



---

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

---

**Выпускная квалификационная работа**

на тему:

**«Спроектировать усовершенствованную газотурбинную  
установку номинальной мощностью  $N_e$  25 МВт для  
привода нагнетателя природного газа»**

Студент группы 3-19-ЭМ-гагс-М

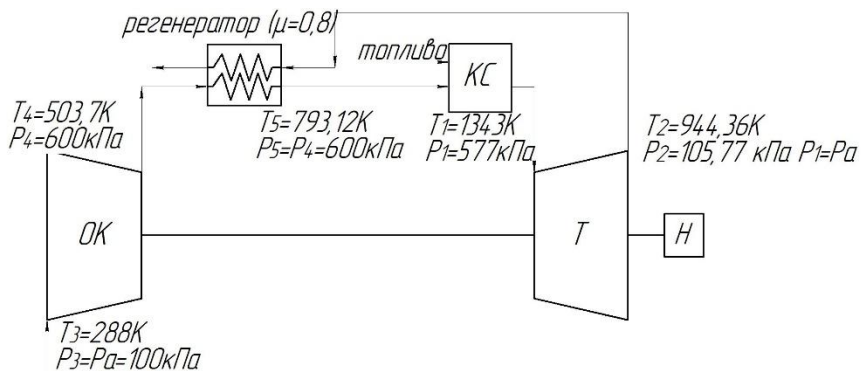
Дядищев Р.О.

Руководитель работы:

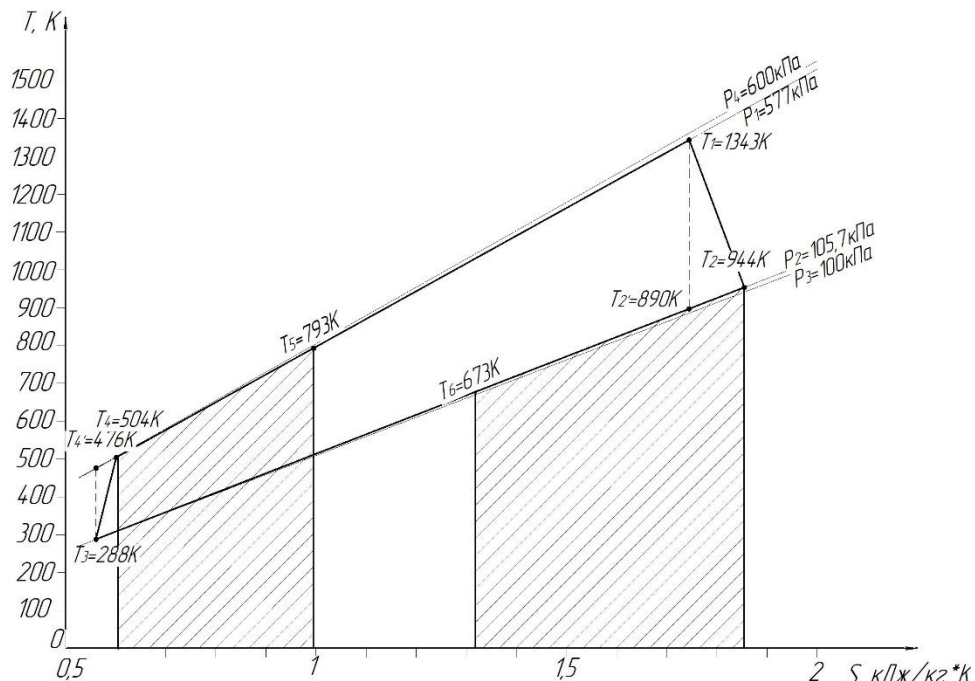
к.т.н., доц. Осипов А.В.

