



Министерство науки и высшего образования РФ
«Брянский государственный технический университет»
Кафедра «Турбиностроение»

Выпускная квалификационная работа

на тему:

«Спроектировать паровую турбину мощностью 28 МВт для работы в составе ПГУ»

Студент группы: О-18-ЭМ-т-Б

Журавлева Д.А.

Руководитель работы:

доц. Шкодин В.М.

Брянск 2022

Состав и преимущества ПГУ-93

- Преимущества ПГУ-93:

- 1) снижение удельного расхода топлива, что приводит к снижению эксплуатационных затрат на топливо;

- 2) большое увеличение КПД ПГУ-93 по сравнению с турбинами такого же класса мощности.

- Для обеспечения достаточного уровня экономичности ПГУ-93, в качестве прототипа паровой части, было решено выбрать стационарную паротурбинную установку производства КТЗ, которая предназначена для привода электрического генератора переменного тока. В конструкции турбины предусмотрены четыре нерегулируемых отбора на регенеративный подогрев питательной воды.

- Газовая часть ПГУ-93 представлена современной стационарной газотурбинной установкой среднего класса мощности ГТЭ-65.

Краткое описание конструкции турбины типа К-28-3,4.

Начальные параметры.

Параметры ПТУ

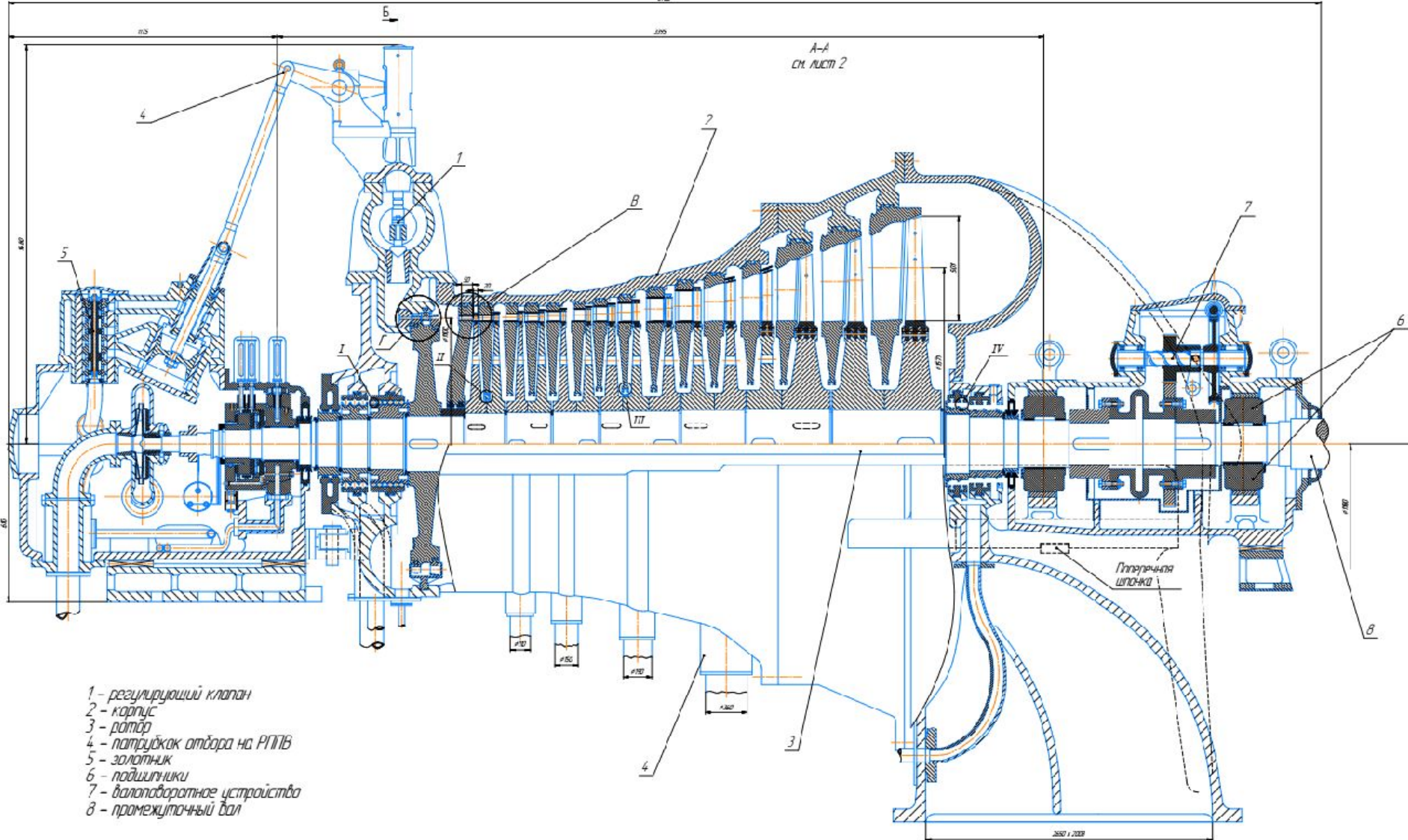
Номинальная мощность турбины $N_{ном} = 28,000$ МВт;
Начальное давление пара $p_0 = 3,400$ МПа;
Начальная температура пара $T_0 = 725,000$ К;
Конечное давление пара $p_k = 6,000$ кПа;

