

**Интегрированная система подготовки инженерных кадров  
для пермской школы авиационного двигателестроения  
на базе кафедры «Авиационные двигатели»  
Пермского национального исследовательского политехнического  
университета**

## Оглавление

Введение .....	3
Интегрированная система подготовки инженерных кадров для пермской конструкторской школы .....	7
Заключение .....	16
Приложение №1_Лаборатория динамической прочности авиационных двигателей .....	18
Приложение №2 Информационно-образовательные ресурсы кафедры.....	26
Приложение №3_Краткая историческая справка о кафедре «Авиационные двигатели» .....	29
Приложение №4 Краткая историческая справка об ОАО «Авиадвигатель».....	31

## Введение

В связи со структурным кризисом авиапрома 90-х годов, значительным повышением мобильности персонала проблемы кадрового обеспечения стали играть определяющую роль в сохранении возможностей предприятий производить готовую продукцию.

Ситуация значительно осложняется объективными особенностями предприятий авиапрома.

Это, в первую очередь, длительный период адаптации персонала - время, за которое новый сотрудник достигнет производительности труда 100%. По экспертным оценкам в двигателестроительной отрасли для инженерно-технических работников период адаптации составляет 3-5 лет, что является результатом редкой повторяемости операций и большого разнообразия производственно-технических видов деятельности ввиду огромной номенклатуры ДСЕ в составе продукции выпускаемой предприятиями ОКП. Например, номенклатура деталей современного двигателя типа ПС-90А содержит около 7 тысяч наименований, а их общее их количество достигает 100 тысяч штук на каждое изделие. При номенклатурной линейке продукции состоящей из 10 видов изделий это 70 тысяч наименований и 1 миллион штук деталей.

Еще одной, самой существенной особенностью предприятий авиапрома, является неконкурентный уровень оплаты труда, при высоких требованиях к профессиональному уровню рабочих и специалистов, которые вызваны необходимостью обеспечивать высочайшее качество изготовления продукции и ее высокой стоимостью. Квалифицированным работникам гораздо проще такие заработать такие же деньги в других отраслях экономики.

Уровень материального вознаграждения, предлагаемый предприятиями ОКП, не обеспечивает воспроизводство рабочей силы: у сотрудников нет возможности приобрести жилье (для приобретения однокомнатной квартиры – ежемесячный взнос равен средней зарплате), нет возможности обеспечить достойное существование семьи (обучение детей, отпуск, приобретение теплой одежды и обуви, машины). Как правило, заработная плата сотрудников предприятий ниже или равна средней заработной плате в регионе. Это стимулирует приток на предприятия рабочей силы среднего (а чаще всего – ниже среднего) уровня способностей, что является серьезным препятствием для

использования высоких технологий, особенно на этапе их освоения и разработки инновационного продукта.

По данным Госкомстата уровень заработных плат в обрабатывающей промышленности находится на среднем и ниже среднего уровне оплаты труда в РФ. Лидерами по уровню заработных плат персонала являются нефтегазовый и финансово-экономический сектора экономики, превосходя уровень заработной платы предприятий двигателестроения в 2-2,5 раза

Инженерно-технические специальности в ВУЗах перестали быть популярными среди молодежи. Начиная с 1994 года, профессия инженера не попадает в число 50 наиболее популярных среди молодежи специальностей.

Уровень советского фундаментального инженерного образования по праву считался одним из самых высоких в мире. Получить диплом о высшем техническом образовании мечтали многие выпускники школ. Конвейер «Школа – Вуз – Предприятие» исправно работал, обеспечивая постоянный приток талантливой молодёжи на предприятия ОПК. Лучшие выпускники элитных инженерных вузов страны стремились работать на высокотехнологичных промышленных предприятиях. С началом экономических реформ ситуация резко изменилась: промышленность и образование перестали быть для государства приоритетными.

Стремление молодежи получить инженерное образование заметно ослабело, лучшие выпускники школ выбирают другие более популярные направления подготовки.

По результатам вступительных экзаменов 2011 года, наиболее высокий бал ЕГЭ был у абитуриентов поступивших на такие специальности как дизайн, горно-нефтяное дела, финансы, государственная и муниципальная служба.

Даже получив инженерное образование, молодежь стала уходить в сферу обслуживания и частный бизнес, привлеченная более высоким уровнем заработной платы. По результатам социологических исследований, в организации, занимающиеся научными изысканиями и разработками, поступает на работу 1–2 % выпускников вузов, устраивается на работу по полученной специальности 10–20 % выпускников технических вузов.

Ситуация значительно осложняется повышенной мобильностью молодежной группы персонала и длительностью периода адаптации на наукоемких предприятиях. В результате наблюдается количественный «провал» в группе работников 30-40 лет. Что приводит к весьма ощутимому дефициту

работников среднего звена управления, для продуктивной работы которых необходим определенный опыт (стаж) работы. Для большинства предприятий актуальна проблема отсутствия резерва для выдвижения на руководящие должности: кандидаты либо стары, либо не имеют необходимого опыта. Как результат – в числе менеджеров высшего звена появляется большое количество молодых людей, не знающих особенности работы отрасли и не умеющих организовать эффективное функционирование предприятия.

Неконкурентный на рынке труда квалифицированного персонала уровень оплаты, постоянные сокращения персонала, неэффективные собственники, отсутствие внятной государственной политики - все это сделало предприятия авиапрома крайне непопулярными на рынке труда и является серьезным препятствием для привлечения талантливых работников.