**Брянск 2022**

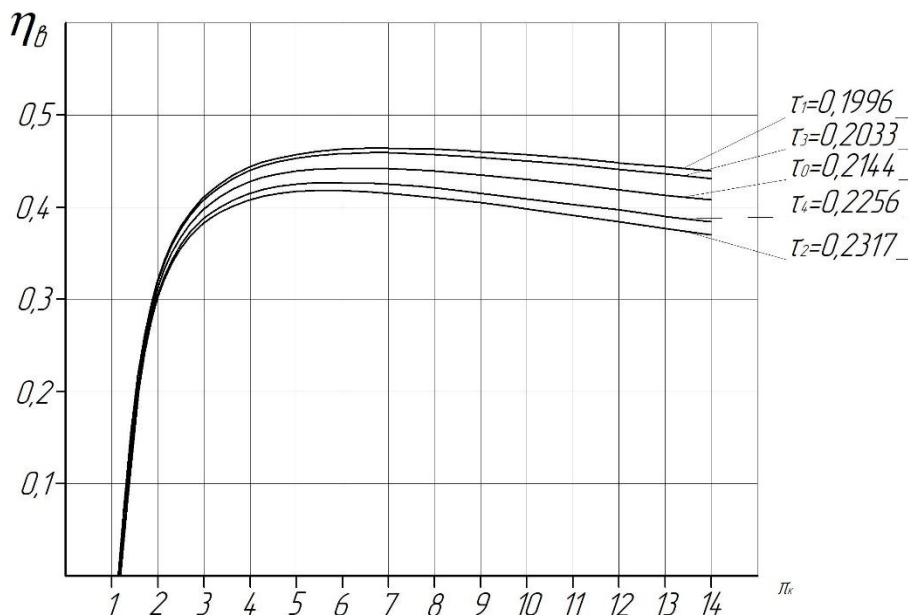
# Тепловая схема



Принципиальная схема ГТУ с регенератором



Цикл ГТУ с регенерацией тепла уходящих газов (степень регенерации  $\mu = 0,8$ )



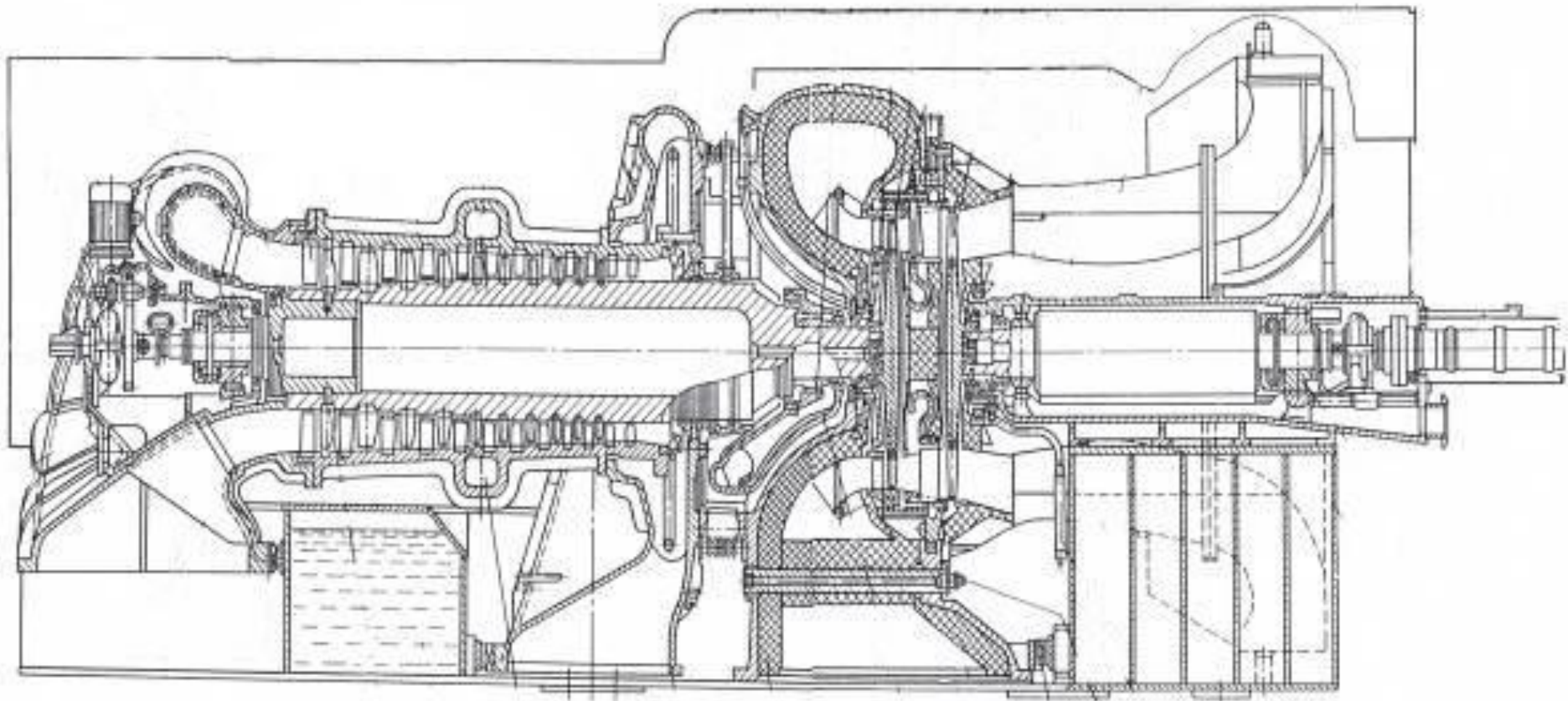
Зависимость  $\eta_\theta = F(\pi_k)$  при различных значениях  $\tau$

