

## ОТЗЫВ

официального оппонента Кудинова Анатолия Александровича на диссертационную работу Марасанова Никиты Владимировича на тему «Комбинированная тепловая электростанция на основе сочетания циклов Отто и Ренкина», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объем диссертации составляет 156 страниц, содержит 53 рисунка и 45 таблиц. Список литературы включает 106 источников.

Целью работы в формулировке соискателя является повышение энергетической эффективности газопоршневых установок за счет сочетания циклов Отто и Ренкина с увеличением выработки электрической энергии.

**1. Актуальность темы.** В настоящее время в России наблюдается рост инвестиций в энергообъекты на базе двигателей внутреннего сгорания, в частности газопоршневых установок (ГПУ). Ежегодно рынок энергетических поршневых двигателей возрастает более чем на 10 %, что обуславливается, в основном, ростом числа удаленных от инфраструктуры и не имеющих доступа к существующей электросети потребителей. Энергоэффективность газопоршневых установок менее 50 %, и повышение эффективности использования энергии органического топлива, как правило, обеспечивается путем когенерации, что позволяет отпускать потребителям не только электрическую, но и тепловую энергию. Однако на практике данный подход не всегда оказывается оправданным по причине небаланса выработки тепловой и электрической энергии. Задача эффективного использования энергии органического топлива в газопоршневых установках в настоящее время является актуальной.

Учитывая изложенное, тема диссертационной работы Н.В. Марасанова, посвященной решению комплексной научно-технической задачи повышения эффективности использования органического топлива для выработки электроэнергии путем применения системы рекуперации энергии выхлопных газов ГПУ в цикле Ренкина, является **актуальной**.

**2. Оценка содержания диссертации и степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

*Во введении* дано обоснование актуальности темы исследований, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы, приведены применяемые в работе методы исследования, перечислены положения, выносимые на защиту, отражена связь темы с научно-техническими программами развития, описаны степень достоверности и личный вклад автора, апробация результатов, публикации, структура и объем работы.



*В первой главе* описаны циклы двигателей внутреннего сгорания и влияние различных параметров на их эффективность. Приведены распространенные способы повышения эффективности энергетических двигателей внутреннего сгорания. Предложен способ комбинирования циклов Отто и Ренкина с целью повышения выработки электроэнергии и показаны типы паровых машин, которые могут быть применены для реализации паросиловой надстройки. Анализ современного состояния проблемы позволил соискателю выявить узкие места в проблеме и обоснованно сформулировать цели и задачи диссертационного исследования.

*Во второй главе* описаны методические особенности исследования технологии сочетания циклов Отто и Ренкина. Показаны методические положения для анализа эффективности комбинированных установок, определения предельных значений их эффективности. Приведены методики выбора основного оборудования, расчета котла-утилизатора и паровых турбин лопаточного типа многоступенчатой и одноступенчатой с трехвенечной ступенью скорости, представлены результаты расчетов котла-утилизатора и паровых турбин. Результаты исследований являются новыми.

*В третьей главе* приводятся результаты исследования пяти разработанных вариантов реализации комбинирования циклов в достаточно широком диапазоне мощностей. Рассматриваемые варианты различаются типом паровых машин, конфигурацией газопоршневых установок и характеристиками используемых в паросиловой части рабочих тел. Показана термодинамическая эффективность, которая достигается от использования комбинирования циклов в каждом из рассматриваемых вариантов.

*В четвертой главе* дается оценка экономических показателей комбинированных энергоустановок. Приведены методики оценки расходов органического топлива на производство и отпуск электроэнергии, оценки капиталовложений в основное и вспомогательное оборудование и себестоимости электроэнергии и расчета эффективности инвестиций.

В заключении диссертационной работы формулируются основные выводы и результаты выполненных исследований.

Реализация диссертационной работы подтверждена актом о практическом использовании результатов исследований в учебном процессе «НГТУ».

**3. Научная новизна диссертационной работы** состоит в разработке методических положений для анализа комбинированной установки при утилизации теплоты уходящих газов ГПУ с целью дополнительной выработки электроэнергии и повышения топливной эффективности, включающих методику выбора основного оборудования и определения предельных значений эффективности, методики для расчета котла-утилизатора и паровой турбины несерийного типа, и в оценке результатов исследования различных вариантов реализации комбинированной ТЭС, в оценке



экономических показателей комбинированных энергоустановок, включая эффективность привлечения инвестиций.

**4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Достоверность изложенных в диссертации основных научных и практических результатов обуславливается применением законов термодинамики и теплообмена, положений нормативных методов расчетов котлов и турбин, сопоставлением полученных результатов расчетов с показателями работы действующего оборудования.

#### **5. Значимость результатов для науки и практики**

Научная и практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработанные методики, методические подходы и теоретические положения позволяют выполнять оценку работы комбинированных энергетических установок с различными типами ГПУ и паровых машин с целью повышения эффективности выработки электрической энергии и возможности их применения в энергетике, а также решать задачи по разработке технических решений при проектировании новых или модернизации существующих объектов генерации.

Практическая значимость работы состоит в использовании ее результатов в учебном процессе ФГБОУ ВО «НГТУ» при подготовке бакалавров и аспирантов.

В целом поставленные в диссертации задачи решаются вполне убедительно и квалифицировано. В тоже время при анализе содержания диссертационной работы у оппонента возникли следующие замечания.

