

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
Нижегородского государственного
технического университета

им. Р.Е. Алексеева

Д.Т.И. Вабанов Николай Юрьевич



« 01 » июля 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»

Диссертация «Выбор конструктивных параметров струйно-реактивной ступени малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины с учетом динамики рабочих процессов» выполнена А.А. Крайновым в государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ).

В период подготовки диссертации А.А. Крайнов учился в очной аспирантуре с 01.10.2014 по 30.09.2018 на кафедре «Энергетические установки и тепловые двигатели». До поступления в аспирантуру он закончил магистратуру в этом же университете по направлению «Энергетическое машиностроение». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Нижегородским государственным техническим университетом в 2018г.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Хрунков Сергей Николаевич, работает заведующим кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели» НГТУ с 2018 года, до того работал доцентом на той же кафедре.

По результатам рассмотрения диссертации А.А. Крайнова принято заключение: диссертация «Выбор конструктивных параметров струйно-реактивной ступени малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины с учетом динамики рабочих процессов» является научно-квалификационной работой, в которой рассмотрены вопросы проектирования малоразмерных радиальных двухступенчатых турбин, выбора конструктивных параметров струйно-реактивной ступени, обеспечения высоких технологических, энергетических и экономических показателей турбинного привода.

Актуальность темы и направленность исследований.

Малоразмерные турбины, работающие при сравнительно малых объемных расходах и высоких начальных параметрах рабочего тела, широко применяются в турбинном приводе агрегатов судовых и авиационных транспортных

энергетических установок: вентиляторов, насосов, стартеров, задвижек трубопроводов и других механизмов. Использование трансзвуковых и сверхзвуковых турбинных ступеней позволяет срабатывать в них большие теплоперепады энтальпий, что существенно сокращает число ступеней турбины и повышает компактность турбинного привода в целом.

В последние десятилетия существенно выросла интенсивность научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых с целью повышения эффективности турбинных приводов различного назначения, что свидетельствует об их значимой роли в транспортной энергетике.

Разработка специальной кинематической схемы турбинной ступени, позволяющей реализовать малоразмерные многоступенчатые турбины, в том числе и ступени давления, является ключевым фактором для повышения эффективности малоразмерного турбинного привода в указанных областях применения. Рациональной кинематической схемой малоразмерной многоступенчатой турбины может быть турбина с радиальными ступенями давления, расположенными последовательно по оси вала турбины. В этом случае определяющими становятся конструктивные параметры струйно-реактивной ступени малоразмерной радиальной турбины, выбираемые с учетом динамики рабочих процессов. В этой связи тема диссертации является важной и актуальной.

Научная направленность работы А.А. Крайнова связана с моделированием рабочих процессов струйно-реактивной ступени малоразмерной радиальной двухступенчатой турбины и ее экспериментальными исследованиями и соответствует научной специальности 01.02.05 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» (технические науки).

Научная новизна – в диссертации получены следующие новые результаты.

1. Выполнен анализ рабочих процессов в проточной части двухступенчатой малоразмерной радиальной турбины со струйно-реактивной ступенью давления и центростремительной ступенью скорости, позволивший выявить элемент, обеспечивающий наибольшее относительное изменение КПД турбины за счет изменения коэффициента скорости.
2. Выполнено численное моделирование и определены газодинамические параметры потока рабочего тела в сопловом аппарате СРТ в составе малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины.
3. Предложена расчетно-экспериментальная методика выбора конструктивных параметров малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием фундаментальных положений газовой динамики и теории турбомашин при разработке конструкции и моделировании рабочих процессов в малоразмерной двухступенчатой радиальной турбине. Результаты моделирования подтверждены проведенными экспериментальными исследованиями с применением современного поверенного измерительного и испытательного оборудования. Сходимость расчетных и экспериментальных данных хорошая.

Диссертационная работа основывается на трудах отечественных и иностранных ученых в области проектирования турбомашин и турбинных приводов.

На защиту выносятся:

- конструктивные решения струйно-реактивной ступени малоразмерной турбины в качестве основного элемента двухступенчатого радиального турбинного привода ручных пневматических шлифовальных машин;
- результаты численного моделирования газодинамических процессов СРТ;
- методика выбора конструктивных параметров струйно-реактивной ступени малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины с учетом динамики рабочих процессов;
- конструктивные параметры канала соплового аппарата СРТ, обеспечивающие наибольшую эффективность малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины.