К – компрессор, КС – камера сгорания, ТВД – турбина высокого давления, ТНД – турбина низкого давления, П – привод нагнетателя природного газа, Р – регенератор.

- На плакате представлена принципиальная тепловая схема разработанной ГТН-25. В соответствии с выполненным расчетом этой схемы приведены характеристики изменения параметров в T-S диаграмме, показана зависимость эффективного КПД от отношения давлений и температур.

# Конструкция газотурбинной установки

- Газотурбинная установка ГТН-25Б предназначена для привода нагнетателя природного газа и устанавливается на компрессорных станциях.
- Воздух, через воздухозаборную камеру, поступает в компрессор и подаётся в регенератор, затем в камеру сгорания и газовую турбину, приводящую во вращение компрессор. Из турбины высокого давления (турбины компрессора) газ поступает в турбину низкого давления (силовую турбину), приводящую во вращение нагнетатель природного газа мощностью 25МВт. Отработавшие газы из ТНД отводятся через регенератор в атмосферу.



# Конструкция газотурбинной установки

Компрессор имеет 12 ступеней. Ротор компрессора барабанного типа. В корпусе опорно-упорного подшипника расположены: главный масляный насос, валоповоротное устройство, турбодетандер с разобцительной муфтой, электрический тахометр, автоматы безопасности турбодетандера и ротора компрессора, реле осевого сдвига.

Биротативная турбина, состоящая из направляющего аппарата, первого рабочего колеса (ТВД) и второго рабочего колеса, размещена в силовом литом корпусе. Лопатки направляющего аппарата по периферии и сотовые надбандажные уплотнения крепятся к обойме, а та, в свою очередь, крепится к внутренней стороне корпуса. Выхлопной диффузор и выхлопной патрубков выполнены сварными и крепятся вертикальным фланцем к фланцу входного наружного корпуса.

## Исследовательская часть работы

- Для повышения КПД турбины и экономичности ГТУ совершенствуется проточная часть турбины путём замены традиционной формулы исполнения  $(2+1)$  на биротативную, что позволяет повысить КПД примерно на 3,3% вследствие того, что отсутствует направляющий аппарат в ТНД и связанные с этим потери.

