



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Выпускная квалификационная работа магистра

«Стендовые исследования влияния кратности охлаждения на переохлаждение конденсата в дефлегматорах паротурбинных воздухоохлаждаемых установок»

Выполнил: студент гр. 3241303/90201
К.А. Пиличев

Руководитель: доцент, к.т.н.
В.А. Суханов

1. Электростанция Мауа, Бразилия
2. Электростанция Colusa, Калифорния(США)
3. Электростанция Goreway, Онтарио (Канада)
4. Электростанция Scandale, Великобритания



Рисунок 1 Brunswick Country Power Station, Северная Каролина (США)



Рисунок 2 Воздухоохлаждаемые конденсаторы, установленные на электростанции в Северной Каролине



Рисунок 3 Стенд НПВП «Турбокон»

В результате проведенных исследований было установлено три факта:

1) коэффициент теплопередачи, при данной конфигурации стенда, не превышает $17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

2) теплообменные модули из 78 оребренных труб, работают с разной тепловой нагрузкой;

3) при проведении испытаний при отрицательных температурах окружающей среды часть теплообменных труб, расположенных в первых рядах трубного пучка на входе холодного воздуха, разрушена из-за замерзания внутри них конденсата.

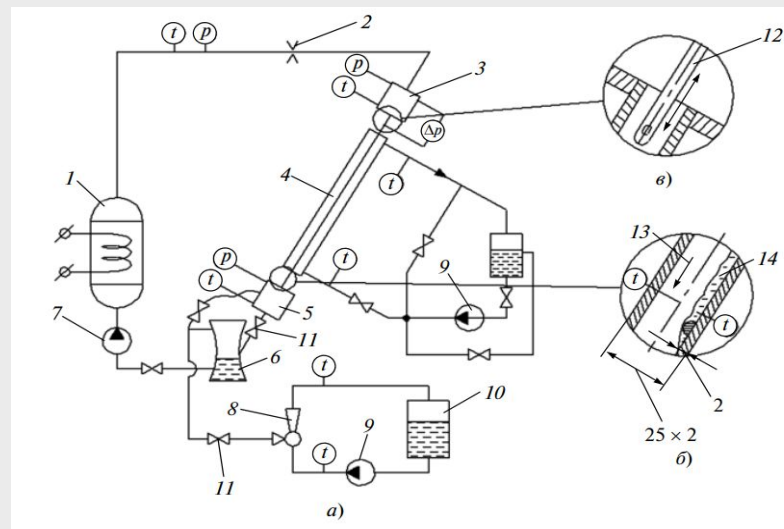


Рисунок 4 Схема стенда НПВП «Турбокон», для исследования рабочего процесса в отдельно взятой трубке

В результате работ на данном стенде были сделаны выводы, что потери давления, конденсирующего пара при противотоке всегда больше чем при прямотоке, что при конденсации перегретый пар остается перегретым по всей длине трубы, если паросодержание на выходе из трубы $x > 0$.

