



## ОТЗЫВ

### НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Нугуманова Алексея Дамировича на тему:

«Методика экспериментальной доводки низкоперепадных камер сгорания газотурбинных установок по экологическим нормам», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Перед разработчиками современных тепловых машин и, в частности, газотурбинных двигателей (ГТД), используемых в энергетике, в газоперекачивающих агрегатах и в качестве транспортных средств (авиация, водный и железнодорожный транспорт), стоит задача обеспечения экологической безопасности, высокой экономичности, эксплуатационной эффективности и надежности. Особая роль в конструктивном облике тепловой машины отводится вопросам организации рабочего процесса горения. Важнейшая фундаментальная проблема современной физики горения, имеющая непосредственное отношение к перспективам развития ГТД — организация устойчивого горения с обеспечением максимально высокой полноты и термодинамической эффективности сгорания при минимально низком выходе вредных веществ. Установлено, что наиболее перспективным решением проблемы обеспечения экологической безопасности сегодня является гомогенное горение заранее подготовленной ТВС на «ультрабедном» пределе. В результате успешного решения указанной

проблемы как единого подхода к организации рабочего процесса в камерах сгорания (КС) можно ожидать получение требуемого в соответствии с действующими нормами уровня эмиссии вредных веществ продуктов сгорания углеводородных и альтернативных видов топлив. Теоретические и численные методы расчета рабочего процесса принятой концепции «бедного» горения пока недостаточно развиты и поэтому важное значение имеют экспериментальные исследования, выполняемые на моделях и установках при имитации условий работы в составе двигателя. В связи с этим диссертационная работа А.Д. Нугуманова, посвященная разработке методики экспериментальной доводки камер сгорания с выносными жаровыми трубами газотурбинных установок, работающих по технологии сжигания «бедных» гомогенных смесей с целью обеспечения экологической безопасности, экономичности и надежности, является актуальной и имеет большую практическую значимость.

Научная новизна заключается в том, что разработана методика экспериментальной отработки рабочего процесса горения камеры сгорания с 12 выносными жаровыми трубами и одномодульным фронтальным устройством, апробированная при доводке ГТУ АО «ОДК-Авиадвигатель» мощностью 16МВт, объединяющая вопросы обеспечения экологической безопасности с достижением низкого уровня термоакустических пульсаций и проверкой устойчивости к проскоку пламени. Несомненным достоинством и практической значимостью диссертационной работы являются исследования, выполненные в результате отладки методики на отсеке стенда, оборудованного специальным комплексом измерений при полном обеспечении параметров двигателя.

Достоверность полученных результатов обеспечена тем, что все использованные датчики, измерительные приборы и гребенки аттестованы и имеют действующие сертификаты калибровки.

К недостаткам работы следует отнести:

1. В настоящее время разработчики ГТУ ориентируются на обеспечение эмиссии **NOx не более 25...30 мг/м<sup>3</sup>** и **CO не более 100 мг/м<sup>3</sup>**, т.е. нормы утвержденные ПАО «ГАЗПРОМ» в 2010г. в соответствии с поручением Президента РФ по итогам заседания Президиума Госсовета от 27.05.2010, что необходимо учитывать в п.2 раздела «Цель работы» (стр.5 автореферата) и далее по тексту.

2. В главе 1 (стр.8), где «представлено описание существующих малоэмиссионных технологий сжигания топливного газа» совершенно отсутствует отечественный опыт в виде разработок ЦИАМ, ВТИ и малоэмиссионной системы сжигания топлива в ГТД и ГТУ семейства НК на уровне мировых стандартов, тем более что еще в 2008 г. специалисты ОАО «Авиадвигатель» (г. Пермь) со своей аппаратурой принимали участие в измерении эмиссионных характеристик ГТУ НК-37 и подтвердили их низкий уровень.

3. Горение турбулентных закрученных потоков связано с явлением внезапного перехода на нестационарный режим течения с интенсивными пульсациями высокой амплитуды (распад вихря), определяемый степенью закрутки потока. Степень закрутки обычно определяют на основании вихревой теории гребного винта Н. Е. Жуковского. В связи с этим в разработанной экспериментальной методике доводки следует учитывать такой общепринятый подход вместо геометрического угла крутки (стр.17).

Однако отмеченные недостатки не снижают научной новизны работы, её практической значимости. Результаты исследований достаточно апробированы и опубликованы.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.07.05-Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки ЛА по п.1 «Теория и рабочий процесс тепловых и электроракетных двигателей ЛА, а также энергетических установок, узлов и систем, включая элементы силовой установки, сопряженные с двигателем. Оптимизация схем и параметров

двигателей», так как выполненная работа направлена на отработку новых, перспективных, экологически безопасных технологий организации горения в ГТУ, которые распространяются и на авиационные ГТД при использовании в качестве альтернативного вида топлива сжиженного природного газа (СПГ) подобно тому как технология сжигания жидкого водорода и СПГ в авиационных ГТД НК-88 и НК-89 дала путевку в жизнь конвертируемым ГТУ семейства НК.

Диссертационная работа является законченным трудом, выполненным на высоком научном уровне, соответствует требованиям ВАК п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор **Нугуманов Алексей Дамирович** заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Д.т.н., профессор Цыбизов Юрий Ильич \_\_\_\_\_

Ведущий конструктор АО «Металлист-Самара».

Адрес электронной почты: 2422490@mail.ru.

Подпись заверяю

Технический директор

АО «Металлист - Самара»

С



Ю.Д. Селезнев