Удельные расходы:

- пара $d = 1,102 \cdot 10^3$ кг/кДж;
- тепла $q = 2,929$ кДж/кДж;
- топлива $b = 0,999 \cdot 10^3$ кг/кДж;

Относительный внутренний к.п.д. турбины $\eta_{oi} = 0,865$.

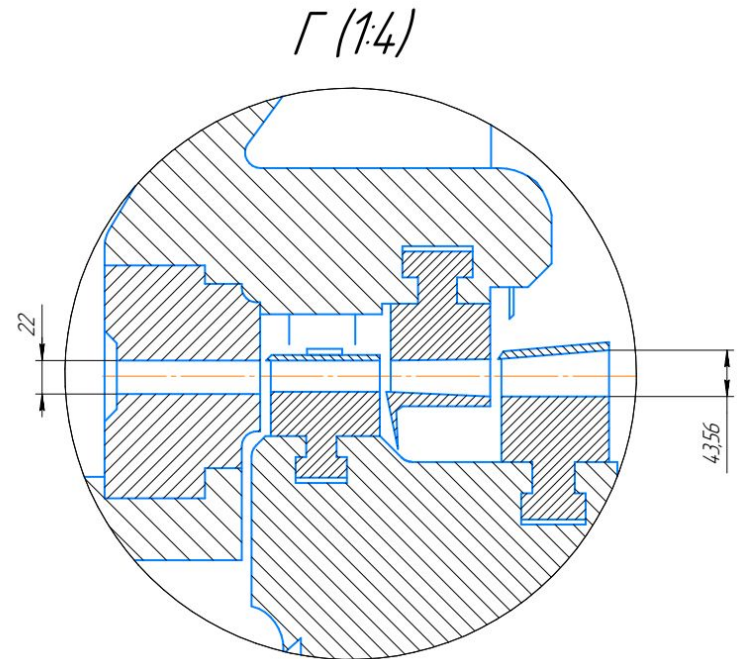
- Паровая турбина типа К-28-3,4 предназначена для привода генератора электрического тока мощностью 28 МВт. Частота вращения ротора совпадает со стандартной частотой генератора и равна 50 Гц.
- Турбина одноцилиндровая и одновальная. Проточная часть включает двухвенечную ступень скорости, используемую в качестве регулирующей, а также 15 ступеней давления.
- Отборы пара на РППВ предусмотрены за 2, 6, 9 и 11 ступенями.
- Рабочие лопатки всех ступеней имеют бандаж, кроме последних трех.



