

ОТЗЫВ

зарубежного консультанта на диссертационную работу PhD докторанта Садыковой Самал Бекболатовны на тему «Разработка и исследование микромодульных воздушных форсунок для кольцевых камер сгорания ГТД», представленную к защите на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности D098 – Теплоэнергетика

С 2019-2021 гг. проходила обучение в PhD докторантуре по специальности D098 - «Теплоэнергетика».

Диссертационная работа Садыковой С.Б. посвящена разработке и исследованию микромодульной воздушной форсунки кольцевых камер сгорания ГТД и ГТУ. Проведен анализ существующих методов повышения эффективности процесса горения топлива, а конкретно влияние степени предварительного перемешивания топливовоздушной смеси и турбулентности потока на эффективность горения и образования вредных выбросов при сжигании газообразного топлива.

Актуальность исследования обусловлена быстро растущими требованиями (во всем мире и в Казахстане) к допустимым объемам вредных выбросов в атмосферу на фоне повышения эффективности горения.

Необходимость выбора данной темы диссертации была обусловлена тем, что в Казахстане 2 января 2021 г. был принят новый Экологический кодекс Республики Казахстан. Новый Экологический кодекс направлен на устранение недостатков действующего кодекса, проявившихся в процессе его применения, внедрение в Казахстане положительного опыта Европейского Союза и других зарубежных государств, закрепление недостающих механизмов исполнения Казахстаном международных обязательств в области охраны окружающей среды. Несмотря на то, что сегодня в мире применяют множество вихревых горелочных устройств, прямое влияние интенсивности турбулентности на эффективность горения и объемы вредных выбросов в камерах сгорания газовых турбин до настоящего момента были исследованы недостаточно.

Соискателем четко сформулированы цель и задачи исследования, а именно на основе программного моделирования и экспериментальных исследований турбулентности и горения разработан новая микромодульная форсунка для камер сгорания с низким содержанием NO_x, который обеспечивает: хорошее перемешивание, стабилизацию пламени, предотвращение проскока факела внутрь камеры смешения, эффективное горение топливовоздушной смеси.

Для достижения цели Садыкова С.Б. освоила методы математического моделирования в программном комплексе Ansys Fluent с применением кода CFD (Computation Fluid Dynamics), методику эксперимента определения скорости и интенсивности турбулентности на основе термоанемометра, методику огневых испытаний на примере горения пропана и природного газа в исследуемом модуле, а также методы статистического анализа для обработки полученных в экспериментах данных. В период обучения в докторантуре Садыкова С.Б. прошла стажировку в Рижском техническом Университете (г. Рига, Латвия), на базе лаборатории исследования кольцевых камер сгорания, где обучилась новейшим методам диагностики неполадок и автоматического контроля за

работой устройств. Полученные знания существенно способствовали решению поставленных задач диссертационного исследования и достижению цели.

В работе проведен подробный анализ литературных источников с глубиной поиска до сороковых годов XX века (ссылка на работы Зельдовича). Проанализированы десятки существующих в науке и технике конструкций топливосжигающих устройств на предмет эффективности горения топлива и объемов вредных выбросов. По результатам обзора обоснован выбор в конструкции горелочного устройства, геометрии лопаточных завихрителей. В рамках борьбы с вредными выбросами оксидов азота обусловлены преимущества сухих методов подавления окислов по сравнению с каталитическими и мокрыми.

На базе платформы Ansys Fluent смоделирована конструкция микромодульного воздушного устройства, оптимизирована геометрия, подобраны углы поворота лопаток входного и выходного завихрителей. Определены скорости и интенсивность турбулентности внутри модуля. Модель проверена на адекватность путем сравнения с результатами собственных экспериментов. Среднее отклонение составляет менее 7 %.

На основе термоанемометра экспериментально получены скорости и интенсивность турбулентности внутри модуля. Путем статистической обработки данных подтверждена и доказана достоверность полученных данных. Общая среднеквадратическая максимально-допустимая погрешность измерительной системы составила 1,16 %. В эксперименте с сжиганием пропана в опытном образце определено влияние интенсивности турбулентности на вредные выбросы в атмосферу, на примере NO_x и CO.

На основе массива полученных данных выведены математические зависимости, определяющие геометрию горелочного устройства. Данные уравнения позволят применять полученные в диссертации данные к другим подобным устройствам, тем самым унифицировать результаты, что и определяет научную и практическую (инженерную) новизну работы.

Научная новизна, выводы и практическая значимость мною оцениваются положительно. Данная работа имеет большое практическое значение для бурно развивающейся энергетической отрасли на базе газовых турбин и двигателей. Неоспоримая ценность работы заключается в том, что докторант экспериментально добился снижения вредных выбросов до уровня, допустимого мировым экологическим сообществом (около 15 ppm).

По материалам диссертационной работы было опубликовано 16 работ, из которых 3 - в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 2 публикации в журналах, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science, один из которых относится к Q3 (Web of Science), percentile 45 (Scopus); 2 патента на изобретение Республики Казахстан; 7 публикаций в материалах международных зарубежных конференций, учебное пособие «Отын және жану процестері» и монография «Камеры сгорания и мокрофакельные устройства».

За время учебы в докторантуре проявила себя как очень вдумчивый и ответственный исследователь, способный самостоятельно работать с научной информацией, анализировать, обобщать и систематизировать, полученный материал, делать корректные выводы. Особо хотелось бы отметить

инициативность диссертанта и щепетильность при анализе полученных данных, а также умение находить общий язык с сотрудниками научных и образовательных учреждений.

Выполненная диссертационная работа соответствует всем требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности D098-«Теплоэнергетика».

Зарубежный научный консультант
Professor (Full), PhD, DSc
Department of Chemical Engineering
University of Chemical Technology
and Metallurgy (Sofia, Bulgaria)



Jordan Hristov