

**Федеральная целевая программа**  
**«Исследования и разработки по приоритетным**  
**направлениям развития научно-технологического**  
**комплекса России на 2014—2020 годы»**

**Соглашение**  
**14.577.21.0104 от 16.09.2014**

на период 2014 - 2016 гг.

**Тема:** «Разработка модельного ряда высокопроизводительных шлифовальных машин с инновационным типом микротурбин для судостроительной, авиационной и других отраслей машиностроения».

**Руководитель проекта:** заведующий кафедрой «Энергетические установки и тепловые двигатели», д.т.н, профессор Химич Владимир Леонидович.

# Участники проекта

## Получатель субсидии:

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ).

## Индустриальный партнёр: ООО «Мобил ГазСервис».

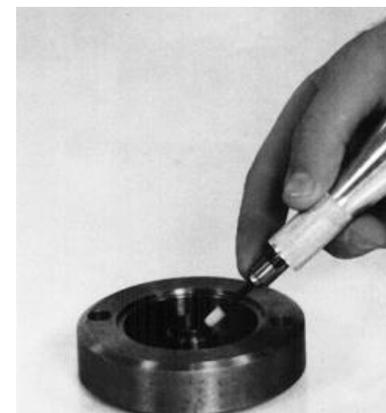
Мобил ГазСервис разрабатывает и производит каталитические нейтрализаторы и элементы выхлопных систем, которые соответствуют современным стандартам качества и экологическим нормам, а также удовлетворяют требованиям современного производства. Оказываемая поддержка – выполнение работ в соответствии с планом-графиком и приобретение необходимого для выполнения проекта оборудования за счет собственных средств на сумму не менее 20 миллионов рублей.

## Соисполнитель: ООО «Интурбо».

Задачи в проекте - разработка технологической документации на изготовление экспериментальных образцов пневматических шлифовальных машин с микротурбинным приводом и сравнительная оценка вариантов возможных решений проблемы их создания с учетом результатов прогнозных исследований.

## Цели проекта

- разработка методов и научно-технических решений создания модельного ряда шлифовально-фрезерных машин с инновационным пневматическим микротурбинным приводом в диапазоне мощностей от 200 Вт до 1500 Вт при частоте вращения ротора от 25 000 до 65 000 об/мин., предназначенных для выполнения различных технологических операций, таких как обработка сварных швов, зачистка и скругление кромок конструкций транспортных средств под сварку и покраску, обработка поверхностей деталей из высокотвердых сталей и др. и превосходящих по своему техническому уровню существующие аналоги;
- изготовление и апробирование на основе полученных результатов опытных образцов.



# Задачи исследования

- создание концепции проектирования двухступенчатых микротурбин с центробежной струйно-реактивной ступенью и центростремительной ступенью скорости;
- создание экспериментального стенда для верификации принимаемых технических решений;
- проведение теоретических (на базе применения пакетов прикладных компьютерных программ) и экспериментальных исследований, обеспечивающих рациональный выбор физических параметров турбопривода;
- разработка инновационного регулятора частоты вращения ротора;
- определение проектно-конструкторского облика базовых машин;
- выпуск конструкторско-технологической документации, разработка и производство модельного ряда опытных образцов шлифовальных машин;
- разработка технических требований и предложений по производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей индустриального партнера.

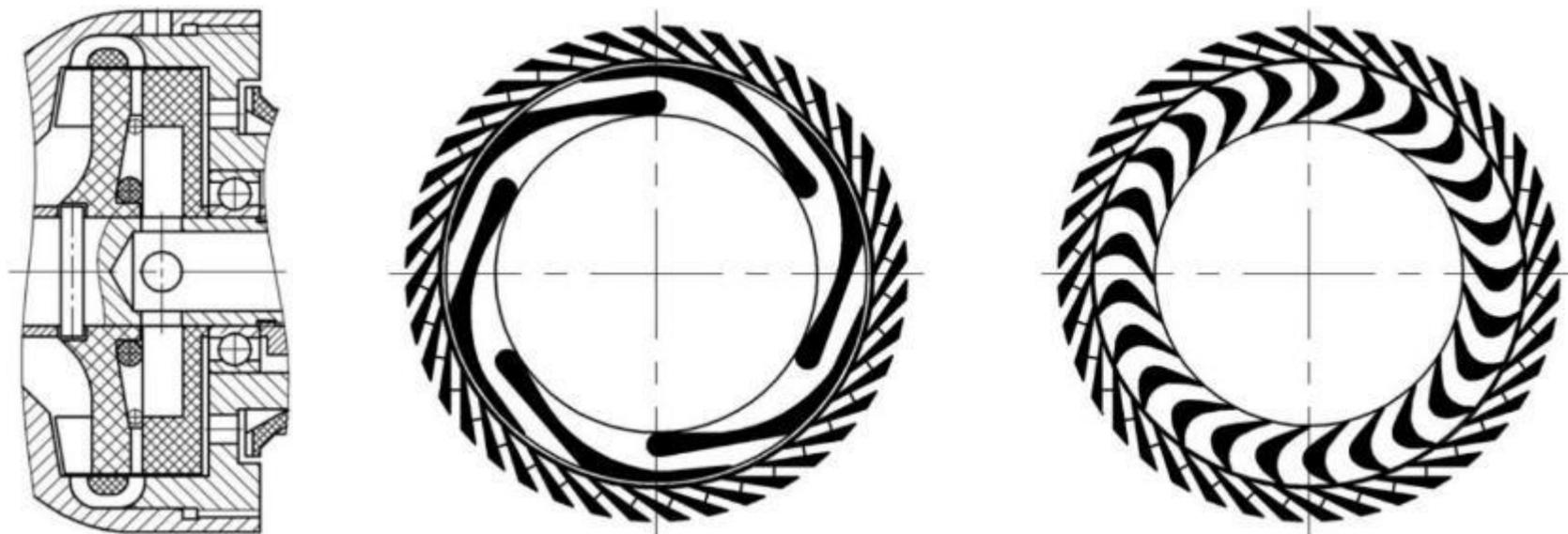
# Практическая значимость

- В судостроительной и авиационной промышленности, на предприятиях общего машиностроения до 30% различных доводочных работ выполняется с применением пневмоинструмента.
- Применение инновационных турбошлифовальных машин НГТУ, имеющих высокую частоту вращения в сочетании с увеличенной мощностью, позволяет в полной мере использовать современные высокоскоростные шлифкруги и борфрезы, обеспечивающие существенное (в 1,5 ...2 раза) повышение производительности процессов шлифования и фрезерования.
- Поэтому, одной из важнейших перспектив является замещение машин с ротационным приводом (занимающих сегодня более 90% рынка) машинами конструкции НГТУ.
- За счет конкурентных преимуществ инновационных машин НГТУ в перспективе предусматривается полное замещение всей импортной продукции в классе высокооборотных шлифовальных машин.

