

## Письменный отзыв официального рецензента

Доктора технических наук, профессора, профессора кафедры промышленных теплоэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

**Султангузина Ильдара Айдаровича**

на диссертационную работу

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	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого (-ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) <u>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</u></p>	Диссертация была выполнена в рамках приоритетного направления развития государства в целом, а именно развитие технического сектора с целью снижения потребления энергии и перехода от ресурсозависимой экономики к эффективному производству. Основное направление исследования – это снижение вредных выбросов при сжигании органического топлива. В соответствии с обязательствами Киотского протокола, принятыми Казахстаном в 1997 году, на сегодняшний день Республика обязуется снизить вредные выбросы до уровня 1990 года. В итоге выбранное направление исследования в диссертации соответствует отмеченным приоритетным направлениям развития науки в Казахстане.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> / не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта</u> / не раскрыта	Результаты, полученные в работе, несомненно, несут научную ценность, так как математические выводы на основе экспериментальных данных определяют возможность расчета объемов эмиссии оксидов азота в зависимости от различных технических факторов, включая температуру горения, давление и коэффициент избытка воздуха.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ;	О высоком уровне самостоятельности можно судить по объёму личного вклада,

	ти	2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	который внес докторант, а именно, докторантом был осуществлен патентный и литературный поиск по теме исследования; было произведено математическое моделирование аэродинамических потоков в рассматриваемой микромодульной воздушной форсунке с учетом горения и без него; была разработана стратегия осуществления эксперимента, а также его проведение для изотермических условий и с учетом протекающих химических реакций; была подготовлена рукопись к публикации в журналах и сборниках конференций, что подтверждает позиция первого автора в ряде публикаций; были подготовлены заявки на изобретения, как следствие получено 3 патента Республики Казахстан.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: <u>1) Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертации обоснована и подробно представлена в разделе «Введение». Краткая суть актуальности сводится к тому, что разработанное в работе устройство-микромодуль позволяет снижать вредные выбросы до уровня стандартов ЕРА, стран таможенного союза и Казахстана, в частности. Эффект достигается за счет организации активного смесеобразования внутри модуля.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: <u>1) Отражает;</u> 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации всецело отражает тему, заявленную в заголовке диссертации. В ходе работы была разработана и исследована микромодульная воздушная форсунка для кольцевых камер сгорания газотурбинных двигателей. Разработанная воздушная форсунка обоснована численными и экспериментальными исследованиями, подтверждающими друг друга.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: <u>1) соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	В работе классически была поставлена одна цель и ряд задач, решение которых позволит достичь поставленной цели. Цель работы дословно отражает тему диссертации: разработка и исследование микромодульной воздушной форсунки для кольцевых камер сгорания ГТД с пониженными выбросами NOx. Поставленные задачи представляют собой классический ряд исследовательских задач, а именно, осуществить литературный обзор, провести математическое моделирование потоков внутри модуля, спланировать и провести эксперимент в доказательство или опровержение результатов моделирования, по результатам исследования вывести регрессионные зависимости для расчета вредных выбросов, сформулировать рекомендации

			для дальнейшего потенциального внедрения и производства. Все отмеченные задачи были решены.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: <u>1) полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертационная работа Садыковой С.Б. выполнена в объеме более 150 страниц, состоит из введения, 4-х основных глав, заключения, списка литературы и приложений. В первой главе представлен обзор актуальных достижений по теме исследования. Глава 2 теоретически раскрывает влияние закрученных потоков на процесс горения на примере турбулентности. В главе 3 разработаны, собраны и испытаны в изотермическом режиме и в условиях реального горения газового топлива в нескольких модулях для оптимизации параметров конструкции. В Главе 4 приводится математический анализ данных, полученных в экспериментах, с выводом универсальных уравнений, применимых для создания аналогичных конструкций. В выводах приводятся рекомендации для дальнейшего применения.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: <u>1) критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Все достижения науки в данной области знаний, которые описаны в первой главе, подверглись критическому анализу со стороны докторанта. Достоинства и недостатки каждого способа снижения вредных выбросов присутствуют в работе. Обоснованы преимущества предлагаемой конструкции по сравнению с существующими аналогами. В работе также имеется сравнение результатов эксперимента с аналогичными эмпирическими исследованиями. Отклонение результатов составило не более 20 %.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? <u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Из существующих литературных источников известно, что подобными исследованиями на примере влияния интенсивности турбулентности на эмиссию загрязняющих веществ до сегодняшнего дня никто не занимался. В итоге полученные результаты закрывают образовавшуюся брешь в научном знании области науки, исследующей эффективность и экологичность сжигания органических топлив для энергетических и транспортных целей.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? <u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации полностью отражают результаты, перечисленные в предыдущем пункте, так как они являются производными от поставленных в начале исследования задач.
		5.3 Технические, технологические, экономические или	Технические решения, отмеченные в выводах к работе, имеют научную и техническую новизну. На большинство