- 1 - регулирующий клапан
- 2 - корпус
- 3 - ролик
- 4 - патрубком отбора на РПТВ
- 5 - золотник
- 6 - подшипники
- 7 - валопорядочное устройство
- 8 - промежуточный вал

Регулирующая двухвенечная ступень

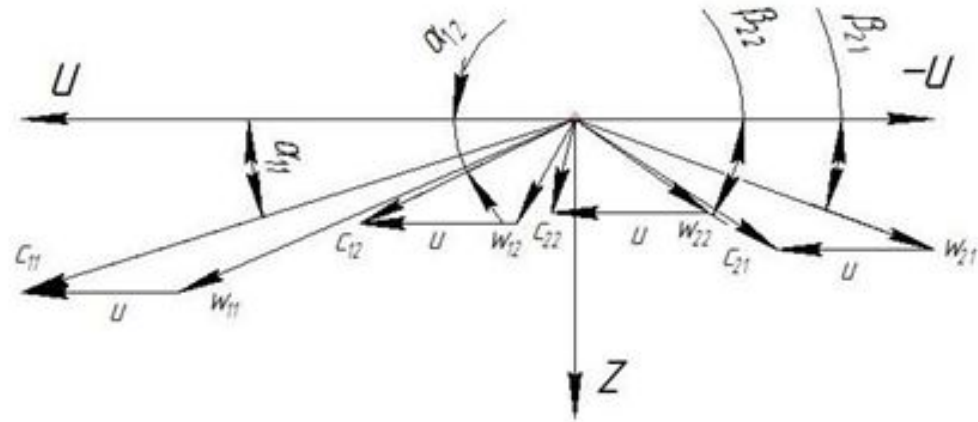
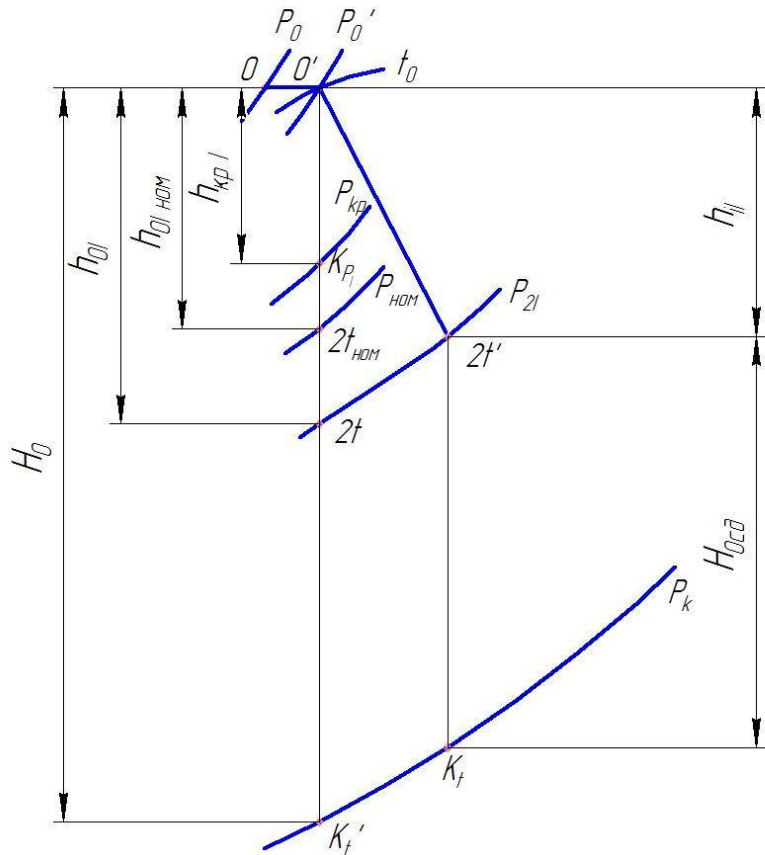
В турбиностроении широко распространены два типа двухвенечных ступеней скорости: КС-А и КС-Б. Применяем для нашей турбины группу КС-Б, которая имеет проточную часть более сложной конструкции, чем группа КС-А: периферийные и корневые обводы проточной части выполняются коническими, осевые и радиальные зазоры между ротором и статором снабжены развитой системой осевых и радиальных уплотнений. В силу этого двухвенечные ступени КС-Б обладают более высокой экономичностью, при том незначительно изменяющуюся при переменных режимах работы, но они менее технологичные и более дорогие. Поэтому применение их предпочтительно для турбин мощностью свыше 12000 кВт.