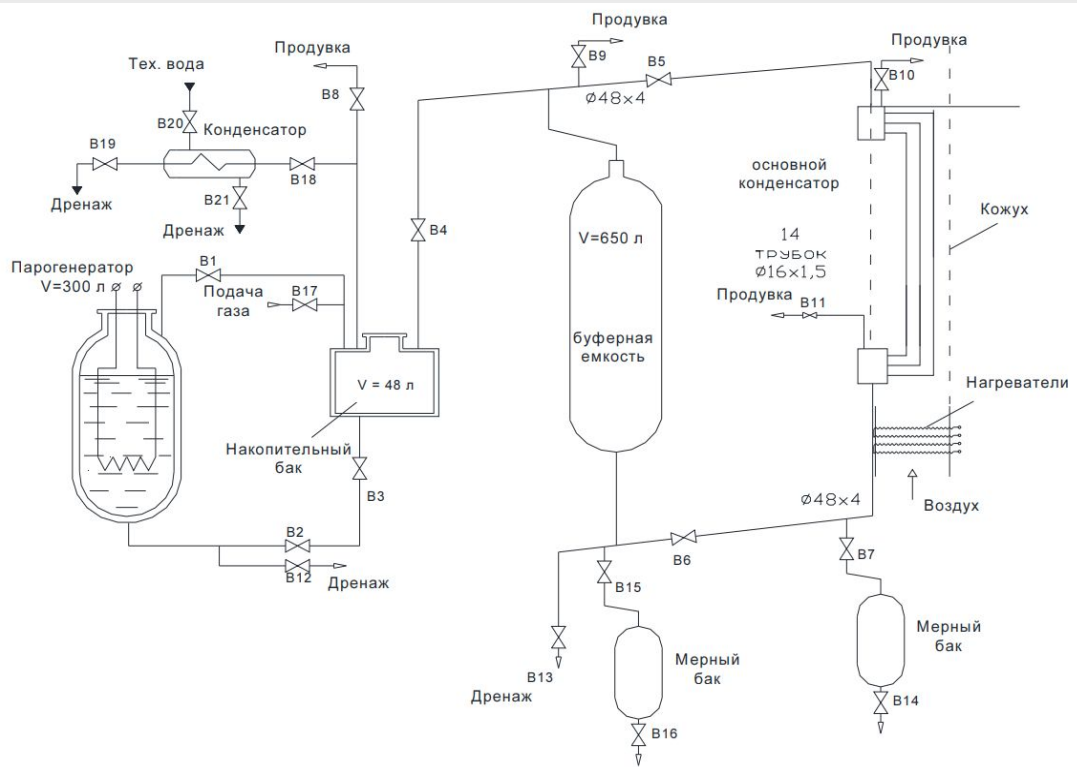


Рисунок 5 Схема стенда БК в институте А.И. Лейпунского

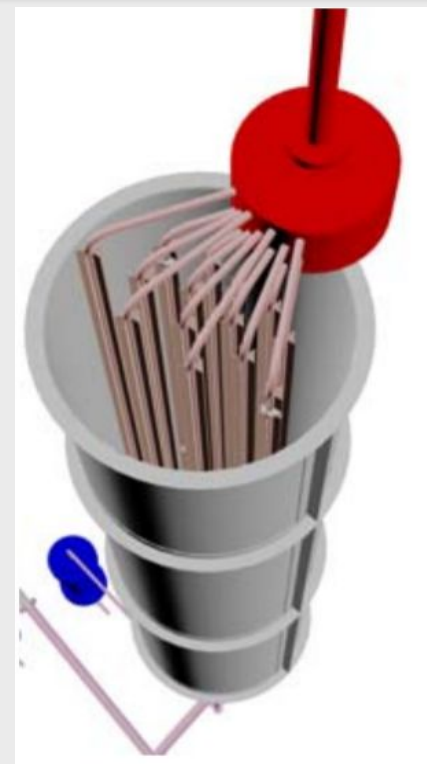


Рисунок 6 Теплообменник стенда в институте А.И.Лейпунского

Результаты экспериментов на данном стенде показали, что использование оребрения теплообменных труб приводит к увеличению мощности установки примерно на 30%.



Рисунок 7 Стенд в Лас-Вегасе



Рисунок 8 Вариант исполнения трубных модулей без оребрения

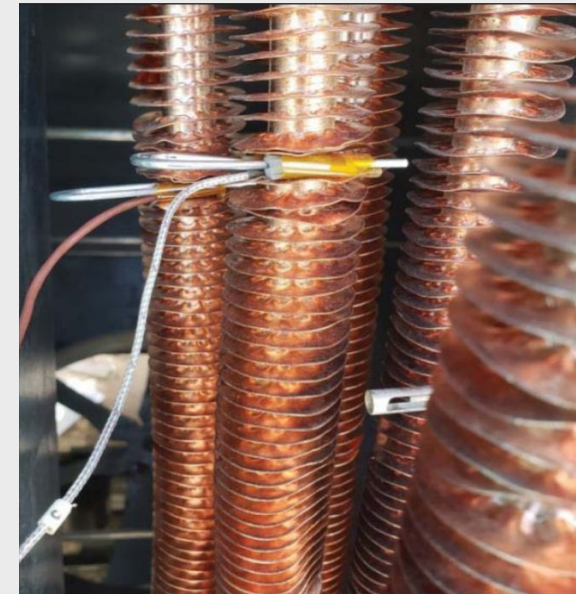


Рисунок 9 Вариант исполнения трубных модулей с оребрением

По результатам исследований было определено, что:

- Температура окружающей среды играет значительную роль в конечной температуре конденсата на всех числах оборотов вентилятора, в основном при малых расходах воздуха;
- Во всех испытаниях коэффициент теплопередачи летом была больше, чем зимой;
- При снижении частоты вращения роторной части вентилятора увеличивается коэффициент теплопередачи, который значительно ниже для не оребренных трубок.