		<p>управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>технических решений было получено 3 патента на изобретение Республики Казахстан, которые по требованиям патентного ведомства подразумевают обязательную инженерную и изобретательскую новизну.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <u>основаны</u> / 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>Выводы, полученные на основании численных исследований, были проверены на адекватность в сравнении с результатами экспериментов. Опытные исследования подвергались проверке на достоверность путем сравнения с аналогами зарубежных исследований.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>7.1 Положения, выносимые на защиту доказаны полностью. Рациональные условия образования топливно-воздушной смеси доказаны второй и третьей главами работы кроме первой. Результаты математического моделирования доказаны низким отклонением от результатов экспериментов с потоками аэромассы внутри модуля. Экспериментальные данные доказаны методом оценки предела среднеквадратичной относительной погрешности средств измерения, использованных при всех опытных исследованиях. Рациональная конструкция микромодуля доказана также теоретическими и экспериментальными исследованиями из второй и третьей главы диссертации.</p> <p>7.2 На первый взгляд положения, выносимые на защиту, выглядят банально и похожи на положения других аналогичных работ. Но при более пристальном изучении работы становится очевидной необходимость такого списка положений, выносимых на защиту. Рациональные условия образования топливно-воздушной смеси носят оригинальный характер, так как основным фактором влияния является интенсивность турбулентности, ранее не изученная в данном контексте практического применения. Результаты математического моделирования не тривиальны по причине того, что для численных исследований задавались значения скоростей, полученных в ходе опытных испытаний с целью поиска устойчивости потока. Экспериментальные данные не тривиальны, так как огневые испытания предшествовали изотермические</p>


			<p>эмпирические исследования. Рациональная конструкция микро модуля представляет собой устройство, которое не существовало ранее.</p> <p>7.3 Положения, выносимые на защиту, являются новыми и сформулированы как результаты и выводы. Новизна выводов и результатов подробно отражена в пункте 5.1 и 5.2 текущего отзыва.</p> <p>7.4 Основные положения, выносимые на защиту, имеют широкий уровень для применения. Рациональные условия образования топливно-воздушной смеси применимы в большинстве камер сгорания газовых турбин, а так же в ряде вихревых горелочных устройств. Результаты математического моделирования могут быть полезны практически для любых исследований, связанных с вихревым сжиганием органических топлив. Экспериментальные данные будут полезны для сравнения других результатов, достоверность которых находится под сомнением. Рациональная конструкция микро модуля применима в большинстве из известных науке камер сгорания газовых турбин и газотурбинных двигателей.</p> <p>7.5 Докторант в диссертации приводит полный список трудов, опубликованных по теме исследования (Приложение Е).</p>
8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Выбор методологии представляет собой классический ряд методов, традиционно применяемых в научно-технических исследованиях. В основу методов легли законы термодинамики, теплообмена и механики жидкости и газа, а также экспериментальные и теоретические данные в области исследования интенсивности турбулентности в кольцевых камерах. Все применяемые методы проверены десятилетиями успешного использования.</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>Результаты диссертационной работы получены - на основе моделирования с использованием пакета программ Ansys Fluent, - на основе обработки результатов экспериментов встроенных в Windows программ, таких как Excel и др., - на основе регрессионного анализа с применением соответствующих программ.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены</p>	<p>Результаты численных исследований аэродинамических потоков в изотермических условиях и условиях реального горения проверены на адекватность путем сравнения с</p>

		<p>экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>аналогичными экспериментальными данными в работе.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> / частично подтверждены / не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Список литературы представляет собой набор ссылок на источники практически во всех главах диссертации, включая введение. Наибольшее число ссылок имеет первая глава, что не противоречит принятым в научном обществе нормативам.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> / не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Глубина литературного поиска достигает 30-х годов XX века. Список источников из более чем 150 наименований содержит зарубежные источники в количестве не менее 50 %, что отражает широту литературного охвата.</p>
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>Теоретическое значение работы отражено подробно в первой половине 4 главы, а именно в выводах по результатам регрессионного анализа. Поле турбулентности возможно воссоздать в аналогичных конструкциях благодаря уравнениям из 4 главы. Итоговое уравнение дает возможность прогнозировать выбросы оксидов азота в зависимости от многих влияющих факторов, один из которых – это избыток воздуха. На основании сказанного считаю доказанным теоретическую (научную) значимость работы.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>Устройство может быть использовано в кольцевых камерах сгорания газотурбинных двигателей, для снижения уровня эмиссии NOx и CO при сжигании газового и жидкого топлива и обеспечения устойчивого горения топлива в широком диапазоне нагрузки.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%);</u></p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Сформулированные в конце работы выводы содержат рекомендации для внедрения в микромодульные воздушные форсунки кольцевых камер сгорания газотурбинных двигателей. Внедрение позволит улучшить технические экологические показатели по сравнению с существующими конструкциями.</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) <u>высокое;</u></p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего;</p> <p>4) низкое.</p>	<p>Стилистика и оформление диссертации соответствуют требованиям к написанию научных трудов и не вызывает недопонимания со стороны читающего работу ученого в данной области знаний.</p>

Диссертационное исследование Садыковой Самал Бекболатовны на тему «Разработка и исследование микромодульных воздушных форсунок для кольцевых камер сгорания ГТД» в полной мере соответствует требованиям «Правил присуждения степеней», а ее автор заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (PhD) по группе образовательных программ D098 – «Теплоэнергетика».

**Официальный рецензент:**

Доктор технических наук (специальность 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика), профессор, профессор кафедры промышленных теплоэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

  
И.А. Султангузин

Подпись Султангузина И.А. заверяю:  
Заместитель начальника управления по работе с персоналом ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»



  
Л.И. Полевая

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная ул., 14  
тел./факс: 8 (495) 362-78-89, эл.почта: SultanguzinIA@mpei.ru