В начале XX в. уровень оплаты труда в России был одним из самых высоких в мире: по данным академика С.Струмилина, заработки российских рабочих в крупной и средней промышленности уступали лишь американским. Что касается сегодняшней ситуации, то, по мнению академика В.Ивантера, директора Института народно-хозяйственного прогнозирования, «все проблемы нашей экономики упираются в дешевую рабочую силу. Дешевая рабочая сила не может быть эффективной по определению».

Вышеперечисленные тенденции естественным образом привели к «разрыву поколений», который серьезно угрожает утратой уникального профессионального опыта, не получившего своевременного отображения и адаптации к современным высокоэффективным технологиям, базирующимся на информационно - вычислительных методах. Особо остро это ощущают конструкторские предприятия (НИИ и КБ), которые и должны в ближайшее время стать точками роста инновационной экономики. Возраст «носителей» знаний и опыта научно-конструкторских школ приближается к 70 годам, а «носителям» современного инструментария (прикладных информационно-вычислительных конструкторских, инженерных и др. программ) без использования которого невозможно обеспечить конкурентоспособность продукции – 23-25 лет.

Утраченный профессиональный опыт в будущем невозможно ни финансовыми вливаниями, ни техническим перевооружением, для его восстановления потребуются десятки лет напряженного труда.

Соответственно возникает вопрос: как обеспечить предприятие человеческими ресурсами?

Единственный постоянно действующий источник пополнения кадрового состава предприятия специалистами имеющими профильное образования это технические университет.

Однако до последнего времени система высшего технического образования не позволяла готовить специалистов необходимого качества в виду объективных причин:

- снижение «качества» абитуриентов ввиду отсутствие у молодежи мотивации к научной и технической деятельности;
- общее уменьшение количества выпускников школ - демографическая «яма; снижение уровня школьного образования, отсутствие необходимой базы знаний для дальнейшего обучения);
- устаревшие материально-техническая база и аудиторно-лабораторный фонд учебных заведений;
- отсутствие требуемого программного и информационного обеспечения;
- отсутствие учебно-методических пособий для студентов современного уровня;
- старение кадрового состава преподавателей (низкая заработная плата преподавателей привела к уходу наиболее талантливых в другие сферы деятельности);
- оторванность профессорско-преподавательского состава, не принимающего непосредственного участия в научных исследованиях, от реальных современных проблем двигателестроения, и как следствие - невозможность дать студентам актуализованные знания

Предлагаемый Вашему вниманию *уникальный* проект взаимодействия профильной кафедры и конструкторского бюро в Перми позволил обеспечить стабильный ежегодный приток специалистов требуемого уровня подготовки в конструкторское бюро ОАО «Авиадвигатель» за счет соединения сильных сторон вуза и предприятия, при этом выгода каждого из партнеров от сотрудничества в разы превышает индивидуальный вклад.

## Интегрированная система подготовки инженерных кадров для пермской конструкторской школы

Цель создания системы – ежегодное восполнение интеллектуального потенциала конструкторского бюро ОАО «Авиадвигатель» за счет приема необходимого количества (50-60 человек в год) молодых выпускников ПНИПУ профильных специальностей и направлений подготовки.

Система подготовки инженерных кадров высокой квалификации выстроена путем формирования единого образовательного и научно-исследовательского пространства за счет интеграции материально-технических, лабораторно-исследовательских, информационно-вычислительных, методологических, кадровых и прочих ресурсов кафедры «Авиационные двигатели» ПНИПУ и конструкторского бюро ОАО «Авиадвигатель».

Этапы подготовки квалифицированного инженера:

**1 этап – формирование интереса к инженерной деятельности, целевая группа школьники старших классов:**



- Популяризация инженерной деятельности в молодежной среде - совместный стенд кафедры «Авиадвигатели» ПНИПУ и ОАО Авиадвигатель на краевой ярмарке учебных заведений «Образование и карьера»
- Продвижение бренда ОАО «Авиадвигатель» как перспективного для молодежи работодателя: постоянный генеральный спонсор ярмарки «ОиК», присутствие на информационных ресурсах школ и целенаправленное информирования школьников о преимуществах и возможностях авиационного образования

**2 этап – формирование осознанного выбора будущей профессии, целевая аудитория абитуриенты**



- Отбор абитуриентов с высоким баллом по результатам ЕГЭ в рамках целевого приема согласно Госплану подготовки специалистов для ОПК совместно с кафедрой ПНИПУ
- Организация экскурсий для абитуриентов и их родителей на предприятие, на кафедру, встречи с руководством ОАО «А»
- Корпоративные сувениры, подарки

### 3 этап – освоение вузовской программы и формирование мотивации к инженерной деятельности - студенты



- Освоение фундаментальных знаний по программе вуза
- Освоение инженерного дела - оплачиваемая стажировка в ОАО «А» в свободное от учебы время, производственная практика
- Формирование мотивации к инженерной деятельности: День первокурсника, встречи с генеральным конструктором, посещение авиационных выставок в составе делегаций предприятия – МАКС, Ле Бурже, и т.п.
- Именные стипендии им. А. Швецова и П. Соловьева «отличникам» (50 тыс. руб. в год)
- Участие в студенческих олимпиадах
- Приобщение к корпоративной культуре: участие в корпоративных мероприятиях предприятия

### 4 этап – молодые специалисты 3 года



- Особая система оплаты труда согласно Положению «Молодые специалисты»
- Наставник
- Оценка и развитие профессиональных качеств
- Возможность получения послевузовского образования (аспирантура)

Повышение качества образования достигается за счет:

- единства образовательного, научного и инновационного процессов;
- приближения учебного процесса к материальному производству: перенос части учебного процесса на территорию конструкторского бюро, привлечения специалистов КБ к обучению студентов, совместно работы;
- повышение уровня, интенсивности и качества научных исследований и разработок кафедры в области вопросов проектирования авиационных газотурбинных двигателей;
- развития инновационной деятельности вуза за счёт совершенствования научно-исследовательской инфраструктуры – лаборатория композиционных материалов, акустическая лаборатория, лаборатория прочности ;



- коммерциализации результатов научных исследований;
- качественного изменения персонала, обусловленные реализацией программы повышения квалификации и привлечением к научно-образовательной деятельности перспективной молодежи.