# Исследовательская часть работы

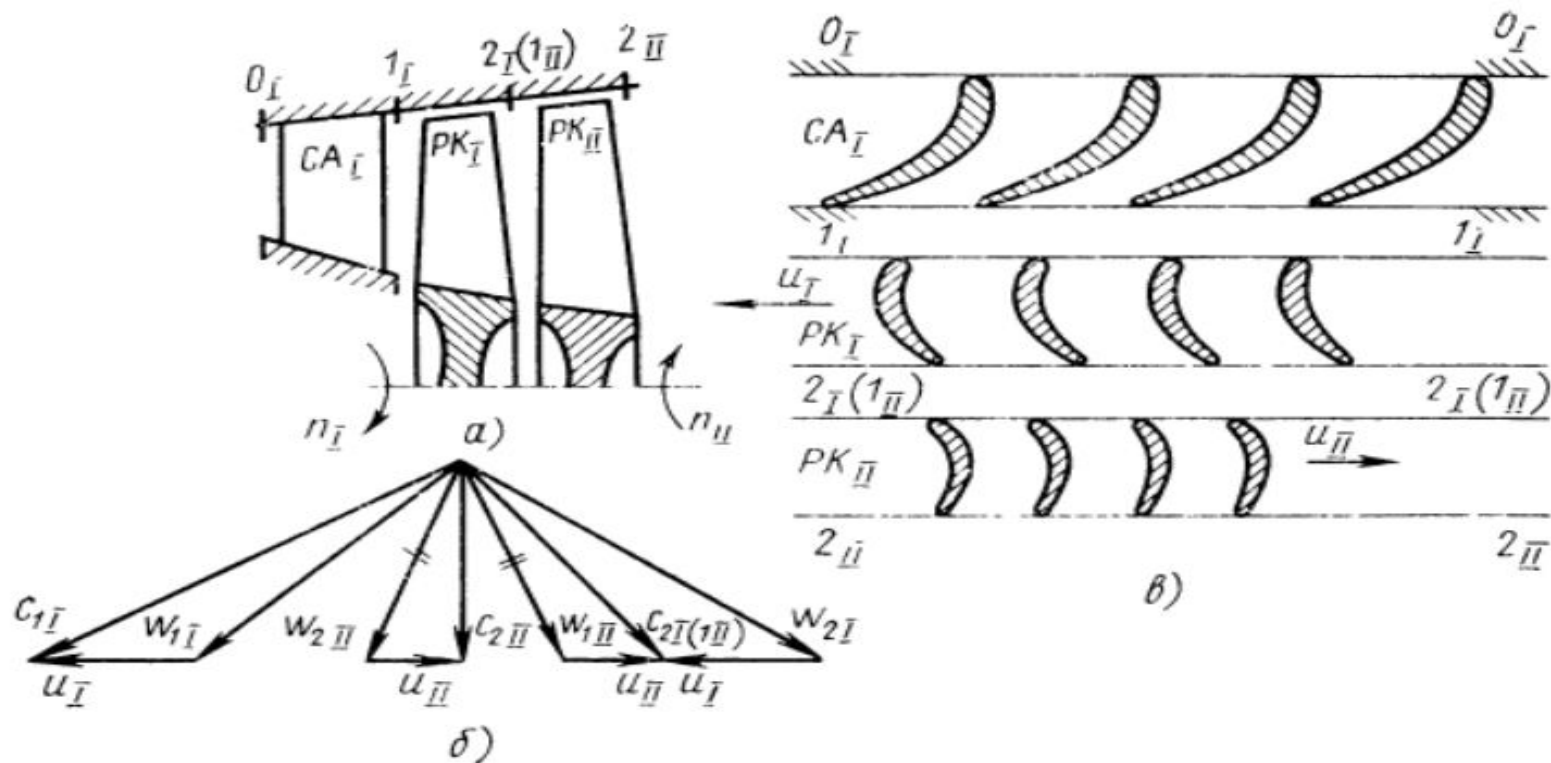


Рис. 2 Биротативная схема и кинематика течения в проточной части двухвальной газовой турbine, выполненной по формуле 2+1



## Исследовательская часть работы

- Рабочее колесо эквивалентной ступени при двойной окружной скорости совершает удвоенную удельную работу  $h_u$  по сравнению с вычисленной для противоположного вращения со скоростью  $u$ , т.е. это колесо имеет мощность, равную сумме мощностей колёс 1 и 2 при вращении в двух направлениях.
- Характеристики турбомашин противоположного вращения остаются такими же, как ступеней с неподвижным направляющим аппаратом, если вместо окружной скорости вводить в расчёты скорость  $u$ . При соблюдении кинематического подобия удвоению окружной скорости соответствует увеличение мощности в 4 раза.
- Увеличение мощности за счёт противоположного вращения колёс не вызывает ухудшения аэродинамики проточной части турбомшины по сравнению с обычной ступенью.

- В стационарных ГПА главный принцип в усовершенствовании проточной части ГТУ состоит в том, чтобы сохранить РК ТНД без изменений, а ТВД преобразовать так, чтобы создать условия входа в РК ТНД такими же без НА ТНД, как в исходном варианте, т.е. сохранить параметры потока перед РК ТНД при отсутствии НА ТНД.

