

*Конобраткина Вероника Андреевна, студент  
Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Россия*

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЭЦ-ГТУ**

**Аннотация:** Статья исследует энергетический процесс, основанный на комбинированном использовании газотурбинной и паровой турбин. Цель исследования состоит в определении эффективности данной конфигурации, сравнении ее с альтернативными технологиями и выявлении преимуществ, которые она может предложить в контексте энергетической отрасли. Полученные результаты позволяют сделать выводы о потенциале данной конфигурации и ее применимости в различных условиях.

**Ключевые слова:** ТЭЦ-ГТУ, газотурбинная установка, паротурбинный привод компрессора, эффективность, энергетический процесс, термодинамические характеристики.

**Abstract:** The article explores the energy process based on the combined use of gas turbine and steam turbines. The purpose of the study is to determine the effectiveness of this configuration, compare it with alternative technologies and identify the advantages that it can offer in the context of the energy industry. The results obtained allow us to draw conclusions about the potential of this configuration and its applicability in various conditions.

**Keywords:** CHP-GTU, gas turbine unit, steam turbine compressor drive, efficiency, energy process, thermodynamic characteristics.

Теплоэлектроцентральные газотурбинные установки (ТЭЦ-ГТУ) являются одними из наиболее важных и распространенных систем для производства

электроэнергии и теплоснабжения. Однако эффективность ТЭЦ-ГТУ играет ключевую роль в определении их экономической и экологической устойчивости. Паротурбинный привод компрессора - это одна из технических конфигураций, которая может значительно повлиять на эффективность ТЭЦ-ГТУ. ТЭЦ-ГТУ состоит из следующих основных компонентов:

1. Газотурбинный двигатель (ГТД): Основной источник энергии, который работает на сжигании природного газа или других топлив. Он приводит в движение генератор для производства электроэнергии.

2. Компрессор: Устройство, которое сжимает воздух перед его поступлением в ГТД. Это необходимо для повышения эффективности сгорания топлива и увеличения мощности ГТД.

3. Паротурбина: Дополнительная турбина, работающая на высокотемпературных парах, которые обычно создаются в процессе охлаждения и конденсации отходящих газов из ГТД. Паротурбина может приводить в движение генератор для производства дополнительной электроэнергии или использоваться для других целей, таких как привод компрессора.

Паротурбинный привод компрессора – это конфигурация, в которой паротурбина используется для привода компрессора, который сжимает воздух перед его поступлением в ГТД. Это позволяет увеличить мощность и эффективность ТЭЦ-ГТУ за счет дополнительной работы, которую выполняет паротурбина [1].

Тепловые электростанции с газовой турбиной (ТЭЦ-ГТУ) представляют собой важный источник электроэнергии во многих странах. Они обеспечивают высокий уровень эффективности и гибкость в производстве электроэнергии, что делает их привлекательным выбором для различных секторов. Однако эффективность ТЭЦ-ГТУ зависит от множества факторов, которые следует учитывать при их проектировании и эксплуатации.

Температура газа на входе в газовую турбину играет критическую роль в определении эффективности ТЭЦ-ГТУ. Чем выше температура газа, тем больше тепловой потенциал доступен для преобразования в механическую и

электрическую энергию. Поэтому разработка и использование материалов, способных выдерживать высокие температуры, является важным аспектом повышения эффективности.

КПД (коэффициент полезного действия) газовой турбины напрямую влияет на эффективность ТЭЦ-ГТУ. Более эффективные газовые турбины могут более полно использовать энергию горячих газов, что увеличивает производство механической энергии для генерации электроэнергии.

Многие ТЭЦ-ГТУ используют комбинированный цикл, который включает в себя не только газовую турбину, но и парогенератор и паровую турбину. Этот подход позволяет более полно использовать тепловой потенциал и увеличивает общую эффективность электростанции [3].

Эффективный тепловой обмен между газами, работающими в газовой турбине, и рабочими жидкостями в парогенераторе имеет большое значение. Эффективные теплообменники помогают повысить КПД и уменьшить потери тепла.

Управление нагрузкой и режимами работы ТЭЦ-ГТУ также влияет на его эффективность. Эффективная оптимизация работы станции в зависимости от изменяющейся нагрузки и времени суток может существенно увеличить экономическую эффективность.

Оценка эффективности ТЭЦ-ГТУ с паротурбинным приводом компрессора включает в себя следующие шаги:

Первым шагом является определение КПД (коэффициент полезного действия) газотурбинного двигателя. Это число указывает, какая часть энергии, содержащейся в топливе, преобразуется в механическую мощность. Чем выше КПД ГТД, тем более эффективно используется топливо.

Затем следует определить КПД паротурбины. Это позволяет оценить, насколько эффективно паротурбина использует высокотемпературные пары для производства механической мощности. Как и в случае с ГТД, более высокий КПД паротурбины означает более эффективное использование паровой энергии.

Общий КПД ТЭЦ-ГТУ с паротурбинным приводом компрессора

рассчитывается как произведение КПД ГТД и КПД паротурбины. Это позволяет оценить, насколько эффективно используется топливо и пара для производства электроэнергии и сжатия воздуха.

Помимо оценки эффективности, также важно провести анализ экономической эффективности ТЭЦ-ГТУ с паротурбинным приводом компрессора. Это включает в себя оценку затрат на оборудование, топливо и обслуживание, а также прогнозирование будущих эксплуатационных расходов и доходов от продажи электроэнергии и тепла.

Оценка эффективности ТЭЦ-ГТУ с паротурбинным приводом компрессора является важным шагом в определении устойчивости и выгодности таких систем. Она позволяет оптимизировать работу установки, повысить эффективность использования топлива и пара, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду. Такие исследования и оценки играют важную роль в развитии современных энергетических систем и содействии переходу к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии [2].