Особенностями созданной системы подготовки инженерных кадров на базе Пермского научно-исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), кафедры «Авиационные двигатели» являются:

- отсутствие отставания уровня преподаваемых в вузе знаний от используемых технологий, методик и решений на производстве. Благодаря плодотворному долговременному сотрудничеству кафедры и предприятия успешно решается задача актуализации знаний;
- отсутствие проблемы качества подготовки специалистов.

Данные результаты удалось достичь при помощи взаимодействия кафедры «Авиационные двигатели» ПНИПУ и конструкторского ОАО «Авиадвигатель», направленных на:

- создание современной материально-технической базы и учебно-методической работы образовательного процесса;
- привлечение лучших выпускников школ, имеющих высокие результаты ЕГЭ;
- интеграцию образовательного и производственного процесса;
- стимулирование студентов к поднятию уровня успеваемости по основным учебным дисциплинам;
- развитие партнерских отношений - совместную научно-исследовательскую работу кафедры и предприятия и участие в едином, реальном процессе по созданию двигателей.

Для создания современной материально-технической и учебно-методической базы образовательного процесса ПНИПУ осуществлены следующие мероприятия:

- в учебный процесс внедрены современные информационные и мультимедийные технологии: при поддержке ОАО «Авиадвигатель» на кафедре созданы три современных компьютерных класса, лаборатории конструкции двигателей, динамики и прочности двигателей, аэрогазодинамики, автоматики.

- изданы несколько десятков учебников и учебных пособий (см. приложение №2), среди которых уникальный пятитомный учебник, обобщивший опыт пермской школы авиационного двигателестроения «Газотурбинные двигатели», изданный издательством «Машиностроение» сотрудниками кафедры и специалистами ОАО «Авиадвигатель»;

- интегрирован учебный процесс в практическую производственную деятельность: часть учебных занятий студентов проводится на территории ОАО «Авиадвигатель» ведущими специалистами предприятия.

Для привлечения лучших выпускников школ, имеющих высокие результаты ЕГЭ, ежегодно ОАО «Авиадвигатель» осуществляет следующие мероприятия:

- участие в специализированной региональной выставке «Образование и карьера», генеральным спонсором которой является ОАО «Авиадвигатель» на протяжении десяти лет. На выставке представлен единый стенд ОАО «Авиадвигатель» с профильными образовательными учреждениями: аэрокосмическим факультетом ПНИПУ, Пермским авиационным техникумом им. А. Д. Швецова и профессиональным лицеем № 1, наглядно демонстрирующий цепочку «школа-вуз-предприятие». Будущим студентам предоставлена возможность составить комплексное представление, как о деятельности предприятия, так и о том, куда пойти учиться, чтобы в дальнейшем создавать двигатели для современной магистральной авиации и топливно-энергетического комплекса;



- участие в реализации Государственного плана подготовки кадров для организаций ОПК, которое позволяет вузу обеспечить прием студентов с гарантией дальнейшего трудоустройства, предприятию – обеспечить себя необходимым количеством специалистов, а также влиять на качественный состав студенческих групп путем отбора абитуриентов с высоким баллами по результатам ЕГЭ для зачисления в вуз.

За период с 2009 года ОАО «Авиадвигатель» выдало направлений для поступления в ПНИПУ по целевому приему в соответствии с заданием Государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК в количестве 116 (см. таблицу).

Таб. Количество направлений, выданных ОАО «Авиадвигатель» для поступления по целевому приему в ПНИПУ

(Чел.)

ПНИПУ (быв. ПГТУ), специальности	годы целевого приема					отчислено	всего учится
	2009	2010	2011	2012	2013		
"Авиационные двигатели и энергетические установки"	5	13	11			9	20
"Двигатели летательных аппаратов"				25	30		55
"Технология машиностроения"		3	1			1	3
"Прикладная механика"				1			1
"Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"				1	3		4
«Информатика и вычислительная техника»					2		2
Информационная безопасность автоматизированных систем					1		1
Аспирантура	5	5	8	6	6		30
<b>Итого</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	<b>116</b>

Ежегодно с целью привлечения выпускников школ с наиболее высокими баллами по результатам ЕГЭ службой персонала Общества проводится информационно-рекламная кампания в главном корпусе ПНИПУ, организовываются экскурсии на кафедру, на предприятие для абитуриентов и их родителей, что дает возможность абитуриенту и родителям до заключения целевого контракта ознакомиться со спецификой работы, условиями труда, коллективом и повлиять на выбор профессии.

Помимо перенесения части образовательного процесса на территорию предприятия для создания и поддержания эффективности единого образовательного и производственного процесса, актуализации знаний, знакомства с последними конструкторскими разработкам и технологиями ОАО «Авиадвигатель» ежегодно реализует мероприятия по программе «Молодые специалисты».