# Результаты исследовательской работы

- разработка конструкторско-технологической документации и проведение технологической подготовки производства для изготовления опытных образцов, изготовление и сборка базовых моделей экспериментальных образцов модельного ряда пневматических шлифовальных машин

## Инновационный турбинный привод НГТУ



# Результаты исследовательской работы

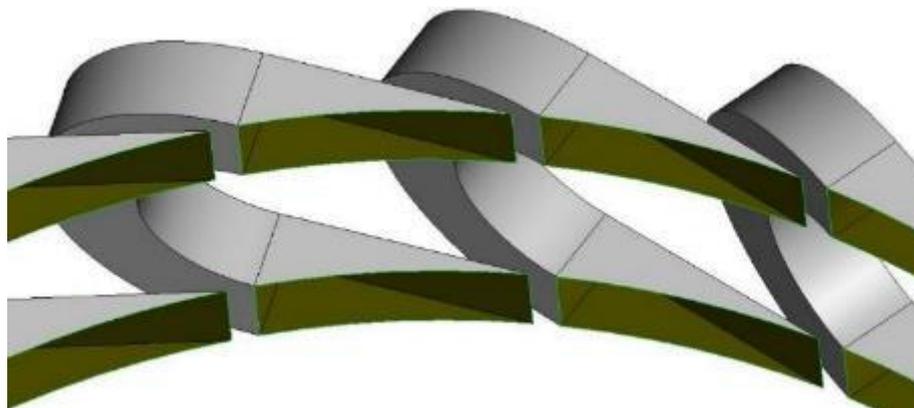
## Инновационный турбинный привод НГТУ



*Рабочее колесо*



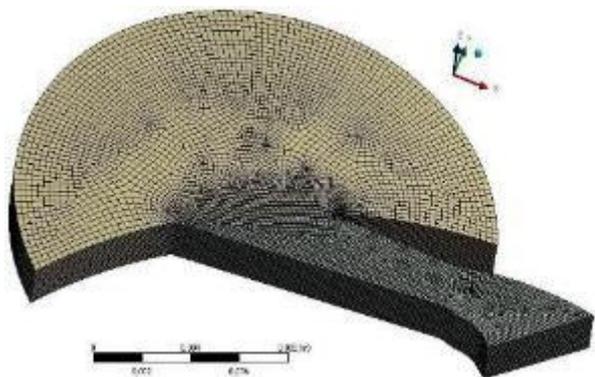
*Промежуточный направляющий аппарат*



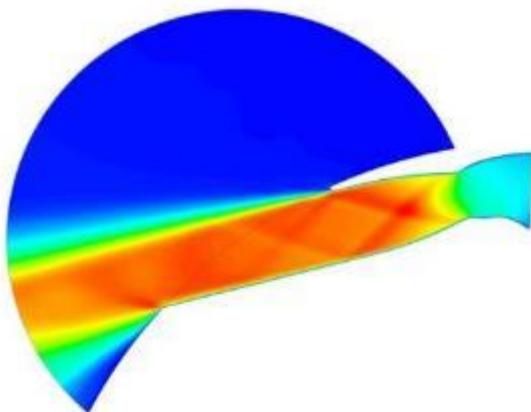
*Каналы промежуточного направляющего аппарата*

# Результаты исследовательской работы

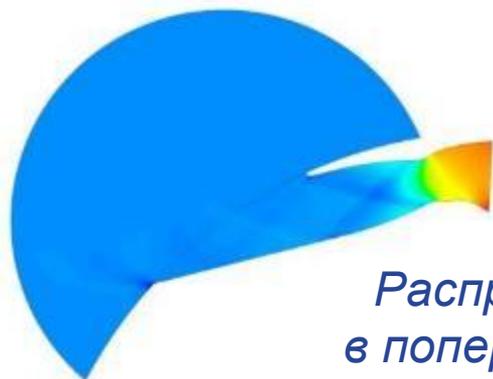
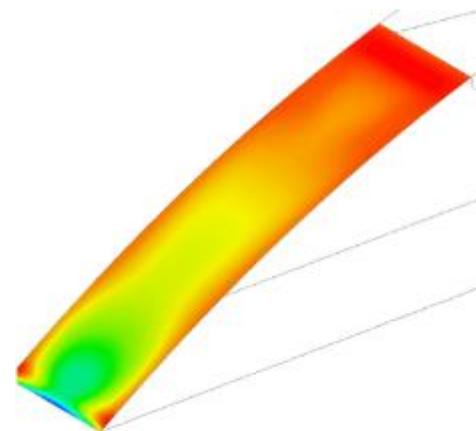
- проведение вычислительных экспериментов и исследований на базе компьютерного пакета «Ansys» с целью оптимизации проточной части микротурбин