#### **6. Замечания по диссертационной работе**

1. На стр. 6 диссертации указываются фамилии ученых, которые внесли значительный вклад в исследования в области повышения топливной эффективности путем утилизации теплоты уходящих газов. Однако в этом списке отсутствуют фамилии известных ученых: И.З. Аронова, Ю.П. Соснина, Е.Н. Бухаркина, Л.Г. Семенюка, Д.М. Блумберга, Р.Б. Ахмедова, А.А. Александрова, С.К. Зиганшиной, А.А. Кудинова, Н.Д. Рогалева, А.Д. Трухния, А.Г. Клименко, А.Н. Тугова, С.В. Цанева, А.С. Седлова, что указывает на некорректную проработку данного вопроса.

2. На стр. 40 диссертации приведена формула (2.8), по которой рассчитывался КПД энергетической парогазовой установки на базе ДВС (ГПУ). Формула (2.8) получена из условия, что отводимая от ГПУ с газами в котел-утилизатор теплота становится входным потоком для пароводяного цикла Ренкина, т.е. без учета потерь теплоты с уходящими газами в котле-утилизаторе и исходя из условия, что температура пара на входе в турбину равна температуре уходящих из ГПУ газов, что является неправильным решением. В этом случае наличие утилизационного контура (котла-утилизатора) между ГПУ и ПТУ не влияет на КПД комбинированной установки. Расчет по формуле (2.8) приводит к завышенным значениям КПД ПГУ, т.к. потери теплоты с уходящими газами в одноконтурном котле-утилизаторе составляют 30–35 % и более и их нужно учитывать.



3. На рис. 2.1б диссертации представлена тепловая схема энергетической установки на базе ДВС и паровой турбины, в которой предусмотрена РОУ, для снижения давления греющего пара перед деаэратором. Наличие РОУ усложняет установку, при этом снижается выработка электроэнергии турбогенератором ПТУ, за счет повышенного давления пара, направляемого из отбора в деаэратор через РОУ.

4. В табл. 2.3, 2.4 диссертации приведены результаты расчета котла-утилизатора на базе ГПУ Jenbacher JMS 620 GS мощностью 3,044 МВт, представлены энергетические, расходные и массогабаритные характеристики котла-утилизатора. Однако в расчетных данных, отсутствует КПД котла-утилизатора и численные значения энтальпии газов в зависимости от их температуры по контурам нагрева котла.

5. На стр. 41 диссертации (см. стр. 9 автореферата) указывается что, для реализации представленной на рис. 2.1б схемы могут быть использованы ГПУ с единичными мощностями до 18,3 МВт, а ПТУ – 0,5...2 МВт. При этом не выполняется известное соотношение между мощностями ГПУ и ПТУ энергетической ПГУ – 2:1.

6. Расчеты и технические решения, приведенные в диссертации, выполнены для тепловых схем энергетических установок на базе ГПУ типа Jenbacher JMS 620 GS, Wärtsilä 50SG, Caterpillar G3616 LE импортного производства (Австрия, Канада, США), что не соответствует требованиям Энергетической стратегии России на период до 2035 года.

7. Имеются замечания по оформлению рукописи диссертации:

- а) в уравнениях (2.16)–(2.28), (2.30)–(2.40) параметры представлены в искаженном виде, что не позволяет выполнить анализ этих уравнений;
- б) на стр. 50 температура обозначена термином «град»;
- в) в табл. 2.3 давление рабочего тела приведено в барах, а не в Па (МПа);
- г) список литературы приведен не по алфавиту, что затрудняет проводить анализ диссертации.

Отмеченные выше замечания и недостатки имеют частный характер, не снижают научной и практической ценности работы и целостности ее содержания.

**7. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати.** По теме диссертации соискателем опубликовано 13 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, 9 публикаций в сборниках трудов международных и всероссийских конференций и 2 публикации в других изданиях.

Автореферат диссертации выдержан по форме и объему и отражает основные положения диссертационной работы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация Н.В. Марасанова «Комбинированная тепловая электростанция на основе сочетания циклов Отто и Ренкина» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную с использованием современных



методов исследования и компьютерной техники на актуальную тему, направлена на решение комплексной научно технической задачи развития региональной энергетики с разработкой взаимосвязанных методических подходов и методов для исследования комбинированных энергетических установок на основе газопоршневых установок и паровых машин, и по актуальности, объему и уровню выполненных исследований и полноте публикаций отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ, установленным в п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в ред. от 11.09.2021) к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, соответствует паспорту специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты. Соискатель Марасанов Никита Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

#### Официальный оппонент

Профессор кафедры  
«Тепловые электрические станции»  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»,  
доктор технических наук, профессор  
443100, Самара, ул. Молодогвардейская  
244, Главный корпус  
Тел. 8(846)3324231; 3336577  
e-mail: tes@samgtu.ru

Кудинов  
Анатолий Александрович

12.05.2022 г.

Подпись Кудинова А.А. заверяю  
Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»,  
доктор технических наук

Малиновская  
Юлия Александровна

*Принят в совет 19.05.2022.  
Уч. секретарь ДС Жу/Беруца В.В./*

*С отзывом ознакомлен 23.05.2022  
Мож (Марасанов Н.В.)*