УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-проректор
по научной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана

_____ В.Н. Зимин

«31» марта 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет)
на диссертационную работу Бетинской Оксаны Андреевны
"Организация рабочего процесса в универсальной камере сгорания газотурбинной установки для утилизации попутного нефтяного газа",
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки

Представленная работа имеет своей целью разработку методики проектирования утилизационной камеры сгорания (КС) в составе отечественных газотурбинных установок (ГТУ) для малодебитных нефтяных месторождений и выработку рекомендаций по увеличению ресурса их работы. Основное внимание в работе уделено анализу причин выхода из строя дорогостоящих импортных установок при их эксплуатации непосредственно на малодебитных нефтяных месторождениях, разработке методики проектирования универсальных утилизационных КС, а также определению универсального значения коэффициента избытка воздуха в зоне

горения многозонной камеры, обеспечивающего устойчивое горение попутного нефтяного газа (ПНГ) разных месторождений. Основные результаты работы изложены в главах 2 – 4. В главе 2 обоснована необходимость разработки универсальной КС как подсистемы отечественной ГТУ блочно – модульного типа, получены концентрационные пределы горения разнородных по составу и теплотворной способности забалластированных ПНГ с целью определения универсального значения коэффициента избытка воздуха. С использованием разработанной методики получены режимные, геометрические и тепловые характеристики универсальной КС. Глава 3 посвящена описанию метода численного моделирования рабочего процесса в многозонной КС. Уравнения рабочего процесса рассмотрены с позиций обобщенного закона сохранения. В главе 4 проведено численное моделирование рабочего процесса полномасштабной КС, которое позволило уточнить параметры подачи вторичного воздуха. Здесь же приведена верификация результатов численного и экспериментального исследования горения ПНГ в модельной горелке, которая показала правильность принятых технических решений.

Выполнение данной работы обусловлено высоким уровнем доли ПНГ, сжигаемых на факельных установках, и отсутствием на малодебитных месторождениях утилизационных установок, предназначенных для топлив с переменным компонентным составом и различной теплотворной способностью. Исходя из этого, **актуальность** работы представляется несомненной.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные лично соискателем:

- впервые получены теоретические параметры горения (температура, составы, пределы горения) ПНГ сложного состава различных месторождений и проведена их верификация с полученными экспериментальными данными;

- предложена методика проектирования универсальных КС для утилизации разнородных нефтяных и техногенных газов сложного состава;

- впервые получены результаты численного моделирования турбулентного течения и горения ПНГ сложного состава в объеме универсальной КС;

- разработаны рекомендации по организации рабочего процесса в универсальных КС с целью повышения ресурса работы ГТУ.

Значимость результатов исследования заключается в том, что результаты термохимических, термодинамических расчетов ПНГ сложного состава, результаты численного моделирования рабочего процесса и полученные экспериментальные данные позволили разработать методику проектирования универсальных КС и обеспечить устойчивую работу утилизационных ГТУ в процессе их эксплуатации на малодебитных месторождениях, исключая возникновение помпажных явлений.

Основные положения диссертации нашли отражение в публикациях автора, в том числе в статьях рецензируемых научных журналов по списку ВАК (2), Scopus (3) и Web of science (1), а также в докладах на научно-практических конференциях.

Практическое значение результатов работы определяется тем, что разработанная методика проектирования позволяет определять проектные параметры универсальных КС для утилизации ПНГ, техногенных и отработанных газов на компрессорных станциях и тепловых электростанциях. Разработанная экспериментальная установка позволяет исследовать параметры рабочего процесса на различных режимах горения нефтяных, техногенных и отработанных газов. Полученные результаты были использованы при разработке конструкторской документации утилизационной КС в составе ГТУ с полезной мощностью 145 кВт (хоздоговорные работы с ПАО «Протон-ПМ» начиная с 2011 года), при создании экспериментального огневого стенда в лаборатории испытаний и

внедрены в учебный процесс подготовки кадров по направлениям 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», реализуемым на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Считаем целесообразным продолжить исследования, направленные на увеличение ресурса работы утилизационных установок попутных нефтяных и других техногенных газов в конструкторских организациях при создании модельного ряда подобных малоэмиссионых установок.

Замечания. Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, можно высказать некоторые замечания.

1. Недостаточно обосновано утверждение о ресурсе работы утилизационной камеры 45000 часов (капитальный ремонт 60000 часов), поскольку автором не проводились исследования по уносу конструкционных материалов в серосодержащих средах и ресурсные испытания в целом.

2. Результаты численного моделирования в главе 4 показали, что при температуре в зоне развитого горения ~2000 К температура в пристеночной зоне достигает значения до 1650 К. Такую температуру стенки не выдержит ни один хромоникелевый сплав. Однако автор ничего не говорит об охлаждении утилизационной КС.

3. В главе 2 диссертации указывается, что использование присадок типа анилин с массовой долей до 0,1 % снижает концентрацию серосодержащих коррозионно-активных веществ более чем на 10 %. Однако автор не рассматривает сложный технический вопрос организации малорасходной подачи присадки в топливную магистраль.

Высказанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. В целом диссертационная работа Бетинской О. А. выполнена на высоком научном уровне и содержит экспериментальный материал, подтверждающий достоверность выполненных исследований. Диссертация составлена логично, читается с интересом, основные результаты опубликованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Заключение. Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, имеющую практическую значимость для решения важной народно-хозяйственной задачи – создание ресурсосберегающих и импортозамещающих технологий, обеспечивающих утилизацию ПНГ на малодебитных месторождениях. Работа соответствует специальности 05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки, отвечает требованиям ВАК и п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013г. Ее автор, Бетинская Оксана Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Ракетные двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана, протокол № 14 21 марта 2017 г.

Заведующий кафедрой
«Ракетные двигатели»
д.т.н., профессор Д.А. Ягодников
daj@bmstu.ru

Секретарь кафедры Е.И. Бардакова

Ягодников Дмитрий Алексеевич - Заведующий кафедрой «Ракетные двигатели» МГТУ им. Н. Э. Баумана, д.т.н., профессор; Елена Ивановна Бирдакова – секретарь кафедры «Ракетные двигатели» МГТУ им. Н. Э. Баумана; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана» (национальный исследовательский университет) (МГТУ им. Н. Э. Баумана), 105005 г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, телефон: (499) 297-89-03; e-mail: daj@bmstu.ru