

Приложение 5
к Типовому положению о
диссертационном совете
Форма

Письменный отзыв официального рецензента
д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Теплоэнергетика» НАО
«Торайгыров университет»
Никифорова Александра Степановича
на диссертацию
Садыковой Самал Бекболатовны
на тему «Разработка и исследование микромодульных воздушных форсунок
для кольцевых камер сгорания ГТД»
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
группы образовательных программ D098 – Теплоэнергетика

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Приоритетное направление: 1. Энергетика и машиностроение. Специализированное научное направление: 1.1. Тепло- и электроэнергетика и влияние энергетического сектора на окружающую среду, энергосбережение.
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку, потому что полученные результаты раскрывают вопросы влияния турбулентности на эффективность горения и объёмы вредных выбросов, а также позволяют оптимизировать существующие конструкции и создавать новые. Важность работы хорошо раскрыта: подробно освещена актуальность, новизна,

			теоретическая и практическая значимость работы
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Личный вклад автора заключается в следующих позициях: обзор и патентный поиск по теме диссертационного исследования, осуществление математического моделирования на платформе Ansys Fluent, разработка стратегии экспериментальных исследований, подготовка и проведение экспериментов, обработка результатов опытов, подготовка публикаций в научных журналах, подготовка патентов, апробация результатов работы. Научное направление исследования и идея, определены при участии научного руководителя и зарубежного консультанта.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертации определяется тем, что в мире непрерывно растет потребление энергии, как следствие сжигается больше органического топлива, производится больше вредных выбросов. Потому вопросы снижения загрязняющих веществ являются актуальными. Один из самых эффективных способов изучен в данной диссертационной работе. В камере сгорания с использованием ММВФ не существует сколько-нибудь определенных границ между первичной и вторичной зонами, как это имеет место в традиционных камерах. Почти весь воздух проходит через модули, а остаток вокруг них. Такая конструкция имеет существенно положительные стороны: – высокая теплонапряженность объема; – равномерное поле температур на выходе из камеры сгорания; – низкие выбросы NOx. Поэтому разработка и исследование элементов подобных камер сгорания является актуальной.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает;	Содержание диссертации полностью отражает тему диссертации. Микромодульная воздушная форсунка для

		3) Не отражает	кольцевых камер сгорания ГТД спроектирована, комплексно (теоретически и экспериментально) оптимизирована и адаптирована для массового производства.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Поставленная в работе цель по разработке и исследованию микромодульной воздушной форсунки для кольцевых камер сгорания газотурбинных двигателей достигнута. В соответствии с поставленной целью все задачи в работе были решены.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертация выстроена в строгой логической последовательности, позволяющей достичь поставленной цели. Первая глава содержит подробный обзор источников существующих достижений. Вторая глава – теоретические численные исследования влияния турбулентности на эффективность горения и эмиссии вредных газов. Третья глава – изотермический эксперимент и натурные испытания в условиях реального горения. Четвертая глава – обобщение и математические выводы по работе. Имеются все обязательные разделы работы.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Обзор существующих технологий снижения выбросов при горении был подвергнут в работе активной критике. Четко были сформулированы преимущества разработанной форсунки перед существующими аналогами.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Применяемые в работе методы исследования (моделирование в Ansys Fluent, регрессионный анализ и т.д.) давно известны в науке. Но полученные результаты, такие как углы поворота лопаток завихрителей, угол и позиция подачи топлива в камеру, интенсивность турбулентности являются принципиально новыми и полезными для данной группы конструкций.
		5.2 Выводы диссертации	Выводы работы содержат

		<p>являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>принципиально новые сведения, необходимые создания подобных конструкций с высокими техническими и экологическими показателями. При использовании приведенной конструкции эмиссии NO_x сократились до 22 ppm.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Принципиально новым техническим решением является многофакторная регрессионная зависимость интенсивности турбулентности от геометрических характеристик, позволяющая воссоздать поле турбулентности внутри ММВФ, также выведены математические зависимости температуры T, КПД горения η и эмиссий CO и NO_x от таких показателей как интенсивность турбулентности ϵ внутри микро модуля и углов поворота лопаток входного β_1 и выходного β_3 завихрителей. Установлено влияния степени турбулентности на образование NO_x и в методике расчета NO_x внесены поправки.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Все выводы научных заключений в работе основаны на основных законах и закономерностях термодинамики, теплообмена и механики жидкости и газа, а также экспериментальных и теоретических данных в области исследования интенсивности турбулентности в кольцевых камерах.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p>	<p>7.1 Все 5 положений, выносимых на защиту подробно и достоверно доказаны в работе: рациональные условия образования топливно-воздушной смеси определяются предлагаемыми конструктивными решениями; результаты математического моделирования поля скоростей и интенсивности турбулентности проверены на адекватность собственными экспериментальными исследованиями; экспериментальные данные по изучению средней скорости и интенсивности турбулентности</p>