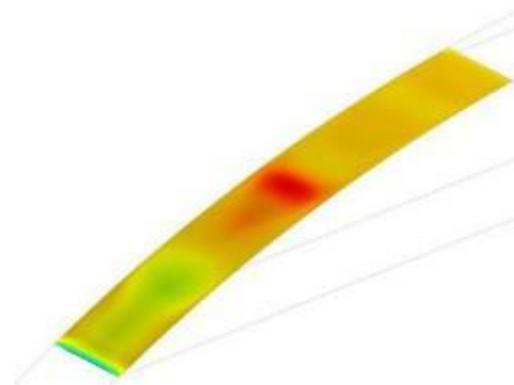
*Конечно-объемная сетка модели*



*Распределение полей чисел Маха в поперечном и выходном сечении*



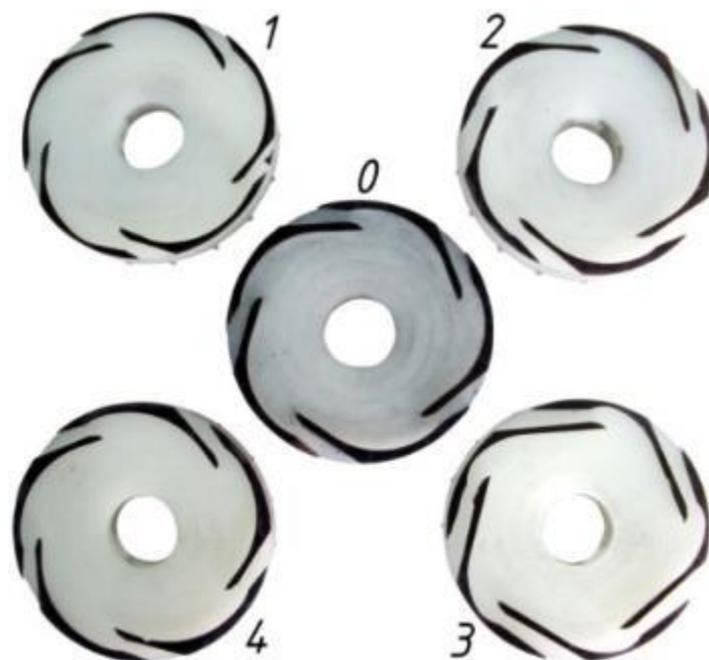
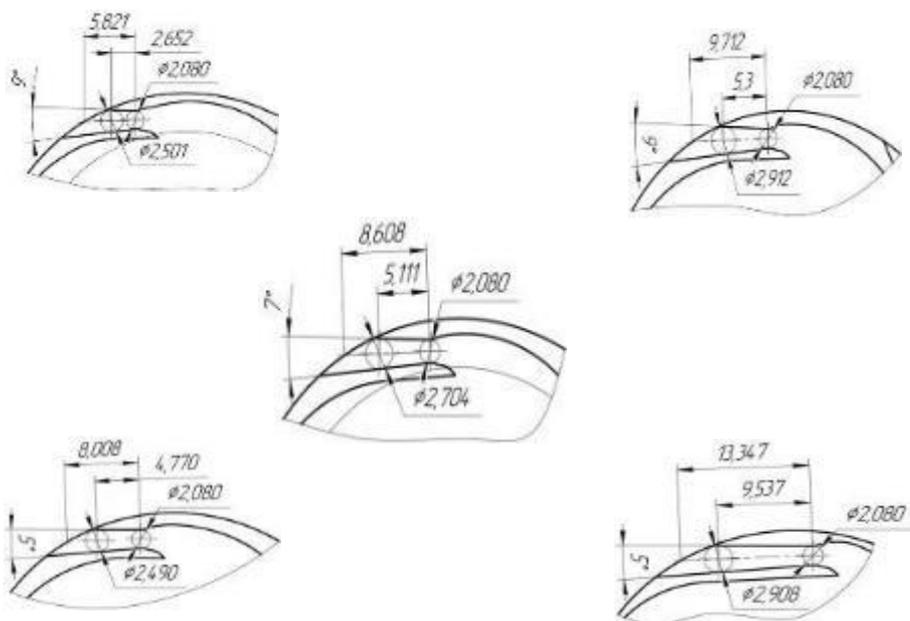
*Распределение полей давления в поперечном и выходном сечении*



# Результаты исследовательской работы

- разработка программы и методики стендовых исследовательских испытаний экспериментальных образцов шлифовальных машин с пневматическим микротурбинным приводом;
- разработка плана эксперимента, создание согласно ему натуральных образцов микротурбин на 3D-принтере, проведение стендовых испытаний, в результате которых определено оптимальное сочетание параметров соплового аппарата

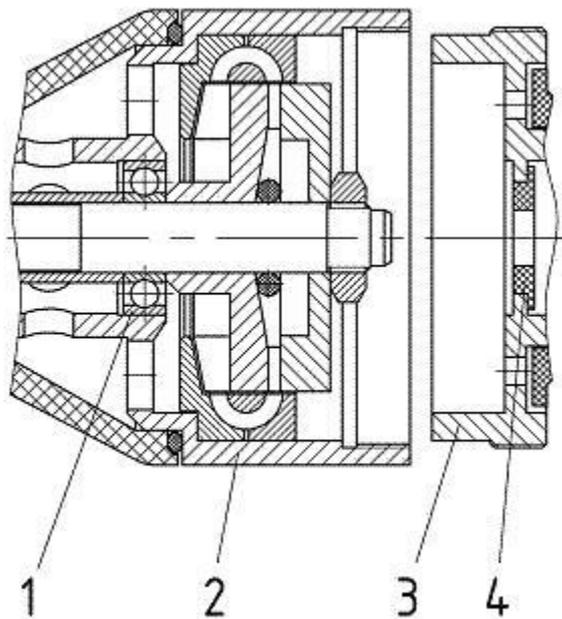
## Микротурбины по плану эксперимента



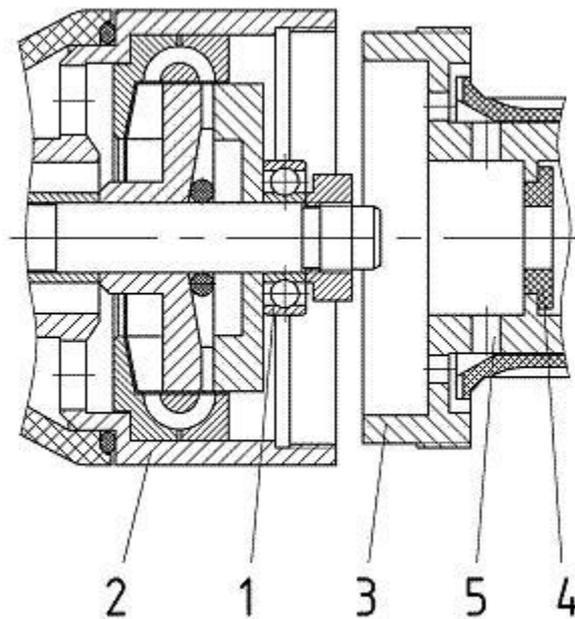
# Результаты исследовательской работы

- проведение вычислительных экспериментов и исследований динамических характеристик шлифовальных машин на базе компьютерного пакета «Ansys»

*Бесконсольная компоновка ротора*



*Консольная компоновка ротора*

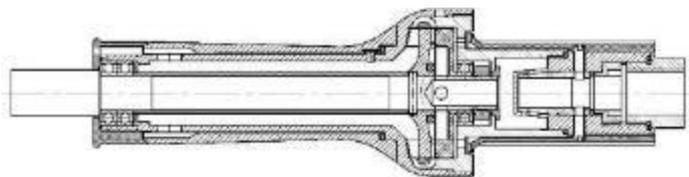


1 – шарикоподшипник; 2 - передний корпус; 3 – задний корпус; 4 – уплотнительная втулка