В соответствии со стратегией развития энергетики, принятой Российской Федерацией, предполагается повысить эффективность тепловых электростанций путем строительства парогазовых установок, вывода из эксплуатации физически изношенного паротурбинного оборудования и внедрения устройств, сочетающих выработку электроэнергии и тепловой энергии. Объектом исследования данной работы является газотурбинная отопительная установка (ГТУ), приводимая в действие компрессором паровой турбины. В предложен привод паровой турбины для компрессора gtu конденсационной установки на природном газе комбинированного цикла (ПГУ). Характеристики такой установки включают: использование тепла, отводимого от газовой турбины, для приведения в действие воздушного компрессора, степень повышения давления воздуха в компрессоре (3-4) низкая, температура газа на входе в газовую турбину умеренная (900-10000с), в то же время, все давление воздуха в компрессоре (3-4) низкое, а температура газа на входе в газовую турбину умеренная (900-10000с).

Энергия, вырабатываемая газовой турбиной, используется для выработки электроэнергии. Рассматриваемая установка может быть использована для совместной выработки электрической и тепловой энергии. В этом случае во время нагрева тепло, вырабатываемое паром в котле-утилизаторе, используется для выдачи тепловой энергии потребителям, а компрессор приводится в действие газовой турбиной. Летом, когда тепловая нагрузка резко падает, избыточный пар из котла-утилизатора направляется в паровую турбину, которая приводит в действие компрессор с помощью муфты. Таким образом, устройство работает как ТЭЦ-ГТУ зимой и как ТЭЦ–блок питания летом. Такое сочетание обеспечивает максимальный коэффициент использования оборудования ТЭЦ в течение ее годовой эксплуатации. Чтобы оценить эффективность рассматриваемой установки, термодинамический цикл газотурбинной установки, паротурбинной установки (PTU), рассчитывается на основе температуры наружного воздуха и тепловой нагрузки. При этом принято: расчетная тепловая нагрузка составляет 51,7 МВт, местоположение находится в Центральном Поволжье, расчетный коэффициент нагрева равен 0,4, а степень повышения давления воздуха в компрессоре равна 3, Температура газа на входе в газовую турбину составляет 10000С, параметр пара на входе в паровую турбину составляет 1,35мпа, 275 0С, а давление в конденсаторе составляет 0,008мпа. Результаты расчета установки приведены в таблице. Из таблицы видно, что во время нагрева, из-за низкой степени повышения давления компрессора, электрический КПД GTU находится в диапазоне 0,22-0,23. Летом, приводимый в действие компрессором паровой турбины, электрический КПД возрастает до 0,36. Принимая во внимание продолжительность температуры наружного воздуха в течение всего года, электрический КПД составляет 0,29. Относительная годовая экономия топлива рассчитывается по выражению

$$DV_{otn}=DV_{ek}/(V_{tes}+V_{kot}), (1)$$

Среди них  $DV_{ek}$ ,  $V_{tes}$  и  $V_{kot}$  - это абсолютная экономия вырабатываемой электрической и тепловой энергии, а также расхода топлива, объединенные в отдельном контурном устройстве [3].

Когда был определен  $DV_{otn}$ , электрический КПД электростанции составлял 0,4, а КПД котельной - 0,93. Относительная экономия топлива составляет 14,9%. Расчеты, выполненные ТЭЦ-ГТУ, показывают, что из-за увеличения времени работы установки в режиме ТЭЦ-ПГУ коэффициент нагрева был снижен с 0,4 до 0,2 (что эквивалентно нагрузке на горячее водоснабжение), а годовая энергоэффективность увеличилась на 37%. В то же время экономия топлива, достигнутая за счет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, была снижена почти в два раза. Исходя из вышеизложенного, оптимальный коэффициент нагрева находится в диапазоне 0,4-0,5.

Таблица 1. Результаты теплового расчета установки

Наименование показателя	Температура наружного воздуха,		
	+15	-5	-30
Электрическая мощность ГТУ, МВт	9,56	7,76	8,75
Эффективная мощность ПТУ, МВт	3,86	0	0
Нагрузка сетевого подогревателя,	9,31	20,68	20,68
Суммарная тепловая нагрузка, МВт	9,31	37,42	51,7
Электрический КПД	0,36	0,22	0,23

На основе этого метода рассчитывается экономическая эффективность рассматриваемой ТЭЦ-ГТУ. В расчет включено: коэффициент теплоотдачи равен 0,4, удельные инвестиции ТЭЦ-ГТУ составляют 49 500 руб./кВт, срок строительства - 2 года, срок службы - 20 лет, стоимость топлива - 4,5 руб./кг куб.Счет за электричество составляет 4 рубля./кВтч, стоимость тепла составляет 250 рублей/ГДж, а ставка скидки составляет 0,1. Были получены следующие результаты: чистый дисконтированный доход составил около 800 млн рублей, индекс доходности - 1,76, внутренняя норма доходности - 22%, а срок окупаемости - около 9 лет. Исходя из полученных результатов, следует сделать вывод, что по энергетическим и экономическим показателям рассмотренные

устройства не превосходят традиционный тип ГТУ-ТЭЦ.

### **Библиографический список:**

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Учебник / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2016. - 702 с.
2. Беляев, Н. М. Методы теории теплопроводности. Учебное пособие. В 2 частях. Часть 1 / Н.М. Беляев, А.А. Рядно. - М.: Высшая школа, 1982. - 328 с.
3. Зарянкин А.Е., Зарянкин В.А., Сторожук С.К. Сравнительный анализ схем ПГУ с газотурбинным и паротурбинным приводом компрессора. Газотурбинные технологии, № 3, 2008. С. 46—52.