		<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>были проверены на достоверность путем сравнения с аналогами других исследователей; рациональная конструкция микромодульной воздушной форсунки камеры сгорания газовой турбины проверена на теоретической модели и в ходе эксперимента.</p> <p>7.2 Все положения, выносимые на защиту, являются оригинальными: рациональные условия образования топливно-воздушной смеси организованы принципиально новым способом с использованием тройного завихрения потока; оригинальность результатов математического моделирования поля скоростей и интенсивности турбулентности заключается в заданных краевых и начальных условиях предложенной конструкции; экспериментальные данные не тривиальны по причине уникальной организации конструкции и аэродинамических потоков внутри модуля и за его пределами; оригинальность положения «рациональная конструкция микромодульной воздушной форсунки камеры сгорания газовой турбины» доказана тремя полученными патентами на изобретение Республики Казахстан.</p> <p>7.3 Все 5 положений, выносимых на защиту, являются принципиально новыми. Их новизна подробно определена как нетривиальность в пункте 7.2.</p> <p>7.4 Положения, выносимые на защиту, имеют широкий уровень применения в аналогичных исследованиях и в технике в целом: рациональные условия образования топливно-воздушной смеси широко применимы в подобных конструкциях камер сгорания; результаты математического моделирования поля скоростей и интенсивности турбулентности внедрены в учебный процесс; экспериментальные данные</p>
--	--	---	---

			<p>внедрены в производство; рациональная конструкция микромодульной воздушной форсунки камеры сгорания газовой турбины применима в ГТД энергетических, авиационных, судовых и газоперекачивающих промышленных объектов.</p> <p>7.5 Все положения, выносимые на защиту, доказаны в 3 статьях рекомендованных ККСОН РК, 1 статье базы Web of Science и в нескольких МНП Конференциях.</p>
8.	<p>Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Выбранные методы исследования в работе были проанализированы на предмет погрешности. Отклонение результатов математического моделирования составило около 7 %. Предел среднеквадратичной погрешности измерительного оборудования в экспериментах находится в диапазоне 0,8 - 1,5 %.</p>
<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да; 2) нет</p>		<p>Моделирование процесса внутри микромодульной форсунки проводилось на базе наиболее признанного программного комплекса Ansys Fluent. Для вывода итоговых зависимостей применялся проверенный временем метод регрессионного анализа</p>	
<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да; 2) нет</p>		<p>Результаты численных исследований были проверены на адекватность путем сравнения с результатами экспериментов. Средняя несходимость составила 6,9 %.</p>	
<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>		<p>Все необходимые ссылки в работе имеются. Общий список литературы насчитывает 171 источник. Имеются ссылки на собственные труды.</p>	
<p>8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного</p>		<p>Наибольшее число ссылок наблюдается в первой главе – литературном обзоре.</p>	

		обзора	
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Полученные в работе уравнения и закономерности для определения объемов вредных выбросов в зависимости от интенсивности турбулентности применимы для любых подобных конструкций и являются универсальными, представляя существенную ценность для технической науки.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Практическая значимость данного исследования отображается в использовании результатов в учебном процессе (акты внедрения в учебный процесс) и с внедрением в производство (акт внедрения в производство). Полученные численные значения, формулы и коэффициенты внедрены в учебный процесс ЕНУ им. Л.Н. Гумилева и АУЭС им. Г. Даукеева с 2021/22 учебного года.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предлагаемые в работе решения способны существенно улучшить уже существующие конструкции и производить более эффективные новые.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Работа выполнена в строго научном стиле. Понимание сути доступно для специалиста в данной области знаний. По ходу прочтения работы не было замечено грубых грамматических ошибок.

Диссертационная работа на тему: «Разработка и исследование микромодульных воздушных форсунок для кольцевых камер сгорания ГТД» отвечает требованиям «Правил присуждения степеней» Министерства образования и науки Республики Казахстан, а соискатель Садыкова Самал Бекболатовна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по группе образовательных программ D098 – «Теплоэнергетика».

д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой «Теплоэнергетика»
НАО «Торайгыров университет»

А.С. Никифоров