В рамках программы «Молодые специалисты» ежегодно проводятся:

- для студентов профильных специальностей предусмотрена возможность прохождения практики и стажировки в подразделениях ОАО «Авиадвигатель». В 2012 году прошли производственную практику 167 человек, в том числе 133 студента вузов, 22 учащихся техникумов и 12 учащихся учебных заведений системы НПО. 50 студентов вузов были приглашены в ОАО «Авиадвигатель» на стажировку, которая предусматривает выполнение практической работы по профилю конструкторского отдела в свободное от учебы время. 25 стажеров, окончивших обучение в 2012 году, стали молодыми специалистами Общества;

- организация обучения в аспирантуре. В настоящее время обучение проходят 30 аспирантов, в том числе 18 человек – на кафедре «Авиационные двигатели». В 2012 году трое молодых сотрудников ОАО «Авиадвигатель» защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата наук:

- проведение «Дня первокурсника» в сентябре для студентов специальности «Авиационные двигатели» аэрокосмического факультета ПНИПУ. Студенты встречаются с генеральным конструктором, узнают от него



информацию о перспективном проекте ПД-14, о планах на будущее предприятия, посещают зал компьютерного проектирования, конструкторские отделы, сборочный цех, авиабазу «Сокол», где базируются истребители-перехватчики МиГ-31 с двигателями Д-30Ф6 разработки ОАО «Авиадвигатель»;

- организация посещения предприятия студентами 4 курса ПНИПУ профильной с целью определения места прохождения производственной практики и стажировки, а также темы для дипломной работы;

- организация защиты дипломных проектов на территории предприятия с привлечением ведущих специалистов ОАО «Авиадвигатель» в торжественной обстановке;

- организация посещения студентами и преподавателями кафедры в составе делегации ОАО «Авиадвигатель» международных аэрокосмических салонов: МАКС (Москва), ЛеБурже (Франция), Фарнборо (Великобритания);

- организация участия молодых ученых и студентов в ежегодной Всероссийской конференции «Аэрокосмическая техника и высокие технологии», российских и международных технических конференциях и т.д.

Для стимулирования студентов к поднятию уровня успеваемости по основным учебным дисциплинам ОАО «Авиадвигатель»:

- на протяжении десяти лет присуждает лучшим студентам выпускного курса специальности «Авиационные двигатели» ПНИПУ стипендии имени легендарных пермских генеральных конструкторов. В 2011/12 учебном году величина именной стипендии от ОАО «Авиадвигатель» составила 50 000 рублей. Лауреатом стипендии имени А. Д. Швецова стал Сергей Норин, стажер отдела компрессоров, лауреатом стипендии имени П. А. Соловьева – Вадим Хайрулин, стажер отдела турбин;



- в 2012 году дополнительно, сверх мероприятий Государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК ОАО «Авиадвигатель» впервые учредило стипендии для студентов, обучающихся по целевому приему и имеющих суммарный результат ЕГЭ 200 баллов и выше. Размер стипендии – 5750 рублей в месяц.

Совместное участие кафедры и ОАО «Авиадвигатель» в реальных проектах по созданию двигателей направлено на повышение надежности, безопасности и эффективности газотурбинных двигателей. В рамках этого общего направления развиваются направления:

- разработка методологии создания газотурбинных двигателей для магистральных самолетов (д.т.н. Иноземцев А.А.)
- исследование нестационарных термогазодинамических процессов в газотурбинных двигателях (д.т.н., профессор Августинович В.Г.)
- исследование колебаний, процессов разрушения и живучести элементов газотурбинных двигателей (д.т.н., профессор Нихамкин М.А.)

Одним из последних значимых результатов совместной работы кафедры и предприятия является создание в 2011 году центра акустических исследований для экспериментальных исследований звукопоглощающих покрытий и фронтовых устройств малоэмиссионных камер сгорания и научно-образовательного центра авиационных композитных материалов.

В рамках программы развития ПНИПУ в качестве национального исследовательского университета создана лаборатория динамической прочности авиационных двигателей как научно-исследовательское подразделение кафедры «Авиационные двигатели».

На кафедре «Авиационные двигатели» в рамках реализации федерального проекта «Инновационный вуз» с помощью ОАО «Авиадвигатель» развернуты исследования колебаний газотурбинных двигателей с использованием современной аппаратуры лазерного сканирования.

В минувшем году в рамках развития одного из четырех основных направлений научной деятельности ПНИПУ – «Газотурбинные технологии» – университет совместно с ОАО «Авиадвигатель» принял решение основать периодический научный журнал с международной редколлегией. В настоящее время состав редколлегии утвержден, готовится к печати первый номер журнала.

В 2012 году ОАО «Авиадвигатель» совместно с ПНИПУ начало работу по гранту, полученному от Правительства Пермского края на проведение научных исследований в области разработки фронтального устройства малоэмиссионной камеры сгорания авиационного двигателя. По условиям гранта исследования проводились совместно с зарубежными учеными из университета Крэнфилда (Великобритания). Первый этап работы прошел успешно, получено финансирование для проведения второго этапа исследований в 2013 году.

Таким образом, в настоящее время интегрированная система подготовки инженерных кадров позволяет:

#### **ОАО «Авиадвигатель»:**

- выступать в роли заказчика научно-исследовательских работ, которые благодаря созданной современной материально-технической базе, можно выполнять на кафедре «Авиационные двигатели» ПНИПУ;
- получать нужных специалистов в необходимом количестве - «опробованных» до официального приема на работу, отобранных в ходе учебного процесса, практик и стажировок на предприятии;

#### **Кафедре «Авиационные двигатели» ПНИПУ:**

- получить возможность участия в реальных научно-исследовательских работах и производственном процессе;
- сохранять качественный преподавательский состав;
- совершенствовать материально-техническую базу и учебный процесс;
- обеспечить долговременное, перспективное сотрудничество с предприятием и заниматься подготовкой специалистов «под заказ».