Практическая значимость. Полученные результаты были использованы в учебном процессе в НГТУ по дисциплинам «Механика жидкости и газа», «Прикладная газодинамика», в указанные дисциплины введены дополнительные разделы – характеристики и методы расчета струйно-реактивных турбин, влияние косога среза сопла на параметры газового потока, математическое моделирование течения рабочего тела в проточной части малоразмерных турбин. Полученные результаты использованы также в научно-исследовательской работе при создании и изготовлении модельного ряда ручных пневматических шлифовальных машин (РПШМ) с турбинным приводом, предназначенных для выполнения технологических операций в судостроении, авиационной промышленности и других отраслях машиностроения. Созданные и изготовленные РПШМ существенно превосходят по своим энергетическим и экономическим показателям импортные аналоги. Полученные результаты рекомендуется использовать при разработке пневматических многоступенчатых турбинных приводов, в состав которых входит струйно-реактивная ступень.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в расчетных и натурных экспериментах по поиску оптимальных параметров сверхзвукового сопла СРТ, планировании эксперимента, а также участвовал в обсуждении и интерпретации результатов, влияния СРТ на эффективность всей схемы турбинного пневматического привода. Автором выполнены все этапы профилирования сопел, составление трехмерных геометрических моделей. Автору принадлежат выводы и научные положения, сформулированные в диссертационной работе.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы опубликованы в реферируемых научных журналах, в том числе из перечня ВАК и в индексируемых в базе Scopus, докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях: «XIV Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки»» (Нижний Новгород, 2015); «Международная молодежная научная конференция «XXII Туполевские

чтения (школа молодых ученых)» (Казань, 2015); «V Всероссийская межотраслевая научно-техническая конференция «Актуальные проблемы морской энергетики» (Санкт-Петербург, 2016); «XV Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки» (Нижний Новгород, 2016); «Всероссийская научно-практическая конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве» (Нижний Новгород, 2016). **Основные положения диссертационной работы отражены в 15 печатных работах**, в том числе 2 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 2 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, получено 2 охранных документа на результаты интеллектуальной деятельности, 9 работ опубликовано в прочих научных изданиях.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

№ п/п	Научные работы	Личный вклад автора
1	Крайнов А.А. Квазиэксергетический анализ пневматического микротурбинного привода ручных шлифовальных машин / Крайнов А.А., Хрунков С.Н., Жуков А.Е. // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1-1. с.223	Выполнен анализ эксергетических показателей турбинного привода и проведены расчеты. Работа выполнена в соавторстве
2	Крайнов А.А. Радиальная двухступенчатая микротурбина для пневматического привода / Крайнов А.А., Кузнецов Ю.П., Химич В.Л., Хрунков С.Н. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2016. №2. с.119-122	Выполнена постановка задачи, предложен алгоритм решения и анализ результатов. Работа выполнена в соавторстве

Публикации в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных.

№ п/п	Научные работы	Личный вклад автора
3	Kraynov A.A. The influence of aerodynamic characteristics of the elements of the flow range of the radial two-row range of the radial two-row microturbine on its dynamic characteristics / Khimich V.L., Chuvakov A.B., Khrunkov S.N., Kraynov A.A. // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. T. 11. № 23. pp. 11501-11509	Выполнена постановка задачи и проведены расчеты. Работа выполнена в соавторстве.
4	Kraynov A.A. Two-rimming radial turbine for drive of manual pneumatic grinders / Kraynov A.A., Khimich V.L., Chuvakov A.B., Kikeev V.A., Khrunkov S.N. // International Journal of Applied Engineering Research, 2016, №16 Volume 11, pp. 8982-8986	Выполнены расчеты и обоснование, получены предварительные результаты. Работа выполнена в соавторстве.

Охранные документы на результаты интеллектуальной деятельности.

№ п/п	Научные работы	Личный вклад автора
5	Крайнов А.А. Турбинный привод: Пат. 164589 РФ, МПК(51) F01D 21/00 / Ю.П. Кузнецов, В.Л. Химич,	Подобран прототип и выполнен анализ. Работа

	А.Б. Чуваков, С.Н. Хрунков, А.А. Крайнов – Оpubл. 10.09.2016. Бюлл. № 25	выполнена в соавторстве.
6	Крайнов А.А. Аэростатический подшипник: Пат. 165553 РФ, МПК(51) F16C 32/06 / Ю.П. Кузнецов, В.Л. Химич, А.Б. Чуваков, С.Н. Хрунков, А.А. Крайнов – Оpubл. 20.10.2016. Бюлл. № 29	Подобран прототип и выполнен анализ. Работа выполнена в соавторстве.

