

**Яхшыгулова Регина Рафисовна,**

*студентка магистратуры, 1 курс;*

**Файзуллина Ландыш Раисовна,**

*студентка магистратуры, 1 курс;*

*научный руководитель – Низамова Альфия Шарифовна,*

*канд. техн. наук,*

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*г. Казань, Республика Татарстан, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК (ПГУ)**

Базовым направлением реконструкции современной теплоэнергетики является введение в эксплуатацию парогазовых установок (далее – ПГУ). Выработка значительной доли мощности газотурбинной установкой (далее – ГТУ) – характерная особенность современных ПГУ. Эта особенность позволяет сократить потребности ПГУ в охлаждающей воде и загрязнение окружающей среды уходящими газами по сравнению с паротурбинными установками (далее – ПТУ) равной мощности. В статье рассмотрены существующие пути повышения эффективности ПГУ, проведен их анализ, сделаны выводы о перспективах повышения экономичности ПГУ.

**Ключевые слова:** парогазовая установка (ПГУ), комбинированные турбоустановки, теплоэнергетика, эффективность парогазовых установок, электрические станции с парогазовыми установками.

Постоянное сравнение паротурбинных и газотурбинных установок привели к совмещению достоинств обоих циклов и созданию более экономичной, чем паротурбинная и газотурбинная установки, парогазовой установки. Экономичность ПГУ, в основном, зависит от эффективности цикла газовой турбины, а именно – эффективности утилизации энергии газов, отработавших в ГТУ, в паротурбинном цикле ПГУ. Внедрение комбинированных парогазовых установок является одним из перспективных направлений развития современной энергетики.

КПД современных парогазовых установок составляет от 45 (самые простые и не совсем совершенные) до 60% (лучшие зарубежные образцы) [1].

В настоящее время существует множество различных вариантов тепловых схем производства тепло- и электроэнергии в парогазовых установках. Число контуров давления пара, применение промежуточного перегрева пара, дополнительное сжигание топлива в котлах-утилизаторах также влияют на экономичность и стоимость ПГУ. На рис. 1 показано изменение КПД ПГУ с развитием техники.

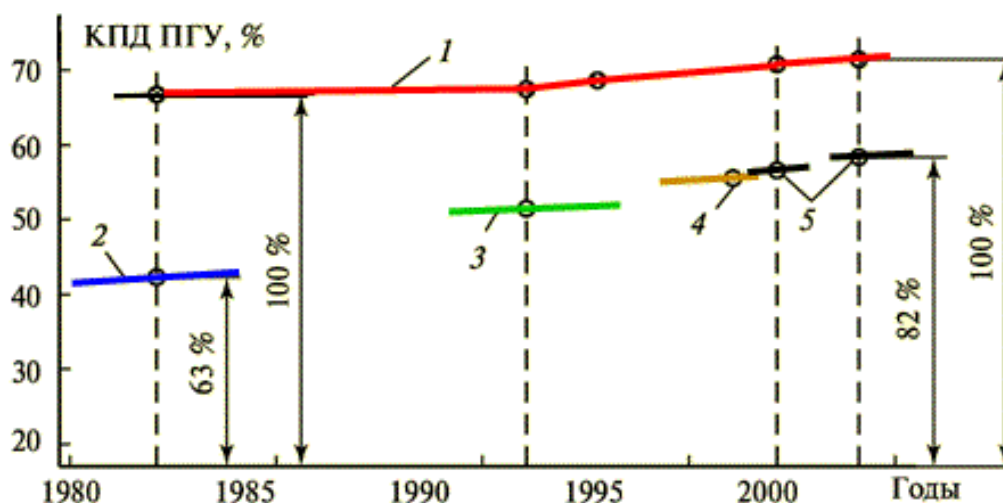


Рисунок 1 – Сравнение экономичности ПГУ с развитием техники:

- 1 – теоретический КПД цикла, 2 – одноконтурная, 3 – двухконтурная,
- 4 – трехконтурная, 5 – трехконтурная с промежуточным перегревом.

