

ШУЛЯЕВ С. А., магистрант (НИ ТПУ)
Научный руководитель: КУЛЕШ Р. Н., к.т.н., доцент (НИ ТПУ)
г. Томск

ПЕРСПЕКТИВА ВНЕДРЕНИЯ РЕГЕНЕРАТОРА В ЦИКЛ ГТУ ДЛЯ ГПА-32 ЛАДОГА

Газотурбинные установки (ГТУ) широко используются в различных сферах, включая энергетику, металлургические и химические производства, а также автомобильный, морской и железнодорожный транспорт. К ключевым достоинствам этих установок относят надежность и продолжительный срок эксплуатации, а также малое количество производимых ими антропогенных выбросов, что является важным аспектом эксплуатации таких установок вблизи жилых зон. Тем не менее, в реальных ГТУ, как и в других типах энергетических систем, часть энергии, производимой двигателем, безвозвратно теряется, не достигая потенциального потребителя [1]. Большая часть потерь тепловой энергии связана с уходящими в атмосферу отработанными газами. Для решения данной проблемы в энергетические установки внедряются такие теплообменные аппараты, как регенераторы.

Использование цикла ГТУ, включающего в себя регенерацию теплоты, позволит значительно повысить КПД как секции камер сгорания, так и всей установки в целом [2]. Такая схема дает возможность отбирать часть отводимого тепла для предварительного нагрева сжатого воздуха перед его подачей в камеру сгорания (рисунок 1).

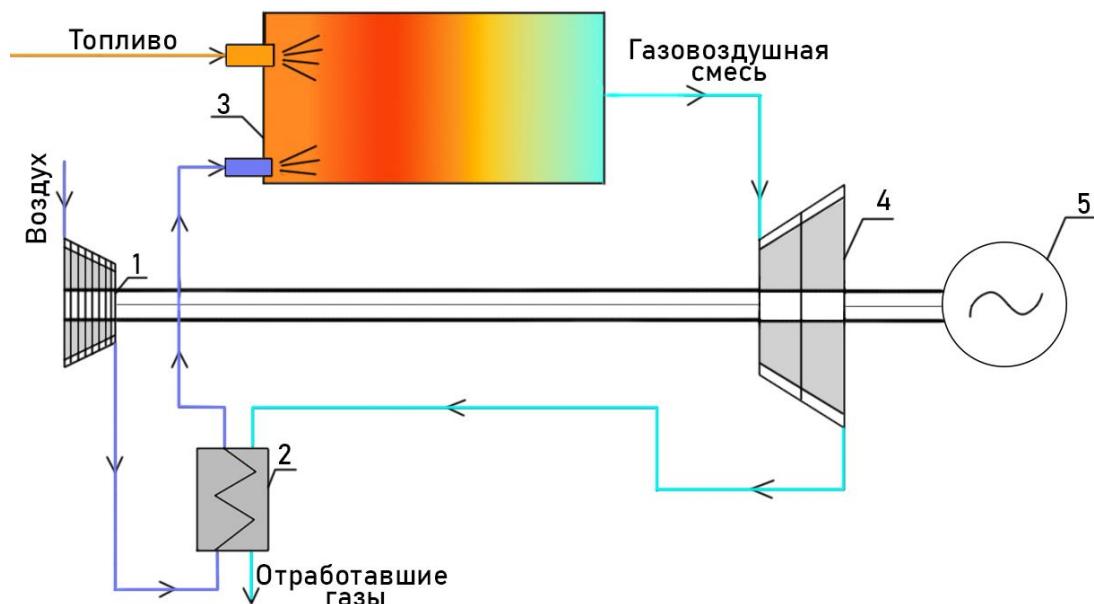


Рисунок 1. Схема ГТУ с регенератором: 1 – осевой компрессор; 2 – регенератор; 3 – камера сгорания; 4 – газовая турбина; 5 – электрогенератор.

Хотя использование метода регенерации и приводит к увеличению веса и габаритов ГТУ, в нашем случае речь идет о стационарной установке, в которой массогабаритные характеристики уступают показателям КПД.

Целью данной работы являлось уменьшение расхода топлива путем снижения потерь тепла с уходящими газами за счет введения в цикл регенератора. Расчет проводился в соответствии с учебно-методическим пособием [3], в котором изложен подробный расчет различных схем ГТУ — как с регенерацией теплоты уходящих газов, так и без неё. За основу были выбраны данные расчета газоперекачивающего агрегата ГПА-32 Ладога из изученного источника [4].