Публикации в прочих научных изданиях:

№ п/п	Научные работы	Личный вклад автора
7	Крайнов А.А. Влияние работы турбинного привода компрессора комбинированного ДВС на температуру уходящих газов / Крайнов А.А., Хрунков С.Н. //XIV Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки». – Нижний Новгород: НГТУ. – 2015., с.284	Выполнен анализ и проведены расчеты. Работа выполнена в соавторстве.
8	Крайнов А.А. Основные подходы к разработке концепции проектирования струйно-реактивной турбины для привода ручного шлифовального инструмента / Крайнов А.А., Хрунков С.Н., Химич В.Л. //XXII Международная молодежная научная конференция «Туполевские чтения». –Казань: КНИИТУ-КАИ.– 2015, с.391-398	Выполнена постановка задачи и проведены расчеты. Работа выполнена в соавторстве.
9	Крайнов А.А. Анализ основных факторов, определяющих энергетические показатели струйно-реактивной пневматической микротурбины / Крайнов А.А., Хрунков С.Н., Химич В.Л. //V Всероссийская межотраслевая научно-техническая конференция «Актуальные проблемы морской энергетики». – Санкт-Петербург: СПбГМТУ.– 2016, с.174-176	Выполнена постановка задачи, проведены расчеты, представлена оценка результатов. Работа выполнена в соавторстве.
10	Крайнов А.А. Расчетные характеристики двухступенчатой радиальной микротурбины / Кузнецов Ю.П., Химич В.Л., Чуваков А.Б., Хрунков С.Н., Крайнов А.А. // Всероссийская научно-практическая конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве». – Нижний Новгород: НГТУ. – 2016, с.347-359	Выполнена постановка задачи и проведены расчеты. Работа выполнена в соавторстве.
11	Крайнов А.А. Совершенствование радиальной центробежной турбины в составе пневматической ручной шлифовальной машины / Воеводин А.Г., Крайнов А.А., Хрунков С.Н., Чуваков А.Б. // Всероссийская научно-практическая конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве». – Нижний Новгород: НГТУ. –2016, с.311-317	Выполнена постановка задачи, проведены расчеты и представлены экспериментальные данные. Работа выполнена в соавторстве.
12	Крайнов А.А. Экспериментальный стенд для исследования микротурбин и шлифовальных машин с турбинным приводом / Химич В.Л., Кузнецов Ю.П., Воеводин А.Г., Чуваков А.Б., Хрунков С.Н., Крайнов А.А. // Всероссийская научно-практическая	Представлено описание стенда и его характеристики, описана технология проведения экспериментов.

	конференция «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве». – Нижний Новгород: НГТУ. – 2016, с.426-437	Работа выполнена в соавторстве.
13	Крайнов А.А. Испытания ручных пневматических шлифовальных машин / Крайнов А.А., Хрунков С.Н. //XV Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки». – Нижний Новгород: НГТУ. – 2016, с.332	Выполнена постановка экспериментов и приведены их результаты. Работа выполнена в соавторстве.
14	Крайнов А.А. Ручная пневматическая шлифовальная машин с инновационным типом привода для судостроения и судоремонта / Хрунков С.Н., Крайнов А.А. // IV Международный Балтийский морской форум, IV Международная научная конференция «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии». – Калининград: КГТУ. – 2016,с.214-220	Представлена конструкция и основные характеристики. Работа выполнена в соавторстве.
15	Крайнов А.А. Экспериментальные исследования влияния степени парциальности центростремительной ступени на комплексную эффективность малоразмерного двухступенчатого пневматического турбинного привода / Хрунков С.Н., Крайнов А.А. // Транспортные системы. – Нижний Новгород: НГТУ. - 2017. № 2 (5). С. 55-59	Выполнена постановка задачи, проведены расчеты и представлены результаты. Работа выполнена в соавторстве.

Диссертация «Выбор конструктивных параметров струйно-реактивной ступени малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины с учетом динамики рабочих процессов» Крайнова Артема Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» (технические науки).

Заключение принято на заседании кафедры «Энергетические установки и тепловые двигатели» 04.06.2018, протокол №5. Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 5 от 4 июня 2018 года.

Зав. кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели», к.т.н., доцент



С.Н. Хрунков