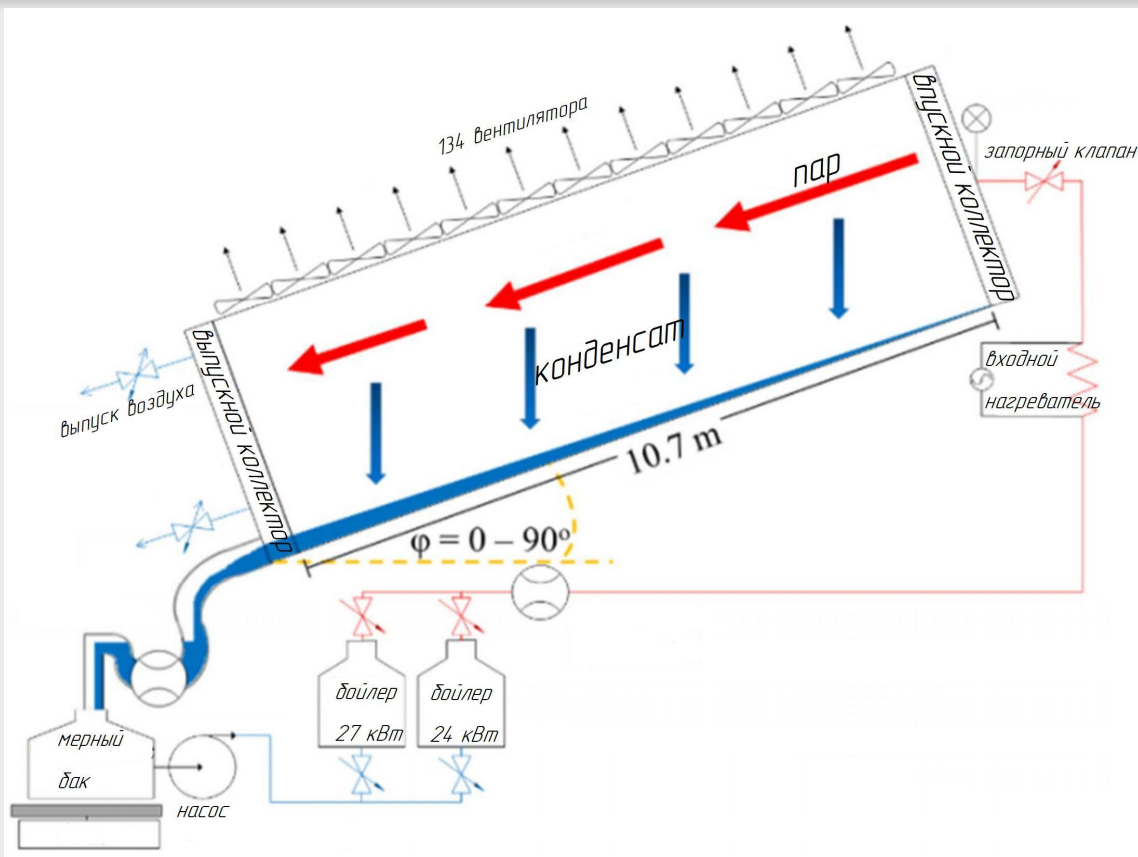


Рисунок 10 Схема стенда в Иллинойском университете

Благодаря экспериментам, проведенным на данном стенде установлено, что локальное значение коэффициента теплопередачи конденсатора уменьшается по длине трубки из-за увеличения толщины слоя конденсата.