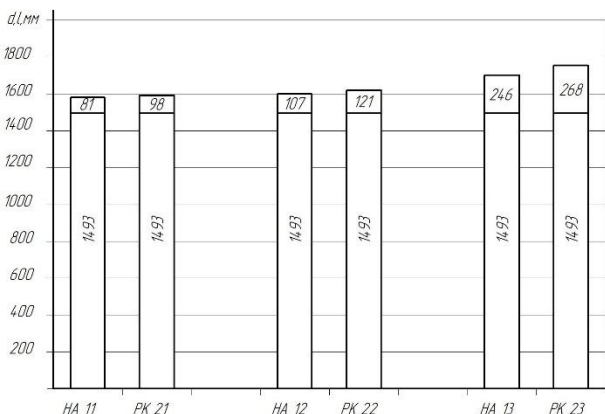
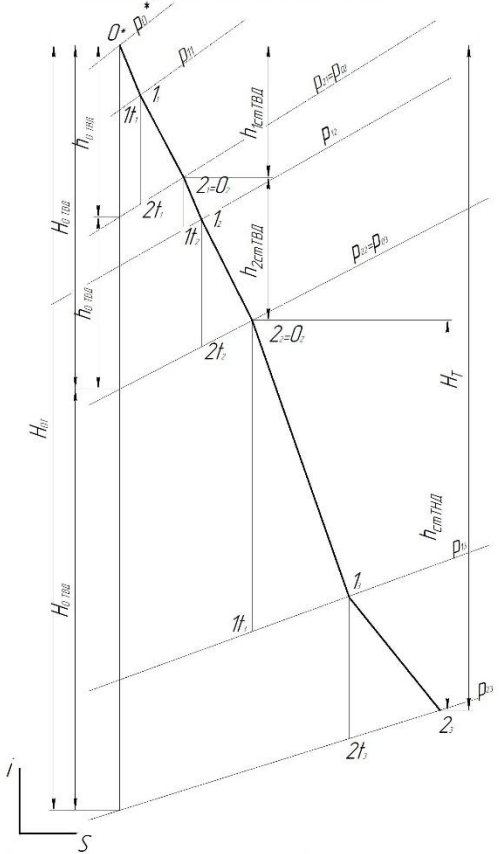
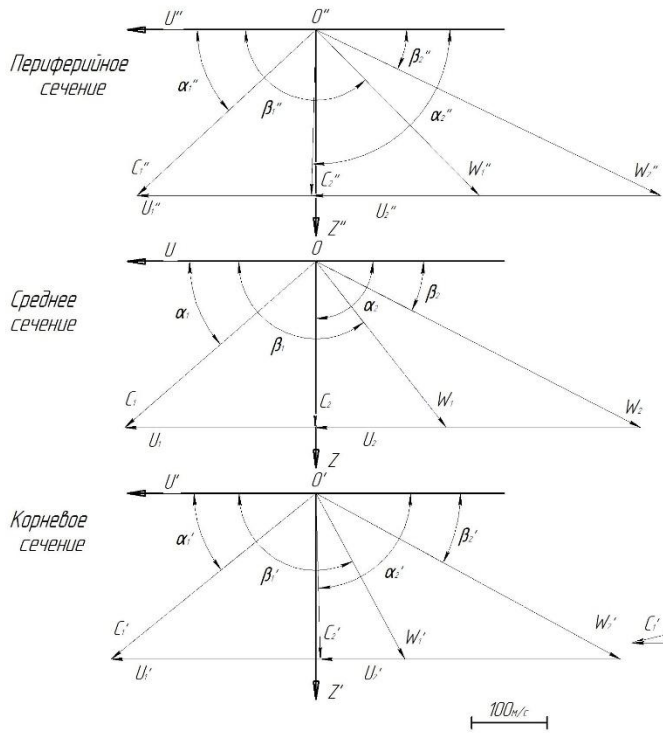