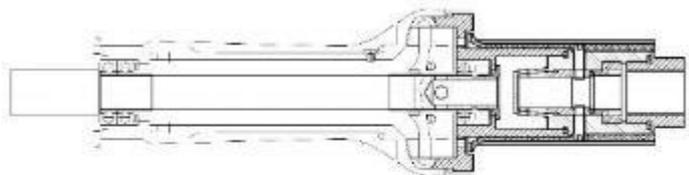
*Проведенные расчетные исследования позволили сделать выбор в пользу бесконсольной компоновки ротора шлифовальной машины с расположением рабочего колеса и регулятора между подшипниковыми опорами ротора*

# Результаты исследовательской работы

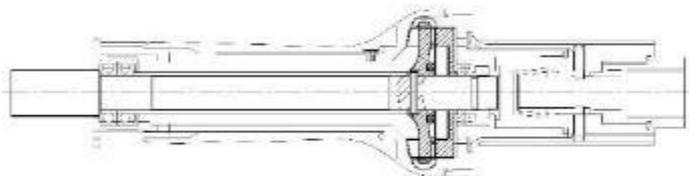
## Модульное строение шлифовальных машин



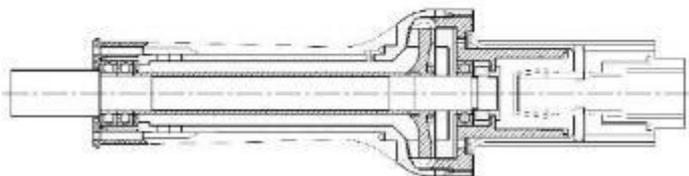
*структурная схема машины*



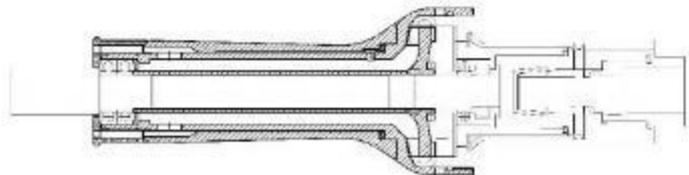
*модуль «устройство подвода воздуха»*



*модуль «турбина-регулятор»*



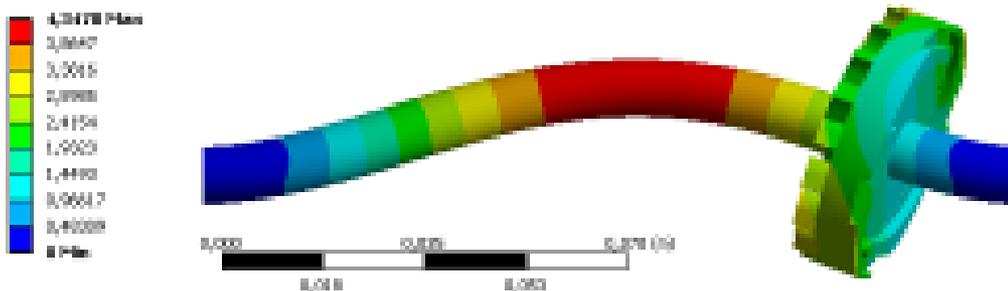
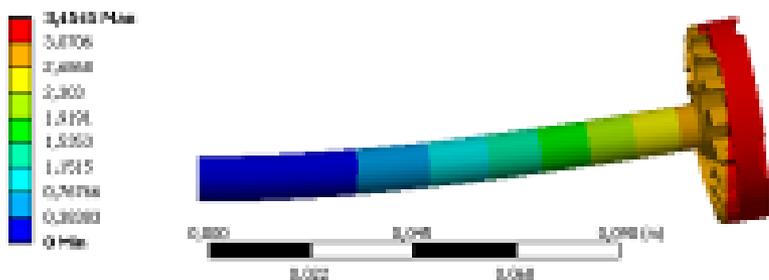
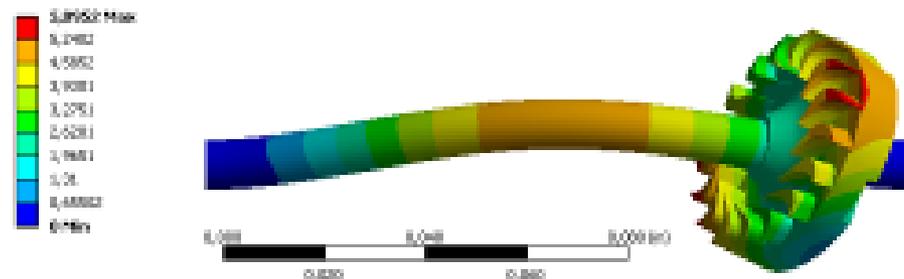
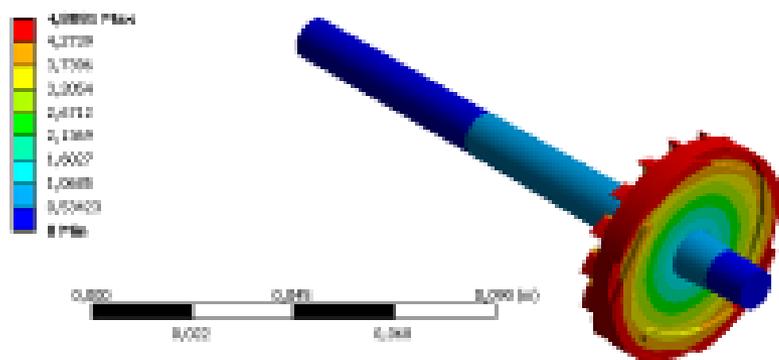
*модуль «ротор с подшипниковым узлом»*



*модуль «устройство отвода отработавшего воздуха»*

# Результаты исследовательской работы

- проведение вычислительных экспериментов и исследований динамических характеристик шлифовальных машин на базе компьютерного пакета Ansys



# Результаты выполнения проекта

## Патенты на элементы конструкции шлифовальной машины



# Результаты исследовательской работы

- разработка конструкторско-технологической документация на пресс-формы основных узлов пневматических шлифовальных машин и изготовление указанных пресс-форм;