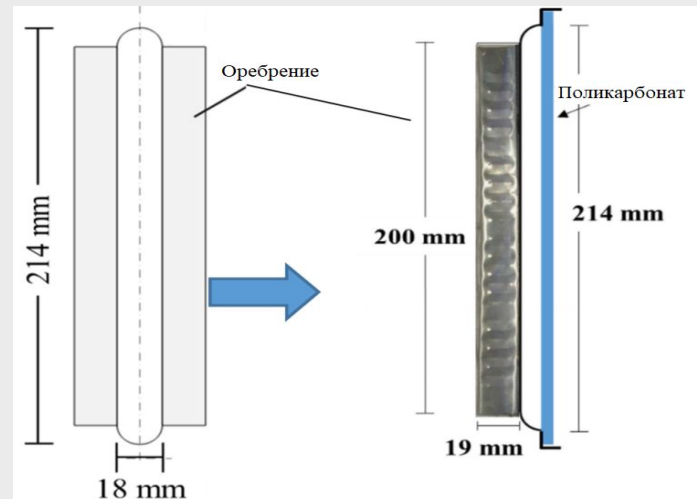


Рисунок 11 Поперечный разрез трубки, применяемой на стенде в Иллинойском университете

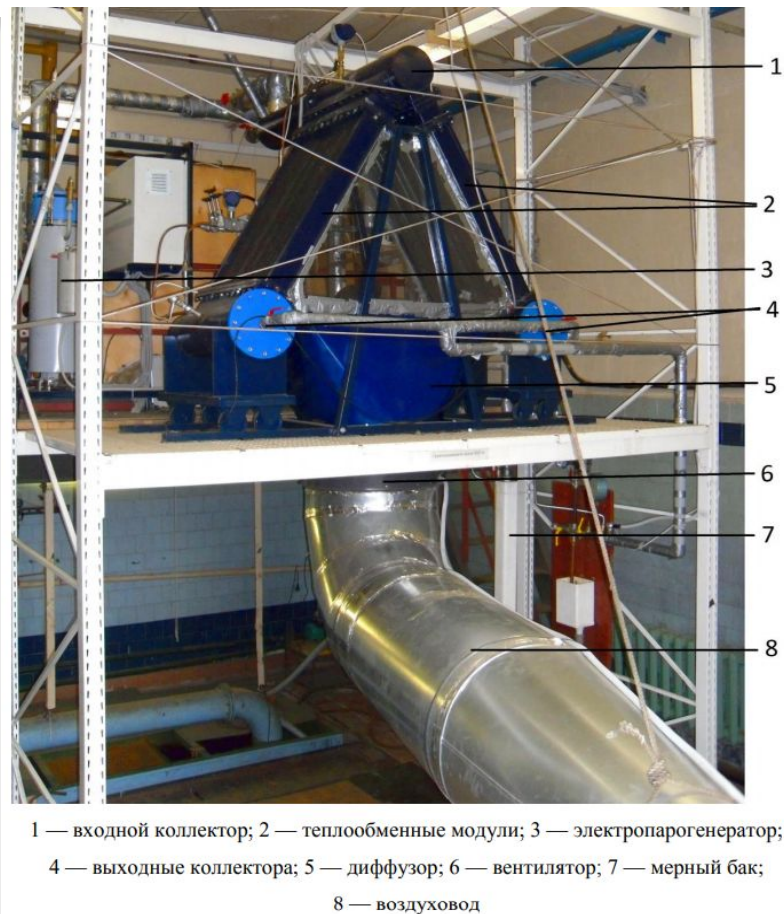


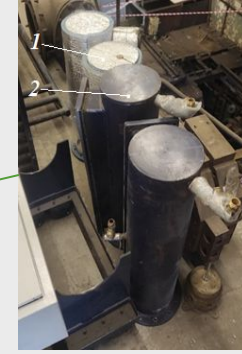
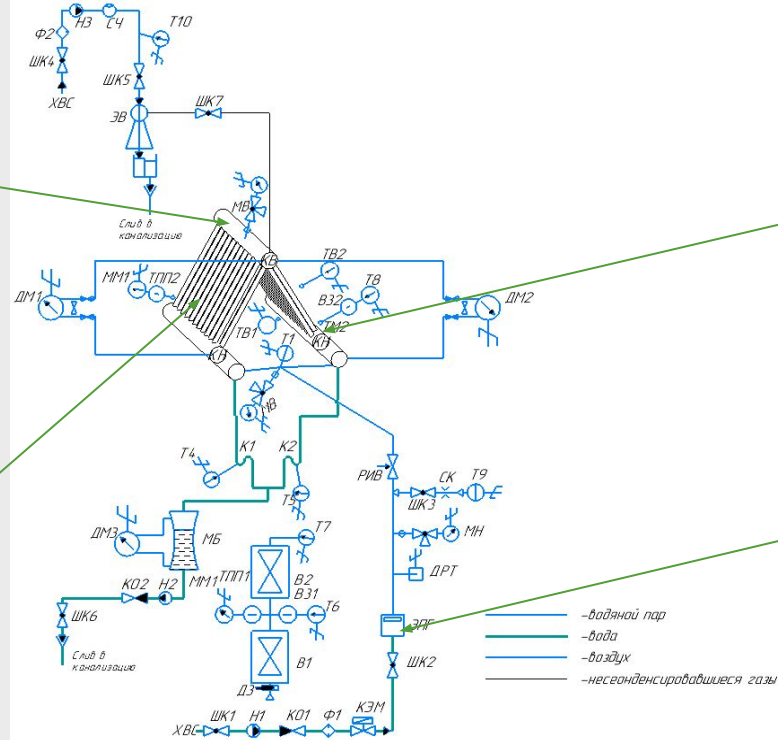
Рисунок 12 Стенд ВК СПБПУ