Регулирующая ступень

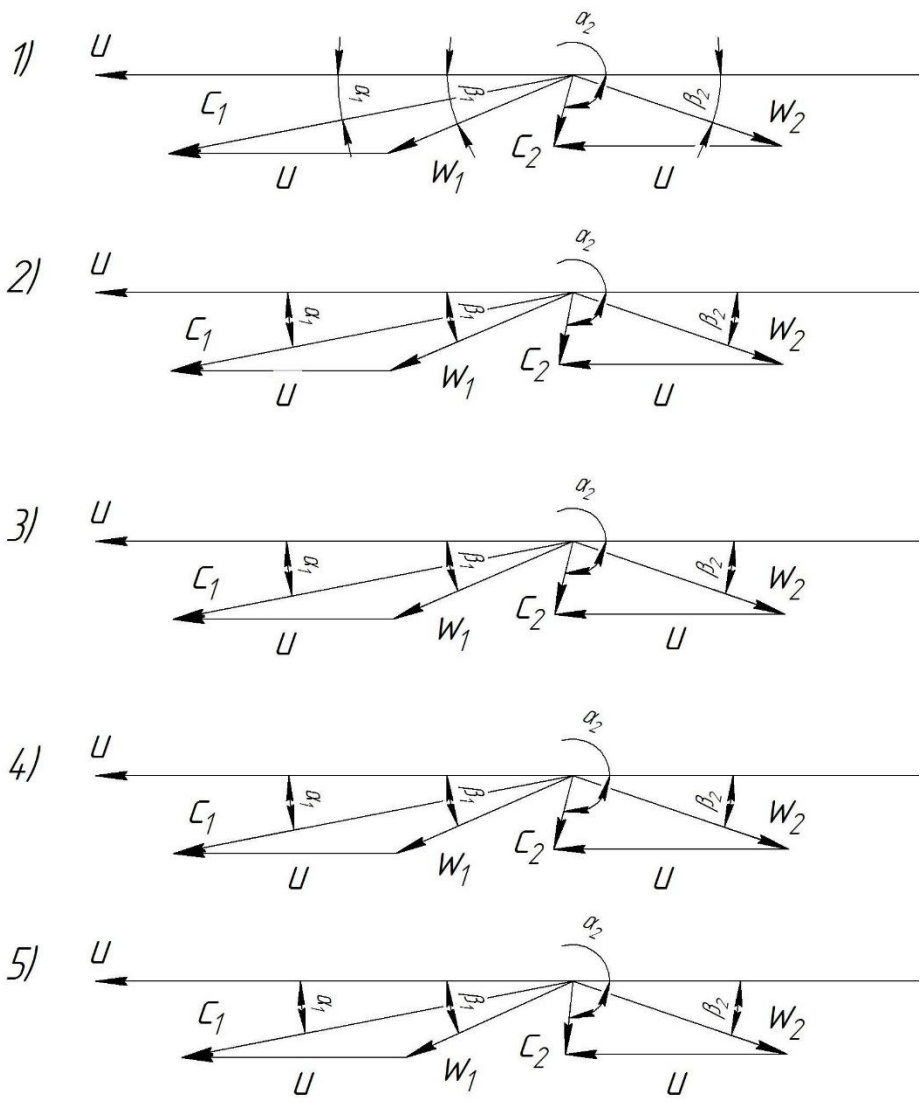
Регулирующая двухвенечная ступень

Тепловой процесс регулирующей ступени и треугольники скоростей двухвенечной ступени скорости – масштаб 1мм – 10 м/с