# Результаты выполнения проекта

Экспериментальные образцы шлифовальных машин



*ИТ-500*



*ИТ-1000*



*ИТ-1500*

# Результаты исследовательской работы

## Испытательный стенд

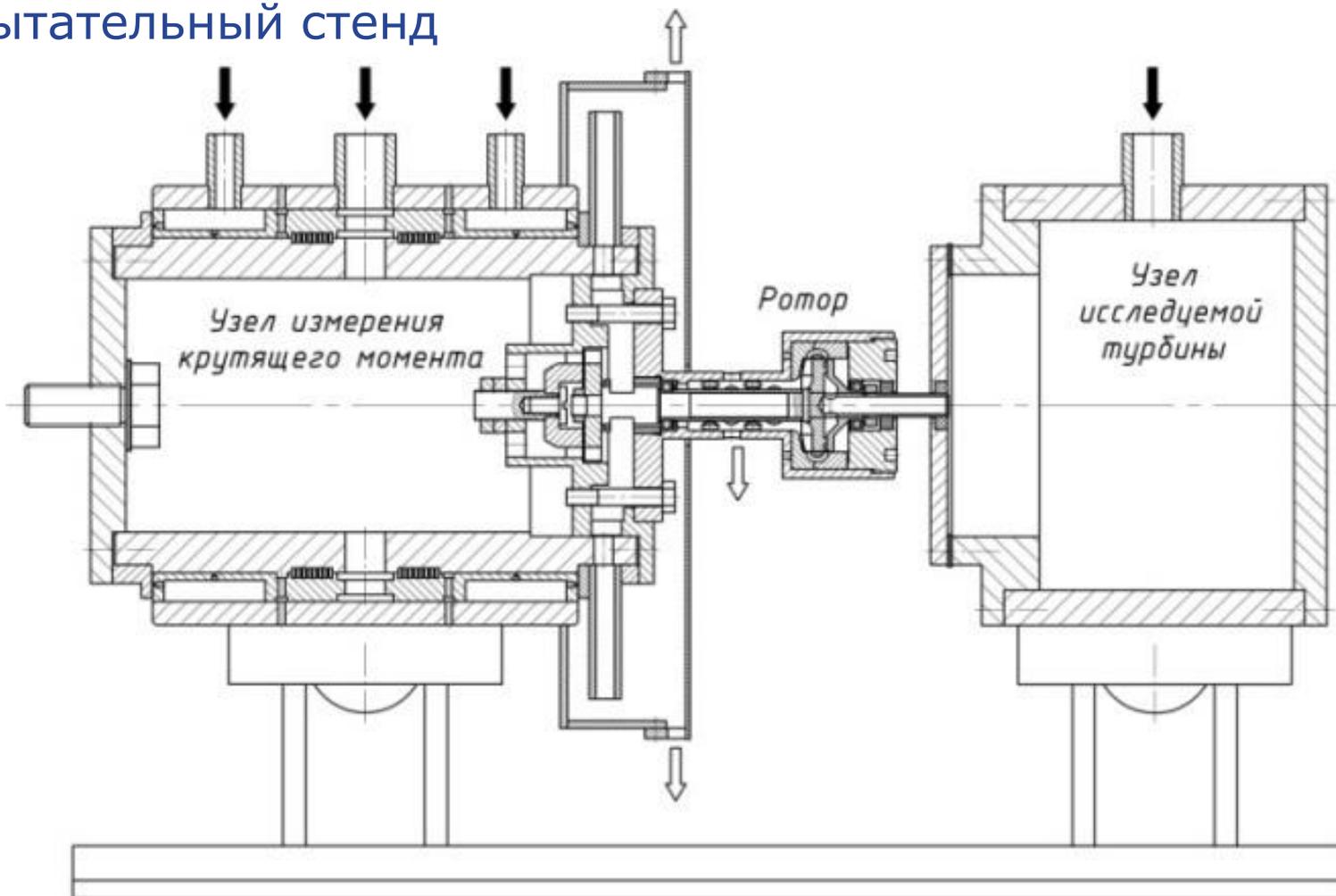


Схема компоновки стенда для исследования характеристик приводных турбин

# Результаты исследовательской работы

## Испытательный стенд

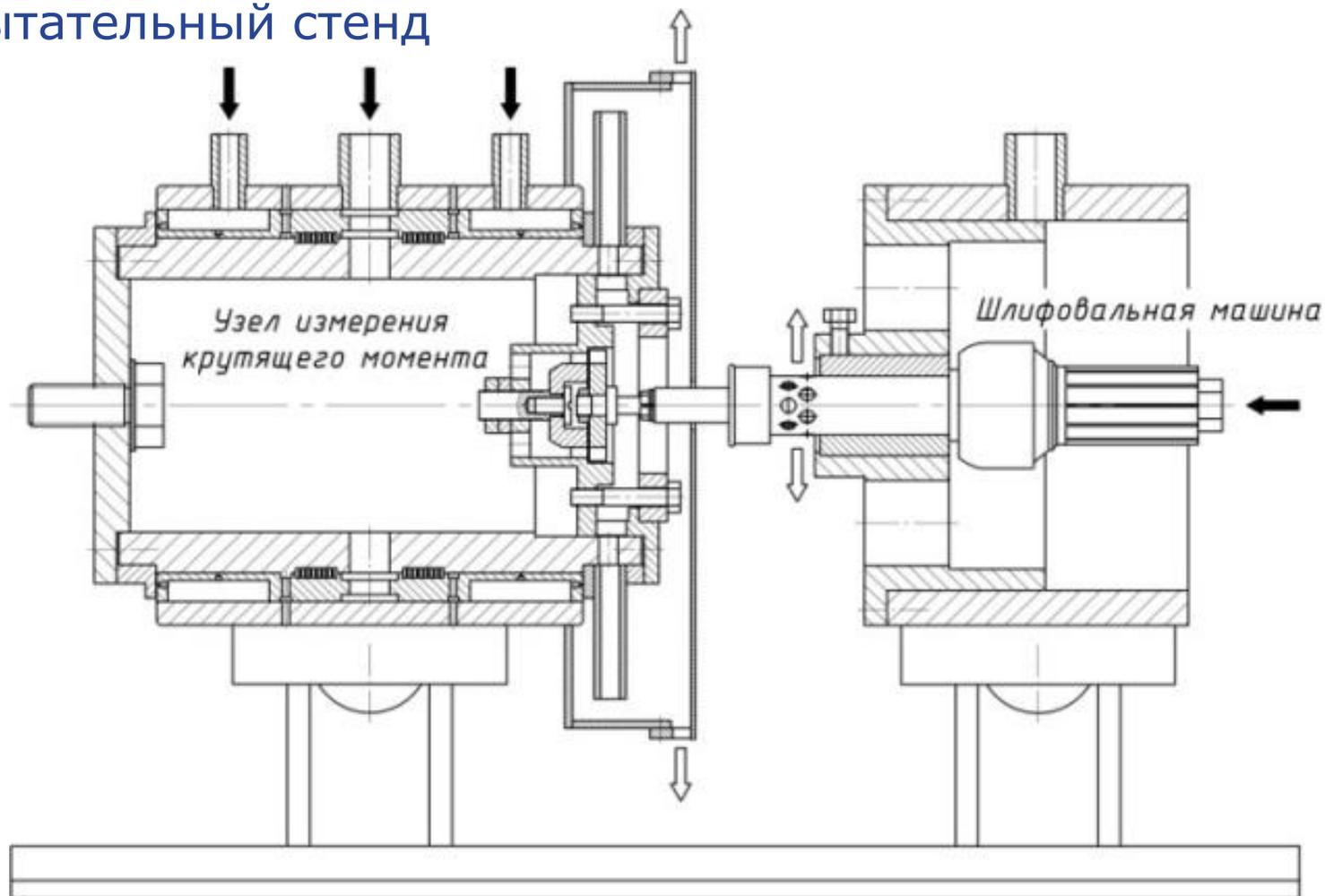
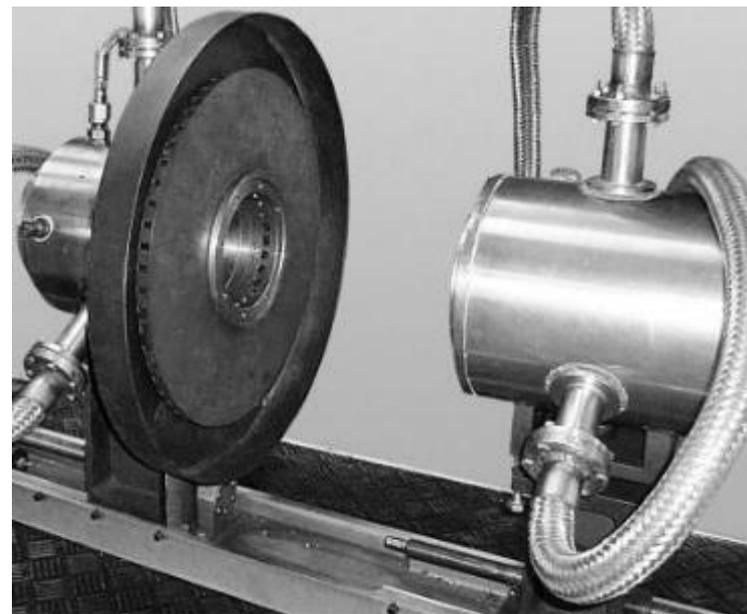
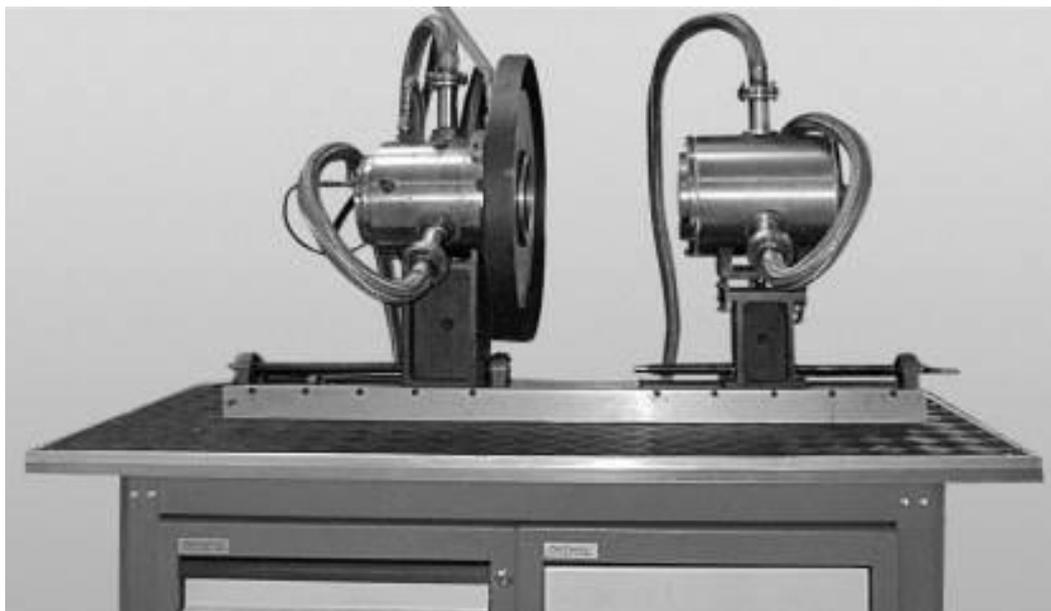