На основании результатов экспериментов, проводимых на данном стенде, было определено влияние режимных параметров на переохлаждение конденсата и даны рекомендации к практическому использованию, по диапазонам изменения кратности охлаждения.

Цель работы: определение опытным путем влияния кратности охлаждения на величину переохлаждения конденсата в дефлегматорах паротурбинных воздухоохлаждаемых конденсаторов.

Задачи исследования:

- изучить принципиальную и измерительную схемы кафедрального многофункционального научного стенда «Паротурбинный воздухоохлаждаемый конденсатор», а также комплекс методик, обеспечивающих управление работой данного стенда;
- разработать методики проведения эксперимента, обработки опытных данных и анализа полученных результатов;
- провести опыты и выполнить анализ полученных результатов.



КВ — коллектор верхний; КН1, 2 — коллекторы нижние;
 ТМ1, 2 — теплообменные модули; Н1—3 — насосы; ШК1 — 7 — шаровые краны; КО1, 2 — клапаны обратные;
 Ф1, 2 — фильтры; КЭМ— кран электромагнитный; ЭПГ — электропарогенератор; ДРТ— датчик—реле температуры; РИВ
 — регулирующий (игольчатый) вентиль; СК — сопло калиброванное; МБ — мерный бак; К1, 2 — колена; СЧ — счетчик
 количества воды; МН— манометр; МВ — мановакуумметр;
 ДМ1 – 3 — дифференциальные манометры; ММ1, 2 — микроманометры; Т1 — 10 — термометры; ТВ1, 2 — тепловизоры;
 ТПП1, 2 — трубки Пито — Прандтля; В31, 2 — воздушные зонды;
 ЭВ — эжектор водоструйный; В1, 2 — вентиляторы; ДЗ — дроссельная заслонка; ХВС — холодное водоснабжение

Рисунок 13 – Схема многофункционального лабораторного стенда ВК СПБПУ

Методика проведения эксперимента:

- Методика проверки герметичности трактов ВКУ, находящихся под разряжением;
- Методика определения расхода пара, поступающего в ВК;
- Методика определения расхода охлаждающего воздуха в воздуховоде;
- Методика проведения экспериментального исследования;
- Методика слива конденсата из мерного бака;
- Методика извлечения данных из самописца.

Методика обработки результатов экспериментальных исследований:

- Методика определения величины переохлаждения конденсата;
- Методика определения расхода водяного пара;
- Методика определения расхода охлаждающего воздуха;
- Методика определения кратности охлаждения.