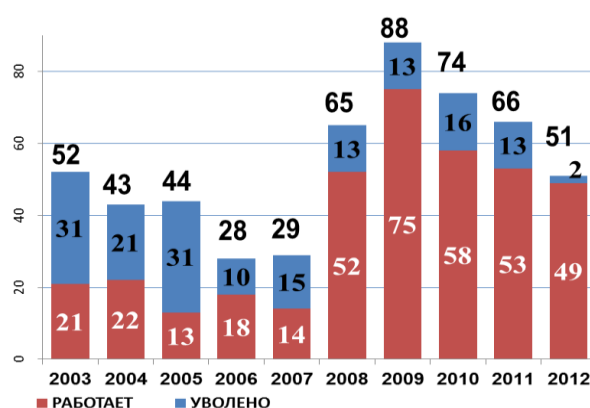
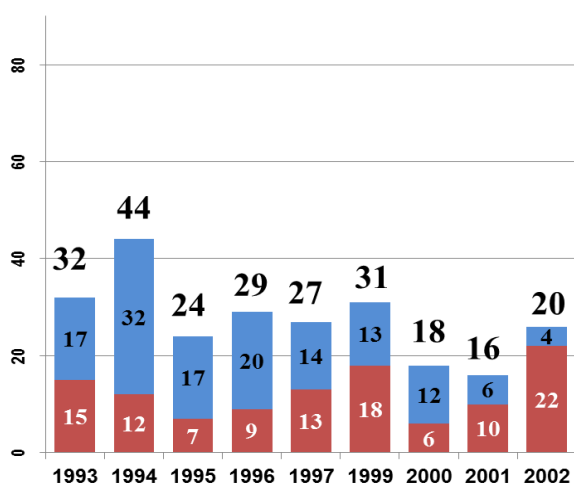


## Закключение.

Созданная интегрированная система подготовки инженерных кадров для ОАО «Авиадвигатель» на базе Пермского научно-исследовательского политехнического университета (ПНИПУ), кафедры «Авиационные двигатели» - результат совместной работы кафедры и предприятия. В настоящее время система позволяет полностью обеспечить предприятие необходимым количеством и качеством специалистов профильных специальностей (см. диаграмму 1 «Динамика движения молодых специалистов в период действия интегрированной системы подготовки инженерных кадров и молодежной политики ОАО «Авиадвигатель»).

Диаграмма 1. «Динамика движения молодых специалистов в период действия интегрированной системы подготовки инженерных кадров и молодежной политики ОАО «Авиадвигатель».

	До внедрения системы	В период действия системы	дельта
Принято молодых специалистов (чел.)	247	540	216%
из них уволено (чел.)	135	165	122 %
Работает в настоящее время (чел.)	112	375	334 %



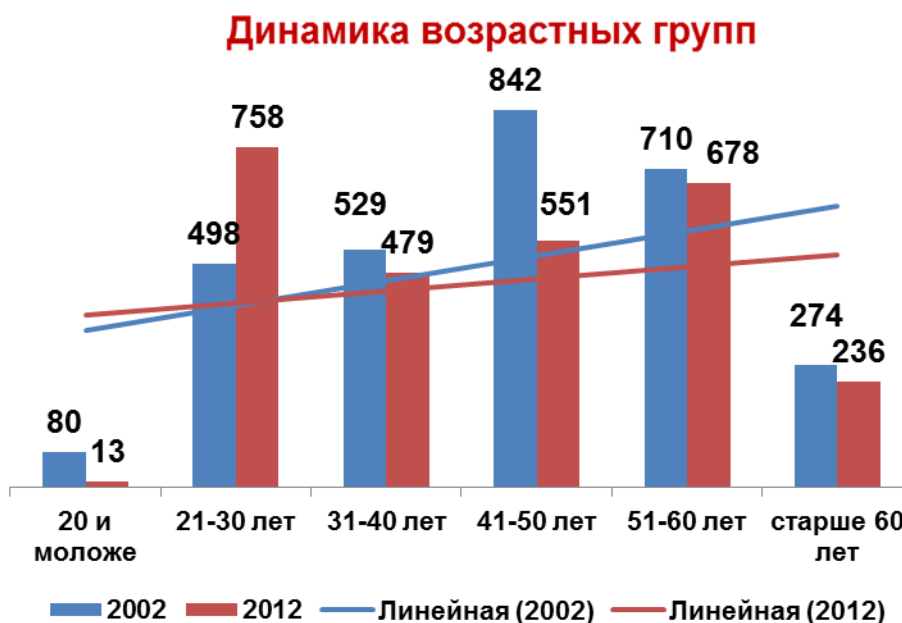
Кроме того система повлияла на решение других кадровых вопросов ОАО «Авиадвигатель»:



- на предприятии решена проблема «старения» персонала (средний возраст персонала Общества – 42,9 года, 36,4 % персонала фирмы составляют работники в возрасте до 35 лет, персонал наиболее работоспособного возраста 35–55 лет составляет 43,6 % от общей численности работников. Динамика численности персонала по возрастным группам за период действия интегрированной системы представлена диаграммой 2);

- решается проблема «разрыва поколений»: преемственность поколений обеспечивается наличием в коллективе опытных сотрудников и талантливой молодёжи с помощью которых происходит передача опыта и перевод накопленных инженерно-технических знаний на язык IT-технологий («оцифровка» опыта), благодаря эргономично организованной комфортной рабочей среде, оснащению рабочих мест современным конструкторско-технологическим инструментарием, разнообразию практических задач.

