

ПЕРЕГРЕВ ПАРОВ ХЛАДАГЕНТА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГТУ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В. П. Ключинский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

Парогазовые установки (ПГУ) находят все более и более широкое применение в современной энергетике. Одной из основных частей ПГУ является газотурбинная установка (ГТУ), работающая по циклу Брайтона. Существует два основных направления повышения эффективности ГТУ: повышение температуры газов перед газовой турбиной и снижение температуры на выхлопе ГТУ. В современных ГТУ установках температура выхлопа газовых турбин достигает 300 °С и ниже.

Вторая часть ПГУ состоит из котла утилизатора и турбодетандера, работает по циклу Ренкина (чаще всего по классическому циклу Ренкина).

Исследования ряда авторов [1] показали, что при температурах 250–300 °С и менее классический цикл Ренкина становится конкурентоспособным с органическим циклом Ренкина (таблица).

Диапазон температур эффективности циклов

Цикл работы генерирующих установок	Температура теплоносителя, °С
Цикл Калины	Менее 90
Органический цикл Ренкина	90–250
Классический цикл Ренкина (паровой цикл), органический цикл Ренкина	250–300
Классический цикл Ренкина	Более 300

Таким образом, при современном развитии газотурбинных установок наравне с классическим циклом Ренкина может быть использован и органический цикл Ренкина (ОРЦ) с низкокипящим рабочим телом.

Согласно [2] для повышения экономичности работы ПГУ утилизационного типа, работающей по паровому циклу Ренкина, предложено осуществить промежуточный перегрев водяного пара в камере сгорания ГТУ парогазовой установки. Данное мероприятие приводит к снижению удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии на 7,93 % и увеличению КПД ПГУ на 4,4 %.

Цель работы: изучить возможность использования перегрева в камере сгорания ГТУ для ПГУ утилизационного типа на ОРЦ цикле (рис. 1).

Принцип работы установки следующий: воздух компрессором *1* подается в камеру сгорания ГТУ, куда поступает и топливо. В камере сгорания происходит процесс горения, при этом температура дымовых газов повышается свыше допустимой для их подачи в газовую турбину. Таким образом, предлагается данные газы охлаждать до необходимой температуры за счет подвода низкокипящего рабочего тела (используемого в ОРЦ) в кольцевой канал, расположенный с наружной стороны камеры сгорания ГТУ. Регулирование температуры газов производится за счет изменения расхода хладагента через кольцевые каналы при помощи регулирующей заслонки *7*. Также может осуществляться подмес вторичного воздуха для охлаждения дымовых газов, используемый в классической схеме ГТУ. Далее дымовые газы с ка-

меры сгорания поступают в газовую турбину 3, где расширяются, приводя во вращение ротор турбины, компрессор и генератор, расположенные на одном валу. Выхлопные газы ГТУ подаются в котел утилизатор 4, где оставшееся тепло отдают рабочему телу органического цикла Ренкина и выбрасываются в дымовую трубу. В органическом цикле Ренкина конденсировавшиеся пары хладагента из конденсатора 6 насосом 8 подаются в котел утилизатора 4, где парообразуются и частично перегреваются. Далее часть хладагента подается в камеру сгорания ГТУ, где дополнительно перегревается. Вторая часть хладагента подается мимо камеры сгорания, смешивается с частью хладагента, прошедшего камеру сгорания ГТУ, и поступает в турбодетандер 5. В турбине хладагент расширяется, отдавая энергию ротору турбины, и, следовательно, генератору, расположенному на валу турбины, и поступает в конденсатор 6, где конденсируется, и цикл замыкается.