Схема компоновки стенда для исследования характеристик пневмомашин

# Результаты исследовательской работы

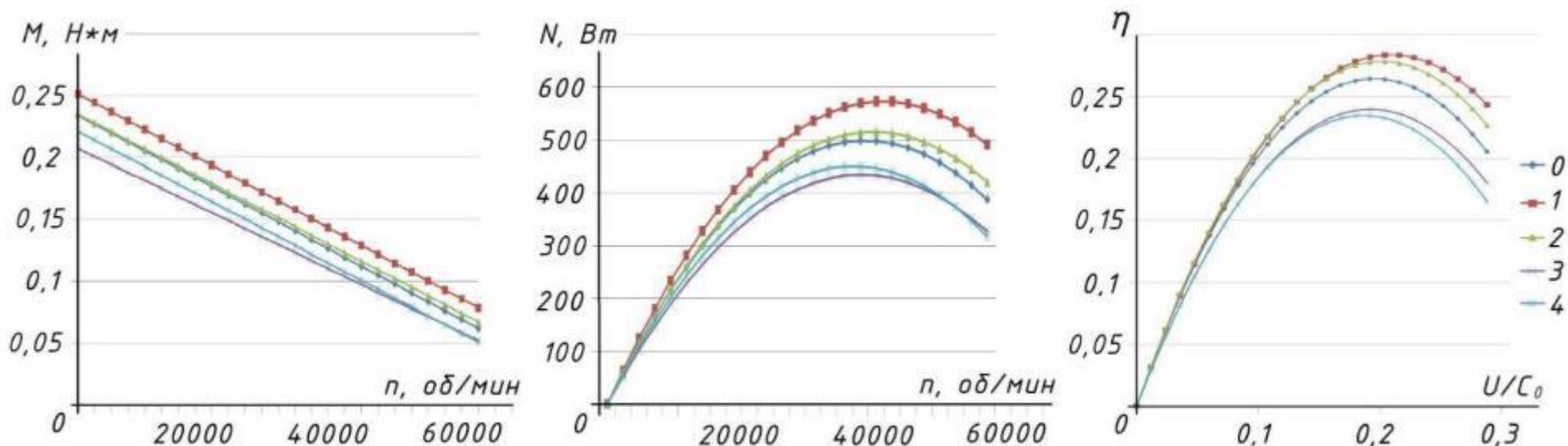
- разработка конструкторско-технологической документации на испытательный стенд для проведения испытаний шлифовальных машин с пневматическим микротурбинным приводом, технологическая подготовка производства с последующим изготовлением, сборкой и наладкой указанного стенда и выпуском его эксплуатационной документации