С учетом существующих установок, степень регенерации которых варьируется в среднем от 0,65 до 0,85, степень регенерации принимается равной 0,85. При расчете учитывалось увеличение гидравлического сопротивления по тракту за счет появления новых газо- и воздуховодов. В результате двух вариантов расчета были получены следующие данные:

Таблица 1. Сравнение результатов расчета двух схем

Параметр	Схема без регенератора	Схема с регенератором	Единица измерения
Температура сжатого воздуха на входе в камеру сгорания	581,89	646,09	К
Теплота, подведенная к воздуху	569,47	632,31	кДж/кг
Теплота, подведенная к продуктам сгорания в КС	819,67	756,83	кДж/кг
Эффективный КПД	37,58	40,64	%
Общий расход топлива	2,0623	1,6038	кг/с

Для наглядности были построены графики зависимости КПД от температуры продуктов сгорания за камерой сгорания:

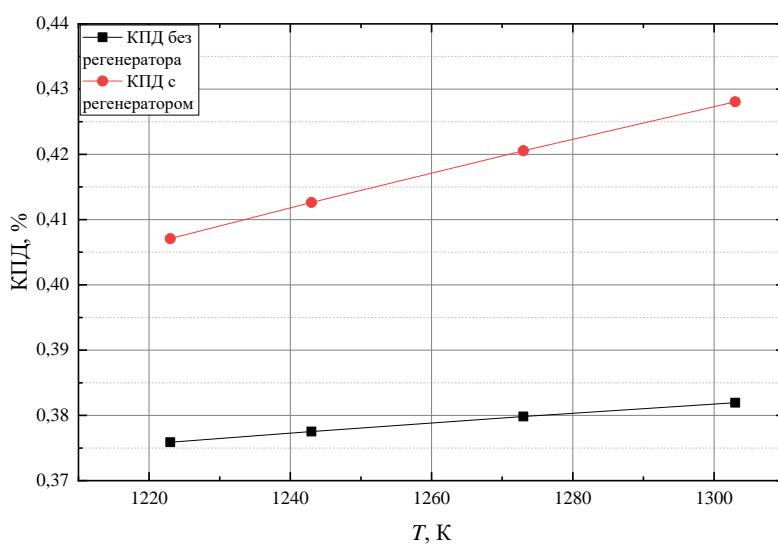


Рисунок 2. График зависимости КПД от температуры газов перед турбиной

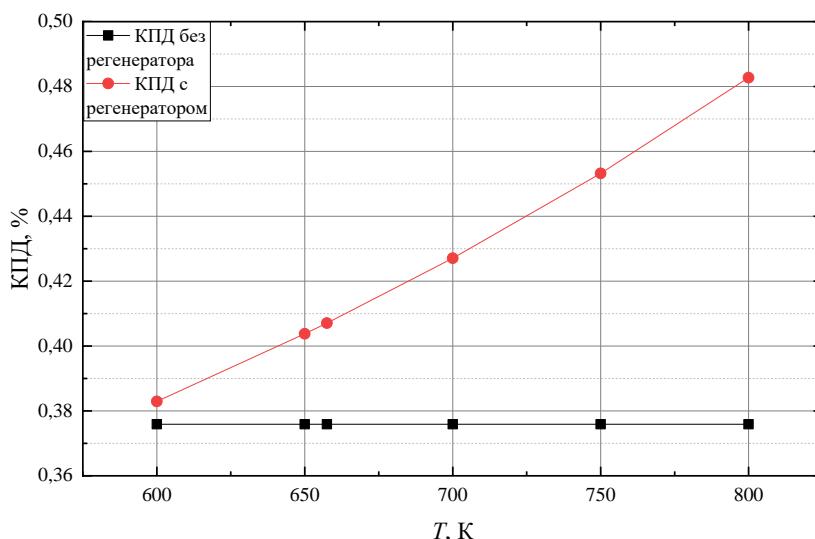


Рисунок 3. График зависимости КПД от температуры газов за турбиной низкого давления

В ходе расчетов была установлена прямая зависимость КПД от температуры газов, входящих в турбинную секцию. За счет ввода регенератора в цикл ГТУ эффективный КПД машины удалось повысить с 37,5% до 40,64%. Регенерация тепла позволила сократить расход воздуха в цикле с 105,15 кг/с до 81,78 кг/с. Таким образом, в ходе поддержания оптимального значения коэффициента избытка воздуха в камере сгорания также снижается и расход топлива (с 2,06 до 1,60 кг/с). Тем не менее, для оценки целесообразности установки регенератора в ГТУ необходимо провести всеобъемлющий экономический расчет проекта.

Список литературы:

1. Болдырев О.Н. Судовые энергетические установки. Часть I. Дизельные и газотурбинные установки. Учебное пособие. Северодвинск: Севмаштуз, 2003. – С. 168.
2. Айрапетов, Е. А. Регенерация теплоты уходящих газов ГПА на компрессорных станциях / Е. А. Айрапетов, Е. А. Леонтьев // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 10(26). – С. 171-177.
3. Горюнова И. Ю., Ларионов И. Д. Регенераторы ГТУ: учебно-методическое пособие / – Екатеринбург: Изд.-во Урал. ун-та, 2017. – С. 80.
4. Шуляев С.А. Проект газотурбинной установки мощностью 32 МВт для вновь строящейся компрессорной станции «Амгинская». Пояснительная записка / С. Шуляев – Томск, Изд. НИТПУ, 2023. – С. 122.