [2]. Тепловая нагрузка подогревателя ( ) в в2 в1 Q G c t t = ⋅ p ⋅ − . Площади теплообменной поверхности подогревателя в текущем (F1 ) и базовом (F0 ) вариантах рассчитываются из уравнения теплопередачи срл Q = K ⋅ F ⋅Δt . Коэффициент теплопередачи через чистую поверхность для тонкостенных труб ст 2 ст 1 1 1 1 α + λ δ + α K = . При этом коэффициенты теплоотдачи α1 и α2 можно определить с помощью функций и процедур из модулей PWDmod.tpu или PNDmod.tpu (п.4).

# 2. Качественное описание задачи

# 3. Математическое описание задачи

# 4. Алгоритм расчета оптимального значения параметра

# 5. Пример расчета для одного значения оптимизируемого параметра

# 6. Выводы и заключения по проделанной работе