Диаграмма 2. «Изменение численности персонала по возрастным группам 2002-2012 гг. за период действия интегрированной системы подготовки инженерных кадров и молодежной политики предприятия».



## Лаборатория динамической прочности авиационных двигателей

Лаборатория динамической прочности авиационных двигателей создана как научно-исследовательское подразделение кафедры в рамках программы развития ПНИПУ как Национального исследовательского университета. Она является одним из ведущих коллективов, работающих по приоритетному направлению развития ПНИПУ «Авиационное двигателестроение и газотурбинные технологии».

Обеспечение динамической прочности газотурбинных двигателей относится к категории наиболее важных, сложных и наукоемких проблем авиационного двигателестроения. Актуальность научных исследований в этой области обусловлена постоянным стремлением к повышению удельных параметров двигателей, показателей их надежности.

**Цель** создания лаборатории:

- формирование научно-технического задела для разработки критических технологий создания двигателей нового поколения,
- привлечение к исследованиям в области авиационного двигателестроения молодых ученых, аспирантов, студентов,
- интеграция научных исследований и учебного процесса.

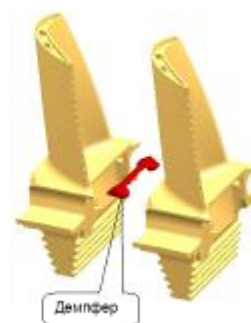
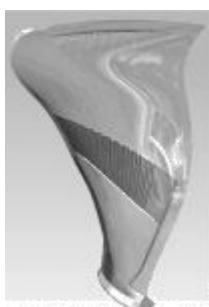
**Научное направление:** разработка новых методов обеспечения динамической прочности авиационных двигателей и газотурбинных установок на основе комплексного изучения вибрационных процессов, процессов эксплуатационного повреждения и усталостного разрушения деталей и узлов с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Тематика исследований соответствует утвержденным Президентом Российской Федерации «Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники» от 21 мая 2006г. № Пр-843 и «Критическим технологиям Российской Федерации» от 21 мая 2006 г. № Пр-842:

- Транспортные, авиационные и космические системы,
- Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем,
- Технологии создания новых поколений ракетно-космической, авиационной и морской техники,
- Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф.

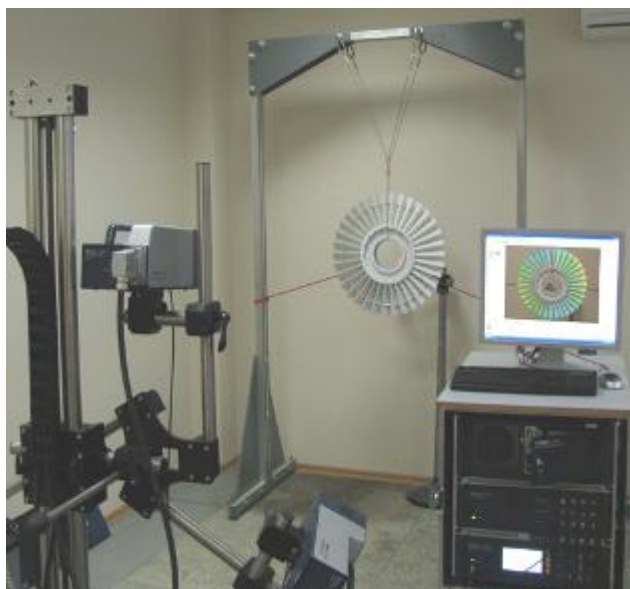
**Объекты исследования:**

- лопатки вентилятора ГТД, в том числе пустотелые и из композиционных материалов,
- лопатки компрессора и турбины,
- демпферы,
- блиски, рабочие колеса, в том числе бандажированные,
- трубопроводы,
- зубчатые колеса, роторы, подшипники,
- детали из композиционных материалов.



Исследования проводятся по ФЦП «Научные кадры России», ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года», по договорам с предприятиями. В частности, Лаборатория активно участвует в работах по созданию семейства газотурбинных двигателей нового поколения ПД-14.

### Экспериментальное оборудование:



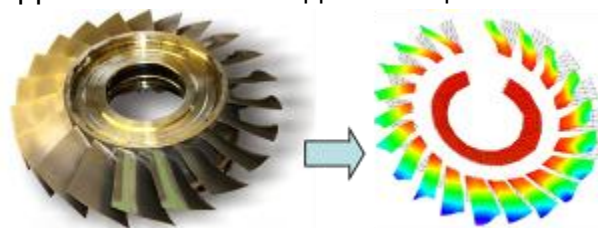
• **Трехкомпонентный сканирующий лазерный виброметр PSV-400-3D** с системой определения полей динамических напряжений и деформаций **Stress&Strain**

Назначение: анализ собственных частот, форм, декрементов колебаний, анализ полей динамических напряжений и деформаций на собственных формах колебаний.

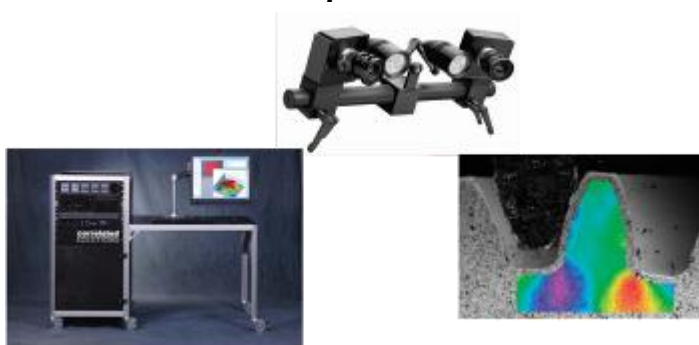
Бесконтактное измерение виброскоростей

Число точек сканирования – до 256\*256

Диапазон частот – до 80 КГц.