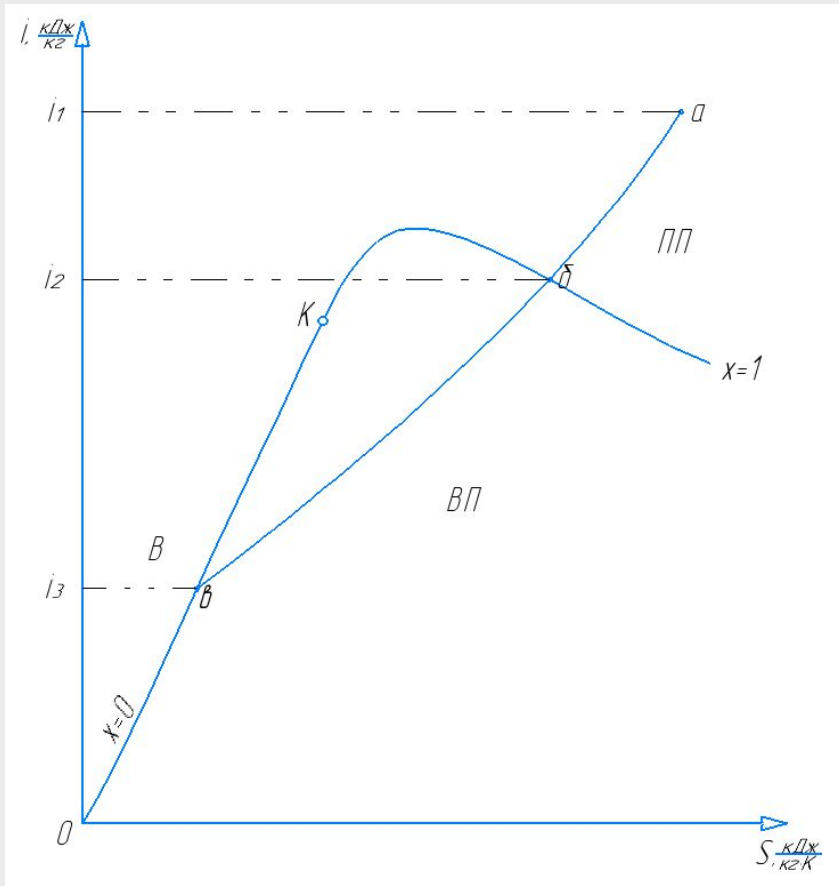


Рисунок 14 – Схема процесса конденсации пара в ВК, которая может быть получена на i - s -диаграмме воды и водяного пара