Существует множество способов повышения эффективности установок на основе газотурбинной технологии. Впрыск водяного пара в газовый тракт из котла утилизатора – один из самых действенных методов. Увеличение массового расхода рабочего тела в газовой турбине приводит к повышению его калорийности и утилизации тепла уходящих газов внутри цикла, вследствие чего происходит существенный рост полезной электрической мощности (на 30% по сравнению с ГТУ) и КПД установки (до 48%) [1].

Самыми эффективными на сегодняшний день для выработки электрической энергии на ТЭС, работающих на газообразном топливе, являются парогазовые установки с котлами-утилизаторами (ПГУ с КУ). Инновационные ПГУ с КУ, в отличие от блоков сверхкритических параметров, имеют небольшую удельную стоимость и металлоемкость, но при этом,

термодинамически гораздо эффективнее: они позволяют экономить топливо до 30%, – а также менее неблагоприятны для окружающей среды.

Для утилизационных ПГУ довольно эффективным методом повышения экономичности является промежуточный перегрев пара (далее – промперегрев). В схемах с промперегревом прирост КПД в среднем составляет от 1 (для двух- и трехконтурных схем) до 5,5% (для одноконтурных схем). Дальнейшее совершенствование парогазовых установок сопряжено с применением промперегрева пара. Тем самым увеличивается КПД паровой турбины в составе ПГУ за счет подвода к пару дополнительной теплоты [1].

В утилизационных ПГУ промперегрев стоит применять для крупных установок с большими мощностями при отсутствии других способов повышения КПД и высокой стоимости используемого природного газа.

Наименее изученные методы повышения эффективности ПГУ:

- использование впрыска сухого насыщенного пара в регенератор высокого давления в схеме ПГУ с двухступенчатым сжатием из котла-утилизатора способствует повышению КПД (с 36,5 до 47,8%) и полезной мощности (с 20 до 33,5 МВт);

- использование ступенчатого подвода теплоты во вспомогательной, параллельно установленной камере сгорания в схеме ПГУ с двухступенчатым сжатием воздуха и впрыском сухого насыщенного пара в регенераторы высокого и низкого давлений способствует значительному увеличению полезной мощности установки до 56,8 МВт при эффективном КПД, равном 42%;

- приближение процессов сжатия к изотермическим в воздушном компрессоре и расширения в газовой турбине. На практике это выглядит, как введение ступенчатого сжатия в компрессорах низкого и высокого давлений с промежуточным охлаждением и ступенчатого расширения с промежуточным подводом теплоты в турбинах высокого и низкого давлений [1].

В процессе проектирования принципиально новых ПГУ или усовершенствовании имеющихся объектов основным и самым важным является оптимальный выбор основного оборудования, и, главное, газовой турбины. Усложнение существующей технологической схемы требует больших затрат и не в такой степени влияет на конечную эффективность проекта.

**Вывод.** Парогазовая установка – высокоэкономичный и экологически чистый двигатель, используемый для выработки электроэнергии. Например, у одноконтурной ПГУ с ГТУ, которая имеет начальную температуру около 1000°C, абсолютный КПД достигает 42%, что составляет 63% от теоретического КПД ПГУ, а у трехконтурной ПГУ с промежуточным перегревом пара, температура газов перед газовой турбиной которой находится на уровне 1450°C, на сегодняшний день КПД доходит до уровня 60%, что равно 82% от теоретически возможного, поэтому можно сказать, что в будущем, будет возможность увеличить КПД [3]. Величина тепловых выбросов в окружающую среду от ПГУ меньше, чем от ПТУ в той степени, насколько меньше расход топлива на производство электроэнергии [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринчук А.С. Повышение эффективности утилизационных ПГУ за счет применения промежуточного перегрева пара // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2008. – №5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-utilizatsionnyh-pgu-za-schet-primeneniya-promezhutochnogo-peregrev-a-para>
2. Шапошников В.В. Повышение эффективности ГТУ и ПГУ путем совершенствования тепловых схем и оптимизации параметров: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Краснодар, 2015. – 178 с. – URL: <http://doc.knigi-x.ru/22tehnicheckie/272399-1-povyshenie-effektivnosti-gtu-pgu-putem-sovershenstvovaniya-teplovih-schem-optimizacii-parametrov.php>
3. Основы современной энергетики: учебное электронное издание / Под редакцией Е.В. Аметистова. – URL: <https://zdamsam.ru/a47400.html>