• **Оптическая высокоскоростная система анализа полей динамических напряжений VIC-3D HS.**



Назначение: экспериментальный анализ динамических полей перемещений, деформаций и напряжений.

Бесконтактное измерение  
Разрешающая способность по времени - до 10 мксек.

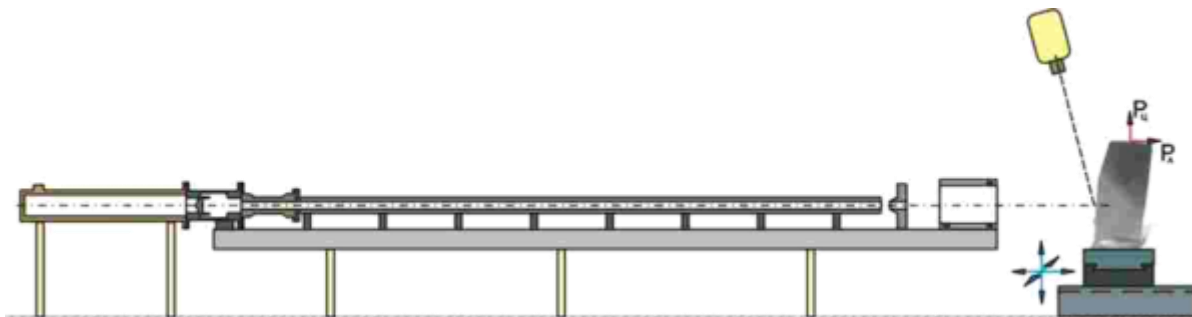
Разрешающая способность по деформациям – до  $5 \cdot 10^{-5}$  мм/мм.

• **Лабораторный комплекс исследования баллистического повреждения посторонними предметами деталей ГТД на базе пневматической пушки**

Назначение: исследование процессов повреждения деталей двигателей при попадании в проточную часть посторонних предметов, получение данных для верификации математических моделей.



Повреждающие предметы: лед, камни, металл, биомасса, диаметр повреждающего предмета 25 мм,  
 Скорость повреждающего предмета -до 500 м/с,  
 Видеорегистрация: две видеокамеры PHOTRON FASTCAM SA5 с разрешением до 775 000 кадр/сек,  
 48каналов регистрации сигналов с тензорезисторов и акселерометров.



• **Многоканальный цифровой виброизмерительный комплекс LMS SCADAS III** с модальным молотком PCB Piezotronics 086C03 и комплектом акселерометров.

Назначение: регистрация вибрационных процессов, тензометрия, ударный модальный анализ.

32 канала регистрации сигналов с тензорезисторов и акселерометров.



• **Мобильный цифровой виброизмерительный комплекс LMS SCADAS Mobile.**

Назначение: регистрация вибрационных процессов, тензометрия.

8 каналов регистрации сигналов с тензорезисторов и акселерометров.

• **Электродинамический вибростенд LDS V850 с системой управления Dactron Laser 4.**

Назначение: проведение модального анализа, вибрационных и усталостных испытаний.

Толкающее усилие – 22,6 кН;  
 Частотный диапазон: 5 - 3,000 Гц;  
 Виброускорение: 60 g;  
 Виброскорость – 2,0 м/сек;  
 Грузоподъемность – 350 кг.



• **Электродинамический вибростенд LDS V650 с системой управления Dactron Comet.**

Назначение: проведение модального анализа, вибрационных и усталостных испытаний.

Толкающее усилие: 2,2 кН;  
 Частотный диапазон: 15 ÷ 5,000 Гц;



Виброускорение: – 100 g  
Виброскорость – 1,5 м/сек;  
Виброперемещение – 25,4 мм (пик-пик);  
Грузоподъемность – 50 кг.

**Высокочастотный пульсатор ZWICK AMSLER 200 HFP 5100 с термокамерой**

Назначение: проведение испытаний на многоцикловую усталость, циклическую тешиностойкость металлов, композиционных материалов, натуральных деталей и узлов.

Максимальная статическая нагрузка: ± 200 кН

Частота: 35 – 300 Гц

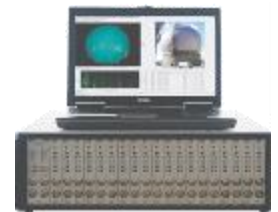
Максимальная амплитуда силы: ± 100кН

Температура -80...+250С



**Система регистрации акустической эмиссии AMSY-6**

Назначение: выявление и локализация начальных стадий разрушения металлов и композиционных материалов путем регистрации и анализа сигналов акустической эмиссии.



**Прецизионная инфракрасная камера NEC TH9100 WR**



Назначение: регистрация тепловых полей деталей и узлов, выявление начальных стадий разрушения.