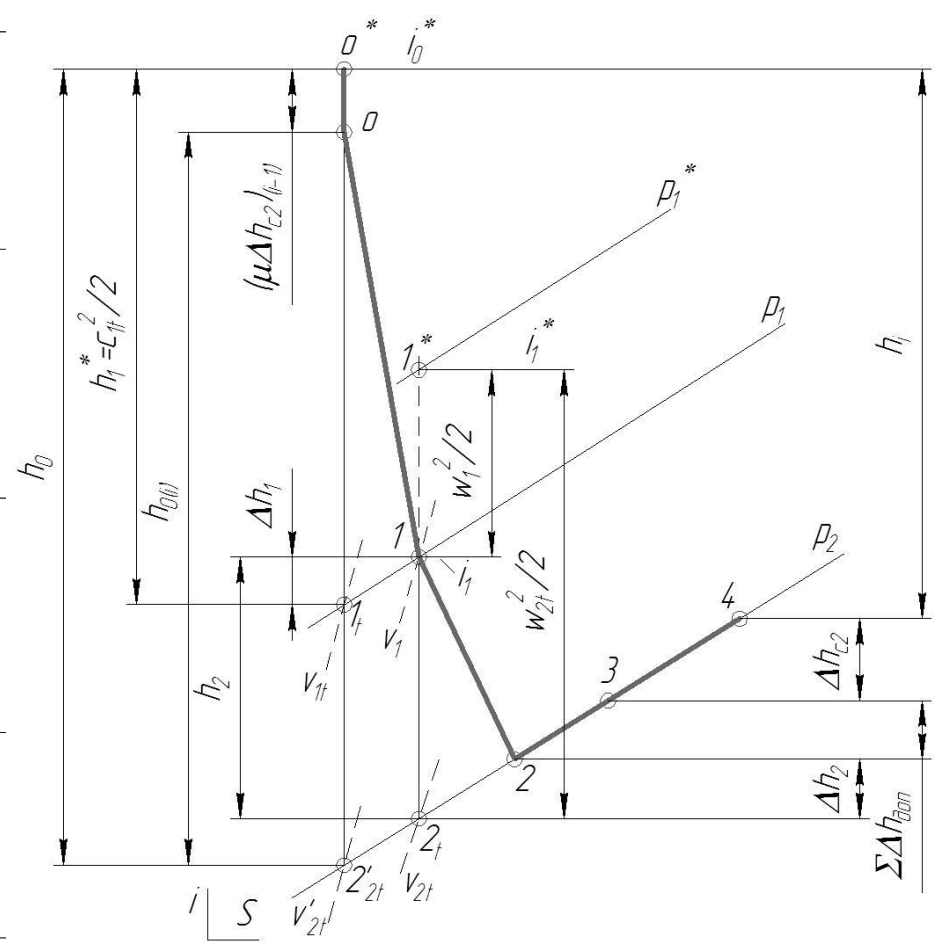


Нерегулируемые ступени

- Основной задачей проектирования первой и последних нерегулируемых ступеней высокого давления является обеспечение достаточной высоты направляющих лопаток, при которых достигается наибольшая экономичность.
- Число нерегулируемых ступеней давления и распределение теплового перепада между ними проводится графо–аналитическим методом и зависит главным образом от величины срабатываемого в них общего теплового перепада . В нашем случае число ступеней ПТ типа К-28-3,4 равно 15.
- Детальный тепловой расчет нерегулируемых ступеней выполняется последовательно ступень за ступенью, начиная с первой. Он состоит из трех основных этапов для каждой нерегулируемой ступени: расчет направляющих лопаток, расчет рабочих лопаток и определение потерь энергии, относительного внутреннего к.п.д. и внутренней мощности ступени. Только после того, как определены все конструктивные и режимные параметры, установлена приемлемость их значений, построен эскиз проточной части первой ступени и найдены параметры пара за ней, можно приступить к расчету второй ступени и т.д.



Треугольники скоростей 5 ступеней давления
 Масштаб: в 1 мм 5 м/с.



Тепловой процесс турбинной ступени давления в $i-s$ диаграмме

Исследовательская часть работы

- Перспективным направлением в развитии энергетики является использование паровых турбин в комбинированной выработке электрической и тепловой энергии. В рабочем процессе этих турбин важнейшая роль отводится околоотборным отсекам.
- Отбор потока пара из проточной части турбины сказывается на работе примыкающих к камере отбора ступеней, что обусловлено возникновением окружной и радиальной неравномерности параметров потока в проточной части турбины, сложным характером течения в межбойменном зазоре и в самой камере отбора. Это влечет за собой повышение потерь энергии в камере, оказывает влияние на работу ступеней, снижая их экономичность и вибрационную надежность.
- В специальной части данной выпускной квалификационной работы произведено исследование камеры производственного отбора турбины типа К-28-3,4, направленное на изучение неравномерности потока, возникающего в местах отбора пара. Такая неравномерность снижает КПД послеотборных ступеней.

