

# МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Институт проблем машиностроения РАН  
- филиал Федерального государственного бюджетного научного  
учреждения «Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной физики Российской академии наук»  
(ИПМ РАН)

Белинского ул., д. 85, Нижний Новгород, 603024. Тел./факс (831) 432-03-00. E-mail: imsh@sinn.ru  
ОКПО 04836215, ОГРН 1025203020193, ИНН 5260003387, КПП 526243001

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПМ РАН,  
доктор физико-математических наук,  
профессор  
В.И. Ерофеев  
2018 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Института проблем машиностроения РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики

Российской академии наук» на диссертационную работу **Крайнова Артема Александровича** «Выбор конструктивных параметров струйно-реактивной ступени малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины с учетом динамики рабочих процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки)».

### 1. Актуальность для науки и практики

Создание эффективного малоразмерного пневматического турбинного привода является актуальным вопросом для машиностроительной отрасли. Тема и содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки)». Требования международных и отечественных стандартов по шуму и вибрации машин, приборов и аппаратуры заставляют производителей разрабатывать новые концепции проектирования и схемы устройств. Технологичная воздушная

пневматическая малоразмерная турбина способна заменить собой ротационно-пластинчатый привод во многих сферах, включая авиацию, космическую отрасль, нефтегазовое дело, машиностроение, приборостроение, станкостроение, и другие. Предложенную автором методику по повышению эффективности малоразмерных радиальных турбин на основе динамики рабочих процессов можно реализовать при создании новых и доработке существующих элементов турбинного привода.

В этой связи, диссертационная работа Крайнова А.А., посвященная реализации мероприятий по улучшению эффективных показателей малоразмерной пневматической двухступенчатой турбины на основе анализа динамики рабочих процессов с применением современных вычислительных пакетов прикладных программ, использующих методы конечно-элементных расчетов, весьма востребована и своевременна, а тема диссертационной работы является актуальной.

## **2. Основное содержание диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации 134 страниц, в том числе: 116 страниц основного текста, иллюстрированных 68 рисунками и 13 таблицами, список литературы из 130 наименований на 15 страницах, а также приложения на 4 страницах.

В диссертации для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) получение основных теоретических зависимостей для определения характеристик составных элементов малоразмерного турбинного привода;
- 2) проведение анализа характеристик элементов привода и определение степени влияния совершенства отдельных элементов на комплексную эффективность привода.
- 3) проведение численного моделирования параметров потока рабочего тела в проточной части наиболее значащего элемента.
- 4) разработка методики определения рациональных геометрических параметров малоразмерного турбинного привода.
- 5) постановка эксперимента с целью поиска оптимальной геометрии канала,

обеспечивающей наилучшую эффективность турбинного привода.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, отражена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, дана общая характеристика работы и приведены основные защищаемые положения.

**В первой главе** представлен аналитический обзор научно-технической информации по теме исследования; проведен анализ существующих кинематических схем и подходов к решению задачи повышения эффективности малоразмерных турбинных приводов, технологичности конструкций. Глава завершается постановкой задач исследования.

**Во второй главе** показан конструкторский облик инновационного двухступенчатого малоразмерного турбинного привода для ручного пневматического инструмента, основные уравнения, характеризующие течение рабочего тела в проточной части малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины, а также расчет относительных показателей эффективности каждого элемента ее проточной части. Этот расчет позволил выявить элемент, который вносит наибольший вклад в эффективные характеристики привода.

**В третьей главе** описывается цель и особенности постановки эксперимента по совершенствованию наиболее значащего элемента проточной части малоразмерной двухступенчатой радиальной турбины. Эксперимент включает 2 части: расчетный численный эксперимент, произведенный с помощью программного конечно-элементного пакета ANSYS CFX и натурный эксперимент, в котором проведена серия испытаний рабочих колес воздушной турбины в составе пневматической шлифовальной машины. В рамках подраздела по описанию натурального эксперимента приведена схема испытательного оборудования, стенда и методика проведения опыта с целью определения эффективных характеристик турбины.

Следует отметить, что схема испытательной установки с применением газостатического подвеса и пневматического тормоза обеспечивает достаточно высокую точность проведения эксперимента. Методика эксперимента не вызывает

вопросов. Полная качественная сходимость соответствующих результатов расчетных и натурных экспериментов по пяти экспериментальным случаям позволяет сделать выводы об адекватности методики проведения численного эксперимента с помощью пакета ANSYS CFX.

**В заключении** сформулированы выводы по результатам работы диссертанта, которые свидетельствуют об успешном решении поставленных задач исследования.

### **3. Научная новизна полученных результатов**

Автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

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.

### **4. Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации**

Достоверность подтверждается тем, что результаты получены диссертантом с применением апробированных аналитических и численных методов. Данные вычислительных экспериментов также можно считать достаточно надежными, поскольку они коррелируются между собой. Результаты исследований прошли апробацию на научных конференциях и в публикациях.

### **5. Практическая значимость работы**

Согласно приведенному акту о внедрении, разработанные автором методика совершенствования элементов малоразмерного турбинного привода применялась при выполнении научно-исследовательских работ по теме «Разработка модельного ряда высокопроизводительных шлифовальных машин с инновационным типом

микротурбин для судостроительной, авиационной и других отраслей машиностроения» в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». С использованием результатов диссертационной работы разработано программное обеспечение для испытательного оборудования кафедры «Энергетические установки и тепловые двигатели» ФГБОУ ВО НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Результаты исследования внедрены в НИР, выполняемых кафедрой для предприятий: ООО «МобилГазСервис», ООО «Управляющая компания «Группа ГАЗ», ПАО «Тутаевский моторный завод» и в учебный процесс по дисциплинам «Механика жидкости и газа» и «Прикладная газодинамика».

#### **6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанная методика выбора геометрических параметров двухступенчатой пневматической малоразмерной турбины на основе динамики рабочих процессов может быть использована в научных исследованиях опытно-конструкторских разработках в области пневматической техники и турбостроения.

Сделанные выводы о степенях влияния отдельных элементов малоразмерной турбины на ее комплексную эффективность могут быть использованы при разработке кинематических схем турбинных пневматических приводов, в состав которых входит струйно-реактивная ступень давления.

В целом, результаты, полученные Крайновым А.А., имеют большую практическую значимость и перспективны для использования в процессе разработки новых и совершенствовании существующих конструкций малоразмерных турбинных приводов. В частности, считаем, что полученные результаты будут полезны при проведении опытно-конструкторских разработок в АО «Производственно-конструкторское объединение «Теплообменник», ООО «Интурбо», НАЗ «Сокол» - филиал АО РСК МиГ и других организациях.