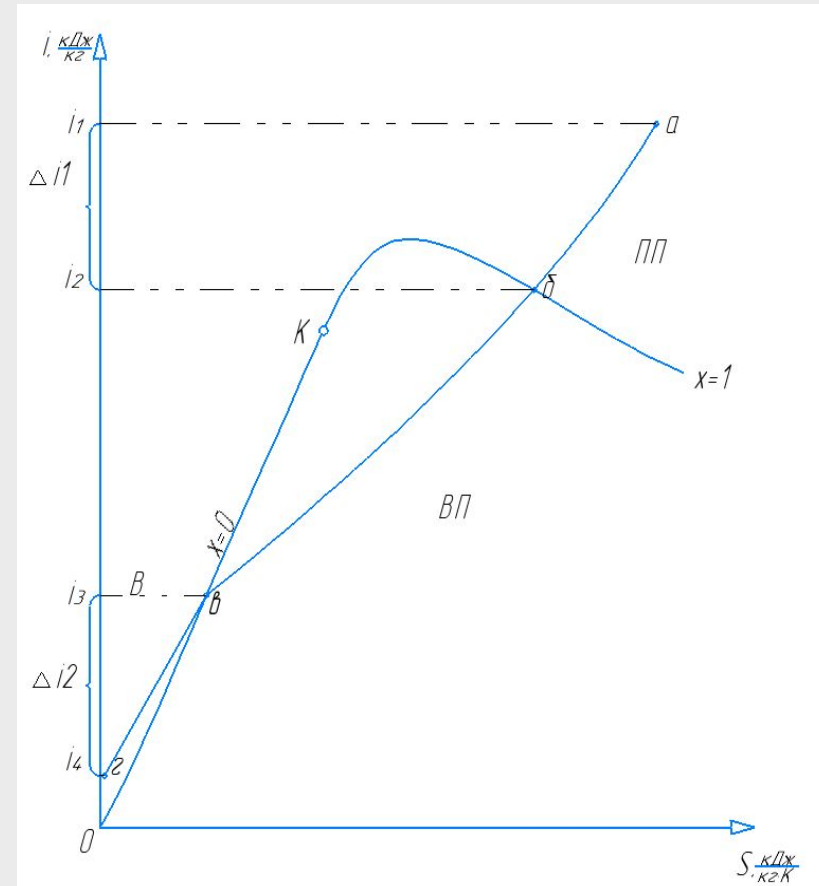
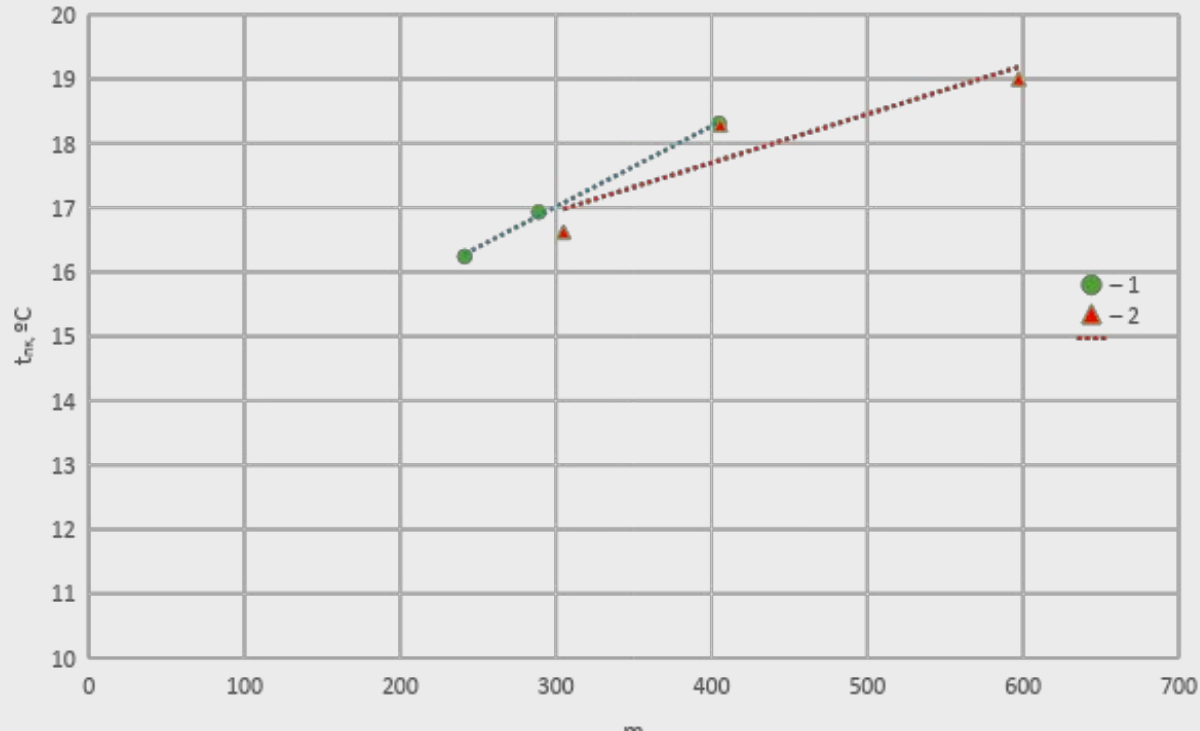


Рисунок 15 – Схема, иллюстрирующая методику определения переохлаждения конденсата на i - s -диаграмме воды и водяного пара



Экспериментальные точки, соответствующие температурам охлаждающего воздуха

на входе в ВК: 1 – от 5,6 до 7,3; 2 – от 10,5 до 13,2

Рисунок 16 — Зависимость переохлаждения конденсата от кратности охлаждения на входе в ВК для второй ступени

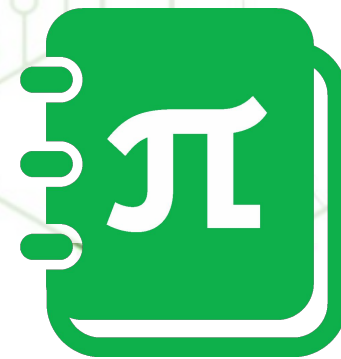
В рамках данной работы решен следующий комплекс задач:

- проведен достаточно полный обзор работ, посвященных стендовым исследованиям ВК;
- рассмотрены принципиальная схема и конструкция дефлегматора ВК, расположенного в СПбПУ;
- разработаны методики обработки полученных результатов, для определения влияния кратности охлаждения на переохлаждение конденсата в дефлегматорах паротурбинных ВК;
- определен перечень экспериментальных режимов, проводимых на стенде;
- проведены экспериментальные исследования для снятия необходимых параметров;
- на основании результатов экспериментальных исследований определена зависимость влияния кратности охлаждения на переохлаждение конденсата в дефлегматорах паротурбинных установок.



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



Спасибо за внимание!