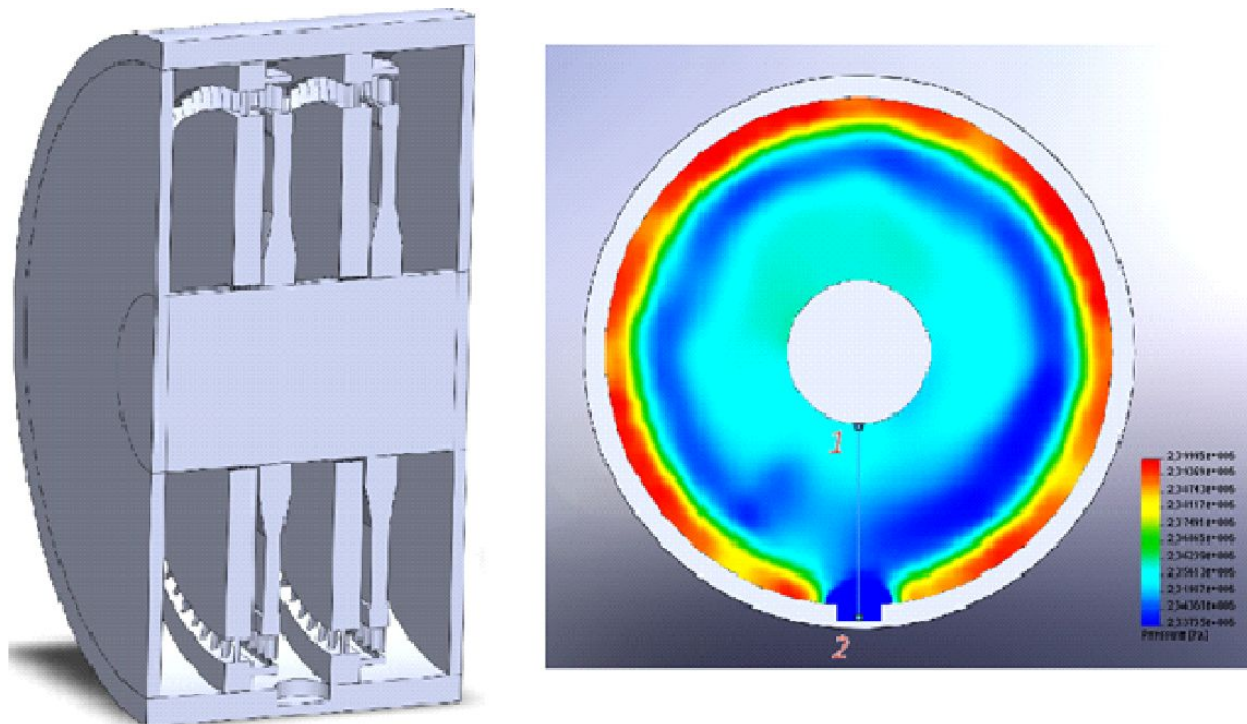


Рис. 3.2.1. Упрощенная модель камеры отбора до модернизации и течение рабочего тела в камере нерегулируемого отбора

На рисунке 3.2.1 видно, что отбор рабочего тела приводит к неравномерности поля давлений потока по высоте соплового аппарата послеотборной ступени. Это сказывается на ее относительном внутреннем КПД ступени, т.к. наличие вихревых потоков ведет к увеличению потерь и снижению полезного теплоперепада в ступени, и в турбине в целом.