## Испытательный стенд



# Результаты исследовательской работы

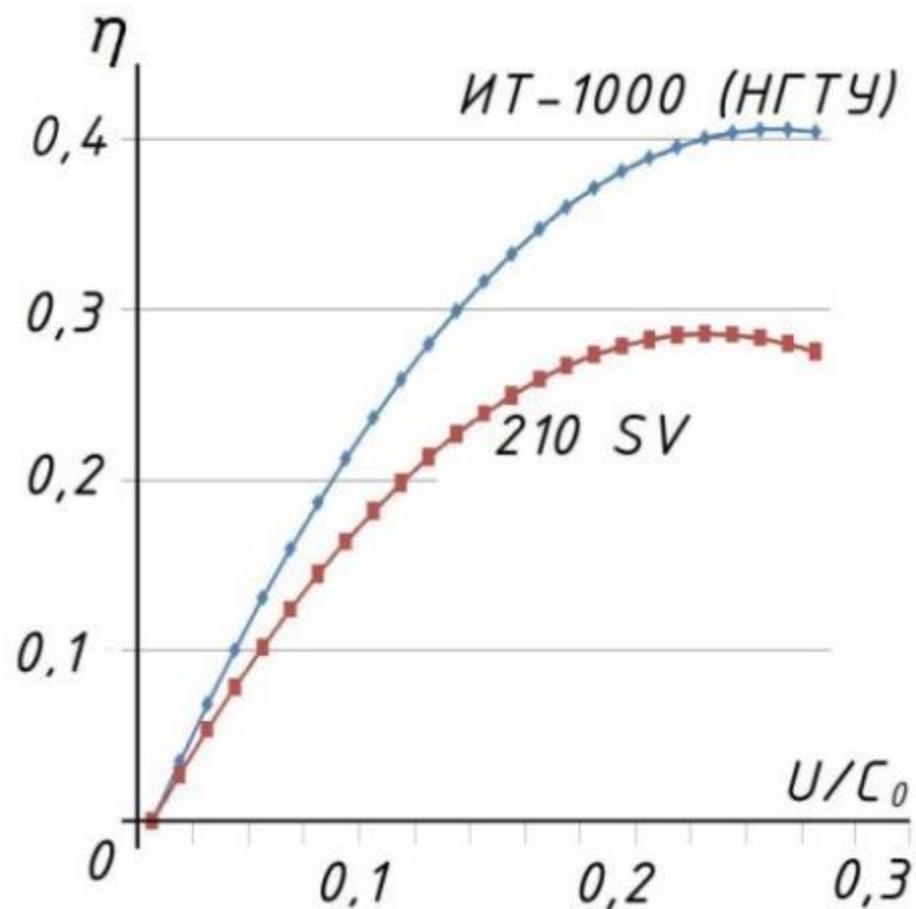
Результаты исследований микротурбин по плану эксперимента: графики зависимости для крутящего момента, мощности и КПД



*ПРИМЕЧАНИЕ. «0», «1», «2», «3», «4» - исследуемые образцы микротурбин по плану эксперимента*

# Результаты выполнения проекта

Сравнение турбины НГТУ с турбиной машины 210SV «Air Turbine Tools»



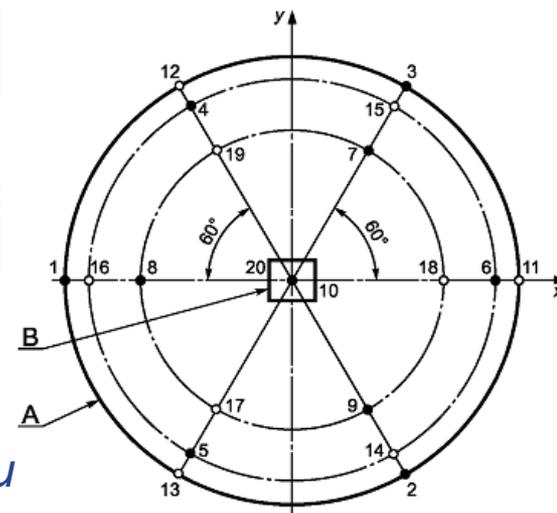
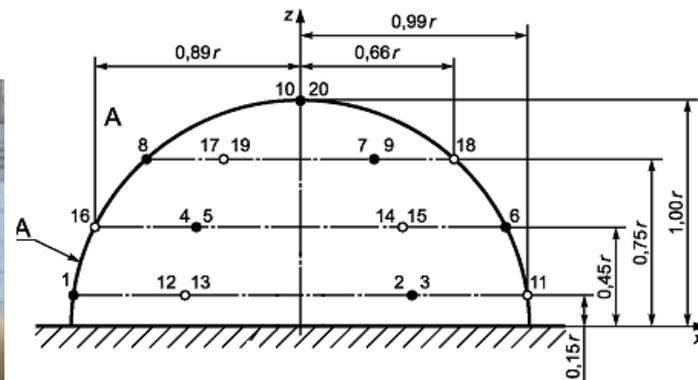
# Результаты исследовательской работы

- проведение испытаний по определению уровней
- шума и вибрации шлифовальных машин