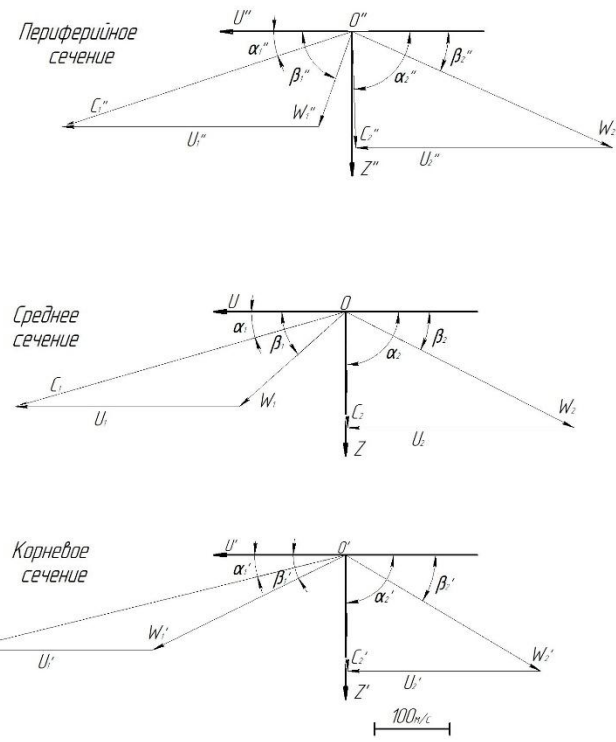
Схема проточной части ГТН-25



Тепловой процесс расширения газа в проточной части турбины ГТН-25 (2+1) в  $i$ - $S$  диаграмме



Треугольники скоростей в трех сечениях во второй ступени ТВД



Треугольники скоростей в трёх сечениях ТНД

## Метод расчёта биротативной турбины

- Расчёт биротативной турбины для общего случая похож с расчётом ступени скорости с той лишь разницей, что в биротативной турбине имеются два рабочих колеса, вращающихся в разные стороны. Началом расчёта является определение треугольников скоростей рабочего колеса ТНД, абсолютной скорости потока перед рабочим колесом ступени ТНД  $C_{13}$  и перепада энтальпий на это рабочее колесо  $h_{23}$ . То есть расчет ступени ведется как бы от «конечного состояния»