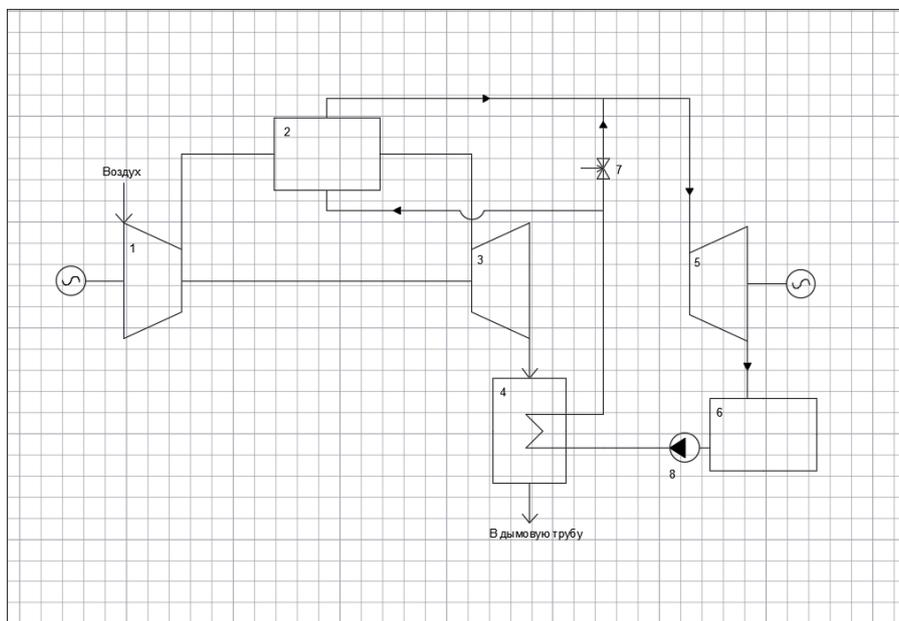


Рис. 1. Парогазовая установка утилизационного типа на органическом цикле Ренкина

Расчет термического КПД при различном количестве рабочего тела, подаваемого в кольцевые каналы камеры сгорания ГТУ (от 0 до максимально необходимого для охлаждения дымовых газов до нужной температуры), показал, что при увеличении пропуска рабочего тела через каналы камеры сгорания термический КПД парогазового цикла не растет (как в паровом цикле Ренкина), а снижается с 61 до 35 %.

Анализ полученных результатов показал, что при таких параметрах выхлопа ГТУ термический КПД цикла Брайтона превышает термический КПД органического цикла Ренкина (рис. 2) и, следовательно, передача теплоты в камере сгорания ГТУ хладагенту будет приводить к снижению эффективности работы парогазовой установки в целом.

Исследуя зависимость КПД ГТУ от температуры выхлопных газов (рис. 2), обнаружено, что КПД двух циклов (цикла Брайтона и ОРЦ) становятся равными только при температуре выхлопа более 600 °С, а при таких температурах целесообразнее использовать классический (паровой) цикл Ренкина.

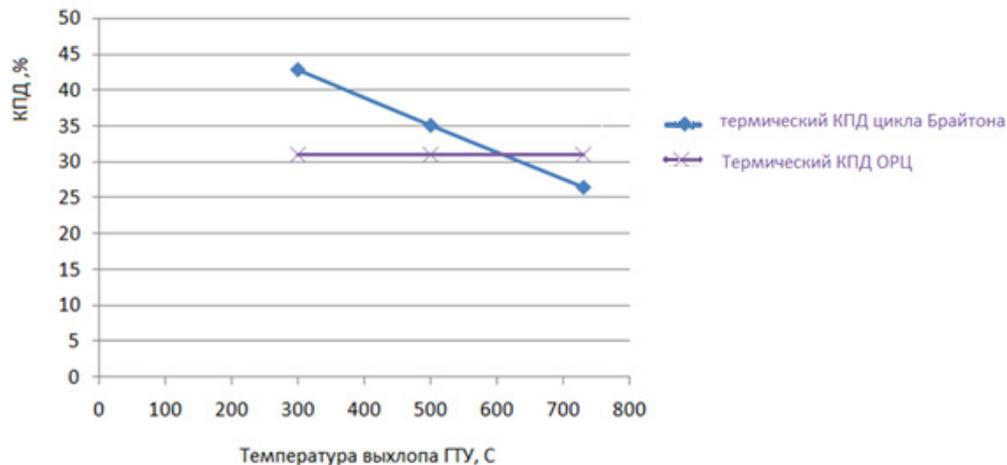


Рис. 2. Зависимости КПД от температуры выхлопа ГТУ

Заключение. Применение дополнительного перегрева в камере сгорания ПГУ-У на органическом цикле Ренкина отрицательно сказывается на экономической эффективности ПГУ. Такая установка может быть целесообразна только в случае, если температура выхлопных газов ГТУ будет более 600 °C, и эти газы будут использованы для каких-то целей технологического процесса, тогда, после совершения техпроцесса, оставшаяся теплота дымовых газов может быть утилизирована в органическом цикле Ренкина.

Литература

1. Применение турбодетандера в паросиловых установках для утилизации тепловой энергии в системах теплоснабжения / Р. А. Садыков [и др.] // Теплоэнергетика. – 2016. – № 5. – С. 56–62.
2. Кидунов, А. А. Промежуточный перегрев водяного пара в камере сгорания ГТУ парогазовой установки / А. А. Кидунов, К. Р. Хусаинов // Энергетик. – 2017. – № 11. – С. 33–36.