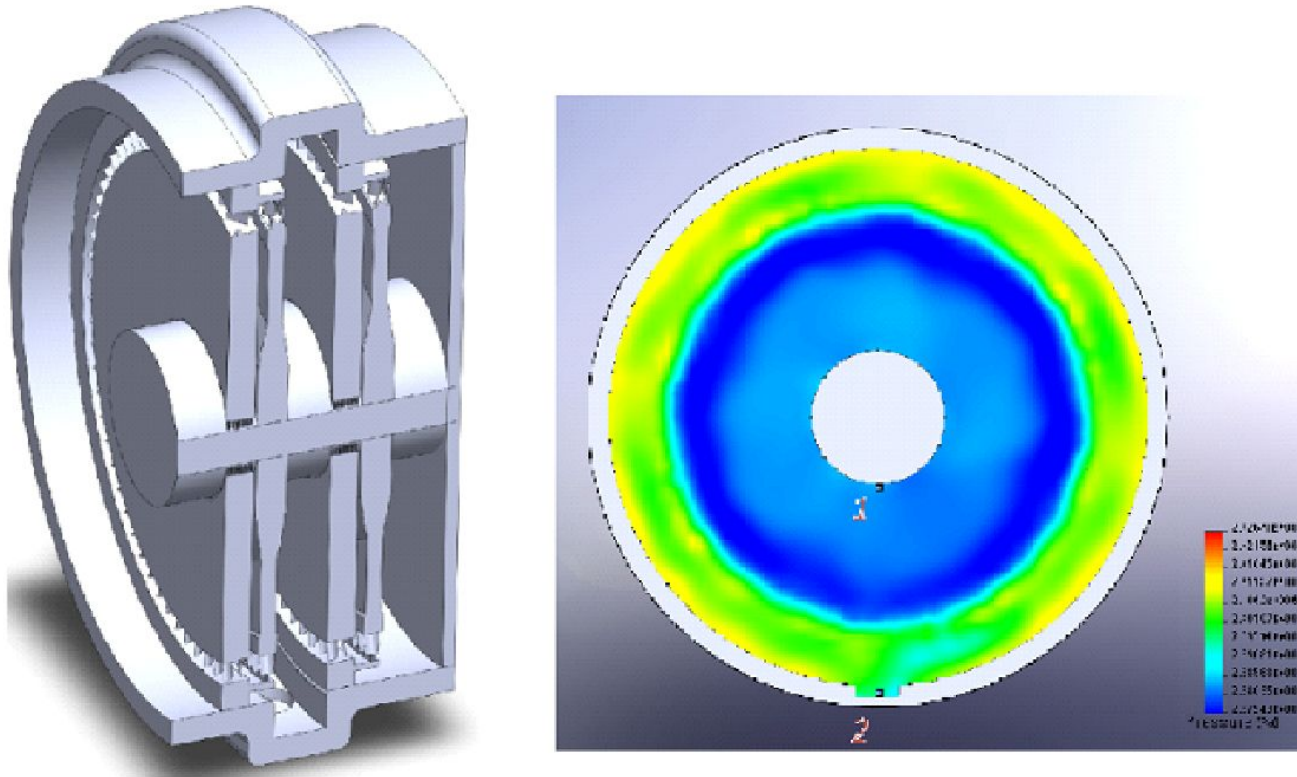
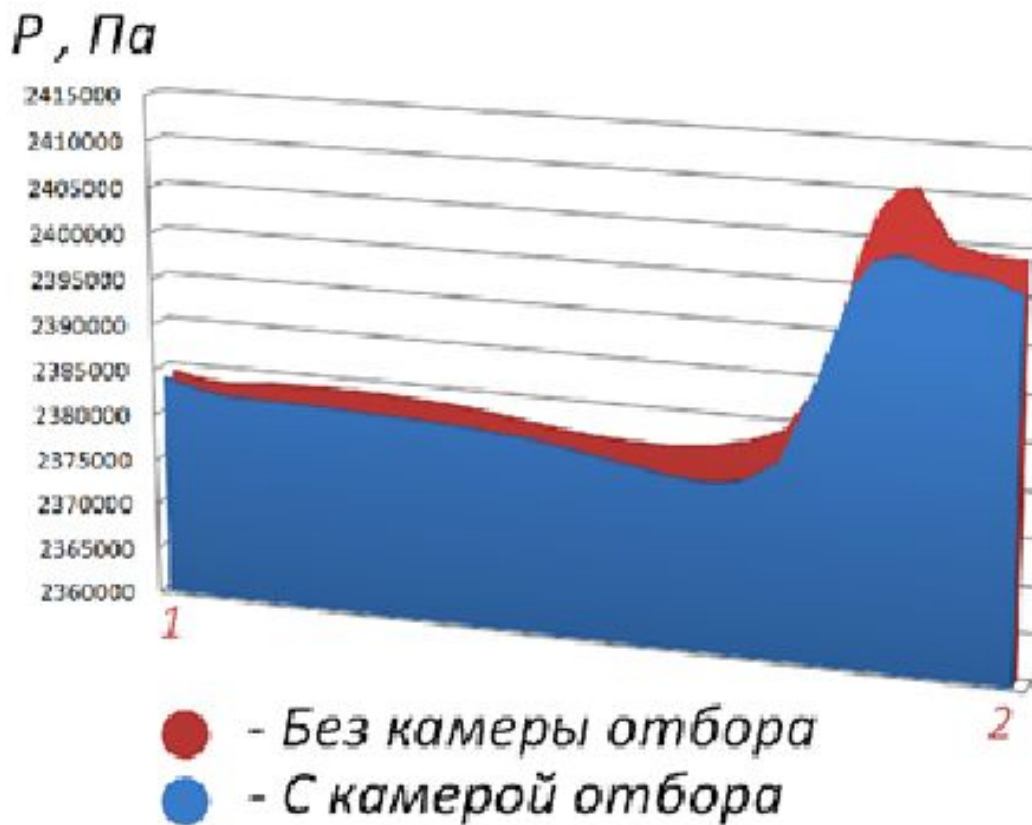