*Измерение вибрации  
на передней рукоятке*



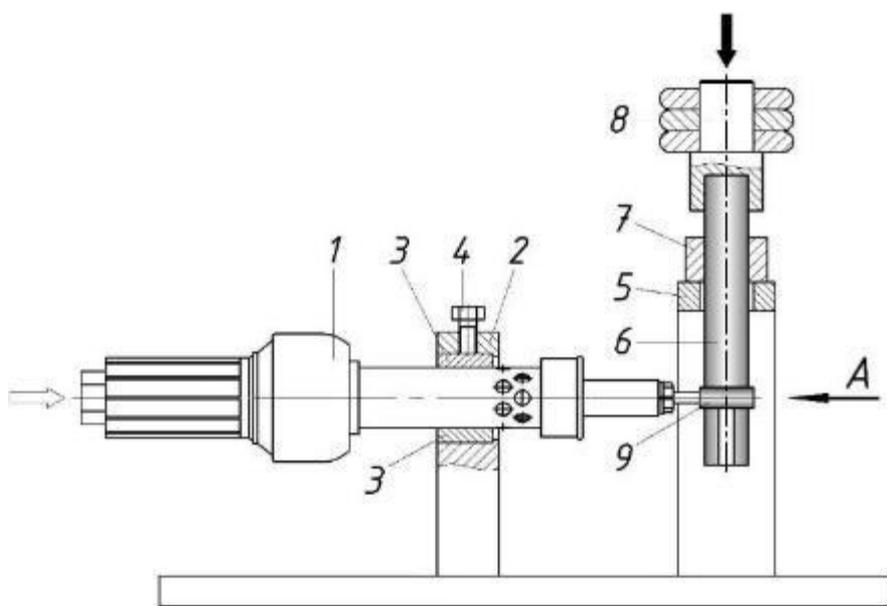
*Измерение вибрации  
на ручке крана*



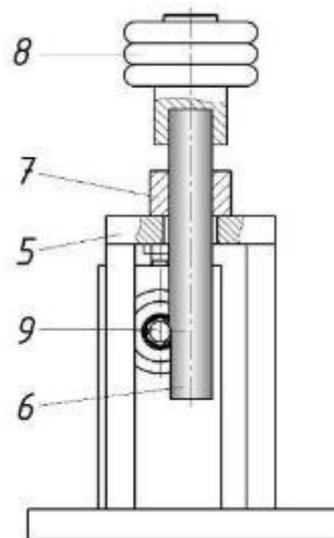
*Точки установки микрофонов  
для измерения уровня шума*

# Результаты исследовательской работы

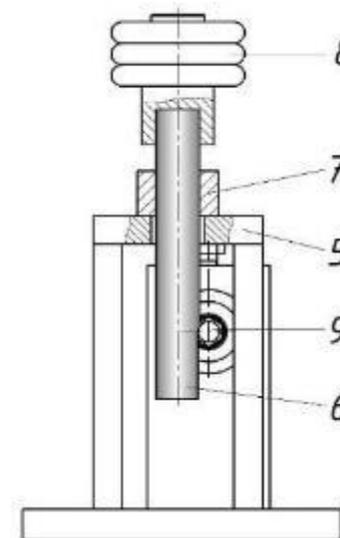
Установка для сравнительных исследований производительности шлифовальных машин



**A**  
встречное  
фрезерование



**A**  
попутное  
фрезерование

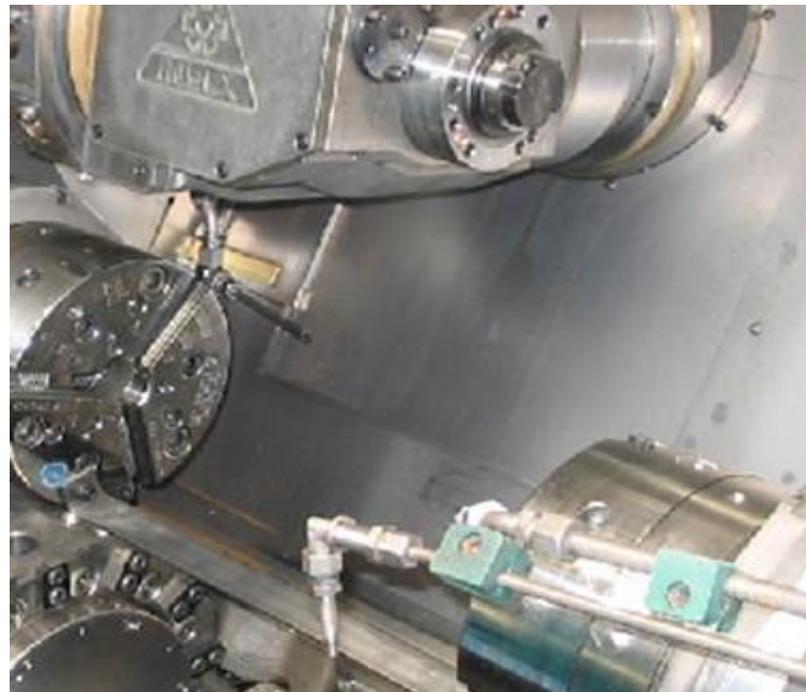


1- шлифовальная машина; 2 – штабиль шлифовальной машины;  
3 – полуобоймы; 4 – крепежный болт; 5 – штабиль прутка;  
6 - обрабатываемый пруток; 7 – направляющая шайба;  
8 – зажимной элемент



# Результаты исследовательской работы

- разработка технических требований и предложений по производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей индустриального партнера



- маркетинговые исследования по изучению перспектив коммерциализации объекта исследований.

## Результаты выполнения проекта

Шлифовальные машины с пневматическими микротурбинами, разработанные в рамках настоящей работы, отвечают следующим основным техническим требованиям:

- превосходят существующие аналоги по удельной мощности не менее чем на 60%;
- превосходят существующие аналоги по удельному расходу воздуха при одинаковой мощности не менее чем на 25 %;
- превосходят существующие аналоги по массогабаритным показателям не менее чем на 15 % при одинаковой мощности за счет использования пластмассовых деталей;
- превосходят существующие аналоги по надежности и точности работы регулятора предельной частоты вращения не менее чем на 10 %;
- имеют себестоимость изготовления не менее чем на 30% ниже, чем у существующих аналогов с сопоставимой мощностью за счет унификации и использования метода литья под давлением для изготовления деталей турбин;
- обеспечивают отсутствие механического контакта между ротором турбины и ее статором, а также отсутствие «масляного тумана» в отработанном воздухе.

# Состояние выполнения запланированных индикаторов

№	Наименование	Единица измерения	2016 год	
			План	Факт
<b>Индикаторы</b>				
1	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей - участников проекта	процентов	40	42,1
2	Объем привлеченных внебюджетных средств	млн. руб.	8,3	8,3
3	Число патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок	единиц	1	2
4	Число публикаций по результатам исследований и разработок в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (WEB of Science)	единиц	3	4
<b>Показатели</b>				
1	Количество центров коллективного пользования научным оборудованием, научное оборудование которых использовалось при проведении исследований и разработок в рамках проекта	единиц	2	2
2	Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки, в которых приняла участие и представила результаты проекта организация - исполнитель проекта	единиц	2	2
3	Средний возраст исследователей – участников проекта	лет	44	43,7

**Спасибо за внимание!**

**Докладчик:**

Заместитель директора института транспортных систем

Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,  
Хрунков Сергей Николаевич.