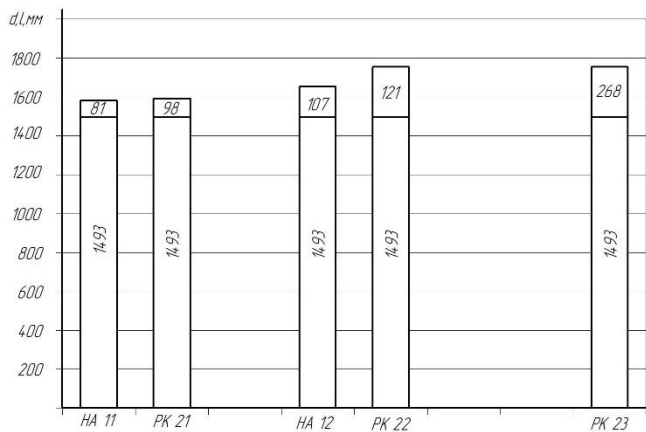
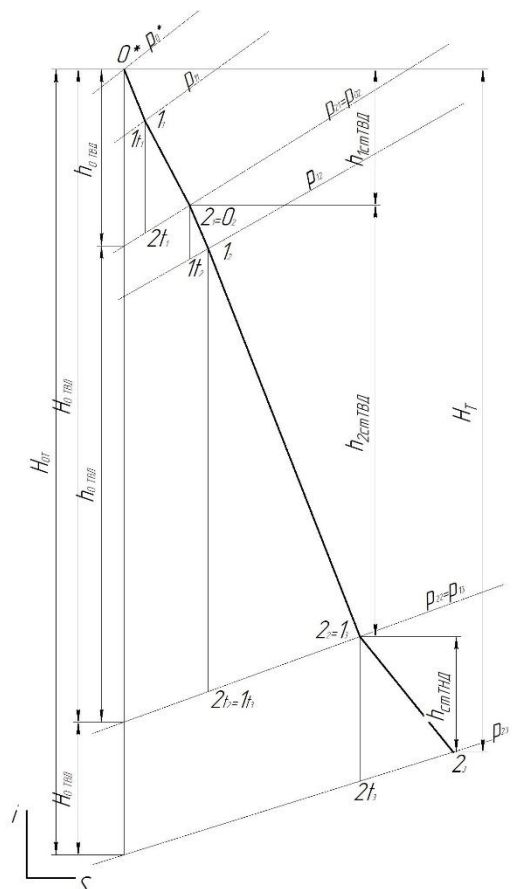
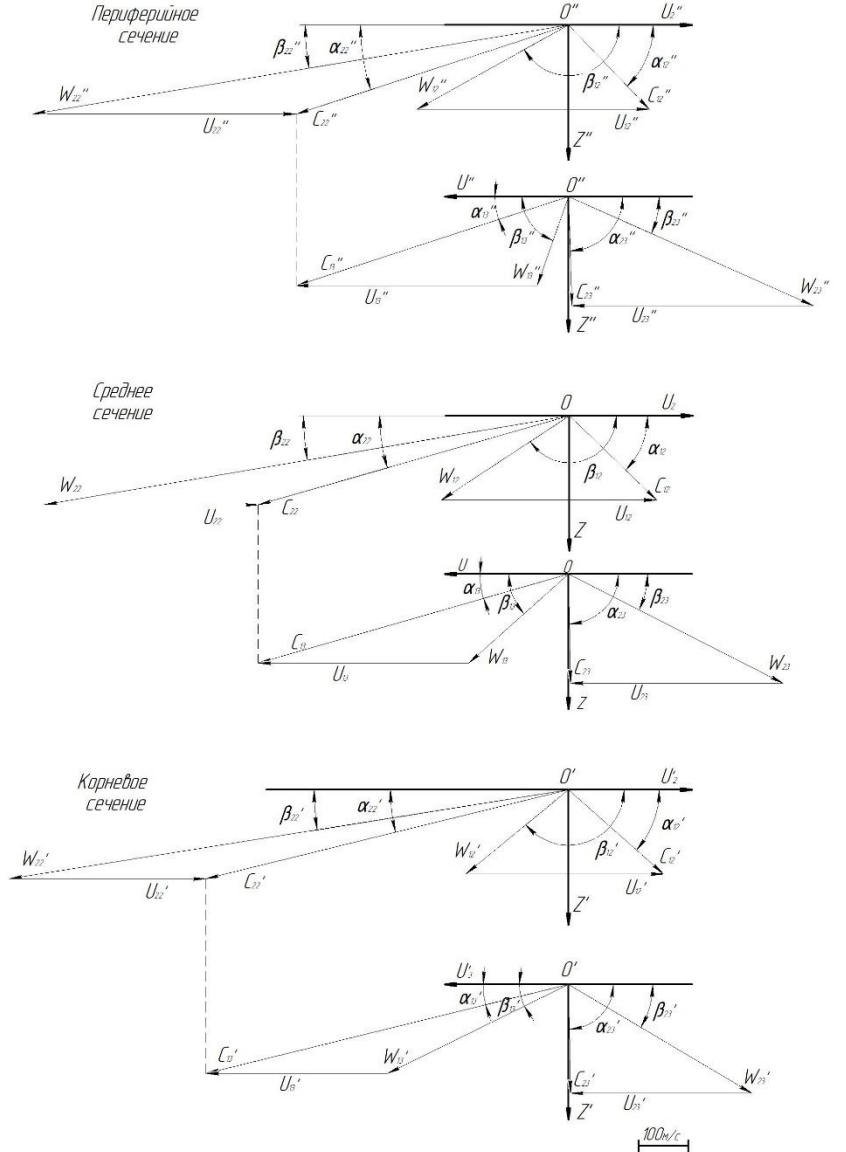


Схема проточной части ГТН-25Б



Тепловой процесс расширения газа в центробежной турбине ГТН-25Б в i-s диаграмме



Треугольники скоростей в трёх сечениях центробежной турбины ГТН-25Б

# Заключение

В исследовательской части проекта выполнена модернизация проточной части турбины ГТН-25, выполненной по формуле 2+1, на турбину, биротативного типа без неподвижного направляющего аппарата в ТНД.

Вследствие использования биротативной турбины КПД ГТУ возрос с 0,373 до 0,41 (на 9% относительных), что привело к снижению удельного расхода условного топлива с 0,3296 кг/кВт\*ч до 0,2984 кг/кВт\*ч .

**Спасибо за  
внимание!**