Рис. 3.2.2. Упрощенная модель камеры отбора после модернизации и распределение поля давлений рабочего тела перед сопловой решеткой послеотборной ступени с применением кольцевой камеры отбора

В качестве альтернативы было предложено спроектировать отсеки отбора с кольцевыми камерами в промежутке околоторных ступеней. На рисунке 3.2.2. показаны отсеки отбора рабочего тела после внедрения кольцевой камеры отбора. Конструкция отборного отсека с кольцевой камерой позволяет выровнять поле давлений перед сопловыми лопатками. Таким образом, снижается коэффициент дополнительных потерь в ступени. **и протечки рабочего тела через периферийные зазоры.**



По графику 3.2.3 можно оценить на сколько уменьшается давление перед сопловым аппаратом послеотборной ступени. Красным цветом на графике изображено поле давлений до модернизации, синим- после внедрения кольцевой камеры отбора. Выступ на красном графике показывает давление рабочего тела в зоне соплового аппарата. Следует отметить так же, что выравнивание поля давлений рабочего тела приводит к уменьшению вибрации лопаток, что повышает надежность турбины. Также снижение вибрации позволяет понизить уровень шума в машинном зале.

Заключение

- В данной выпускной квалификационной работе спроектирована турбина типа К-28-3,4 для работы в составе ПГУ-93.
- Дано технико-экономическое обоснование параметрам установки, произведены необходимые расчеты (тепловой, прочностной) и определены напряжения в основных узлах и деталях, разработаны продольный и поперечный разрезы.
- В исследовательской части рассмотрено влияние конструкции камер отборов на работу послеотборных ступеней, выполнено и проанализировано математическое моделирование потока в камерах отбора (КПД турбины после модернизации составил - 0,864 , повышение КПД турбины - 0,032). Произведен расчет экономического эффекта от внедрения кольцевой камеры отбора, который составил:

$$\mathcal{E} = \Delta b_m \cdot N_m \cdot t \cdot C_m = 0,0054 \cdot 28000 \cdot 5000 \cdot 13,65 = 10,3194 \frac{\text{млн. руб}}{\text{год}}$$

Здесь N_m - мощность турбины, t – число часов работы в году, C_m – цена 1 кг условного топлива.

**Спасибо за
внимание!**