Бесконтактное измерение

Матрица 320\*240 пикселей

Диапазон температур: от 40<sup>0</sup>С до +1500<sup>0</sup>С

Чувствительность: 0,02<sup>0</sup>С

Разрешение по времени: 60 кадр/сек

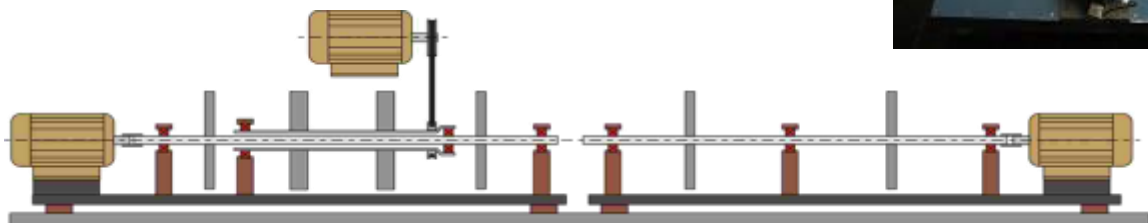
**Трехвальный имитатор роторной системы ГТД**

Назначение: моделирование вибраций роторных систем ГТД, получение экспериментальных данных для верификации математических моделей, отладка схем препарирования двигателя при натуральных испытаниях, отладка систем вибродиагностики.

Трехвальная схема с независимым приводом всех роторов, возможность вариации масс, жесткостей, дисбалансов, положения опор,

Частоты вращения роторов до 6000 об/мин,  
67 каналов регистрации виброускорений, прогибов, деформаций,

Возможность имитации дефектов.



## ▪ Установка вибродиагностики роторов ГТД SPECTRA QUEST

Назначение: моделирование вибраций роторов при наличии дефектов, отработка алгоритмов вибродиагностики.

Двухроторная схема с опорами на подшипниках качения или скольжения.

Независимый привод каждого ротора, частота вращения роторов до 5000 об/мин.

Возможность имитации дефектов: дисбаланс, несоосность опор и валов, искривление оси валов, задевание ротора о статор, дефекты подшипников.

Возможность изменения упруго-массовых характеристик роторов.

18 каналов регистрации виброускорений, прогибов валов .



### Направления исследований:

#### 1. Анализ колебаний деталей и узлов:

- выявление закономерностей колебаний и динамического напряженного состояния деталей и узлов,
- разработка методов экспериментального определения собственных частот и форм колебаний,
- экспериментальное определение характеристик демпфирования, сравнительный анализ эффективности демпферов,
- верификация и идентификация методов расчетного моделирования,
- разработка методов экспериментального исследования динамики роторов, получение данных для верификации математических моделей,
- выявление вибродиагностических признаков повреждений

#### 2. Исследование сопротивления многоциклового усталости и процессов разрушения усталостного разрушения материалов и деталей:

- выявление механизмов и закономерностей усталостного разрушения, роста трещин в деталях двигателей с учетом конструктивных, эксплуатационных и технологических факторов,
- определение характеристик многоциклового усталости и циклической трещиностойкости металлов и композиционных материалов, уточнение критериев разрушения,
- исследование чувствительности к концентрации напряжений,
- сравнительный анализ эффективности методов упрочнения,

#### 3. Исследование процессов эксплуатационного повреждения деталей двигателей:

- разработка методов экспериментального моделирования процессов эксплуатационного повреждения деталей, в частности высокоскоростного повреждения при попадании посторонних предметов в проточную часть двигателя,
- выявление закономерностей процессов эксплуатационного повреждения деталей, получение экспериментальных данных для верификации и идентификации математических моделей,
- разработка методов численного моделирования процессов повреждения,
- подготовка к сертификационным испытаниям,
- уточнение норм на допустимые эксплуатационные повреждения,
- сравнительный анализ мероприятий по повышению стойкости деталей к повреждениям.

4. Исследование теплового состояния деталей и узлов ГТД:
- разработка методик бесконтактного определения полей температур,
  - получение экспериментальных данных для оценки эффективности охлаждения, верификации расчетных методов

**Проведенные исследования:**

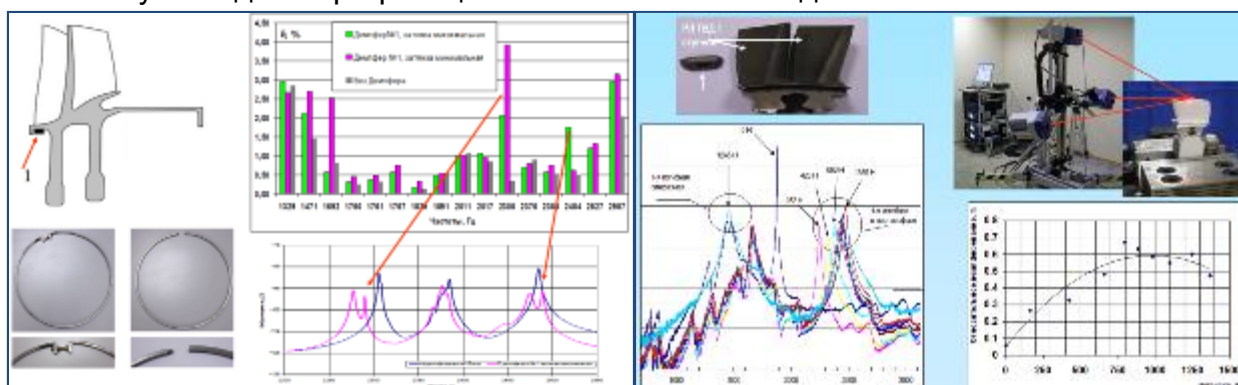
✓ **Анализ собственных частот, форм и декрементов колебаний деталей ГТД.**

Разработаны методы экспериментального исследования собственных частот и форм колебаний рабочих лопаток компрессора и турбины, блисков, пустотелых лопаток вентилятора с использованием impact-анализа (LMS SCADS III) и трехкомпонентной сканирующей лазерной виброметрии (PSV-400-3D), получены данные для верификации методов расчетного моделирования.



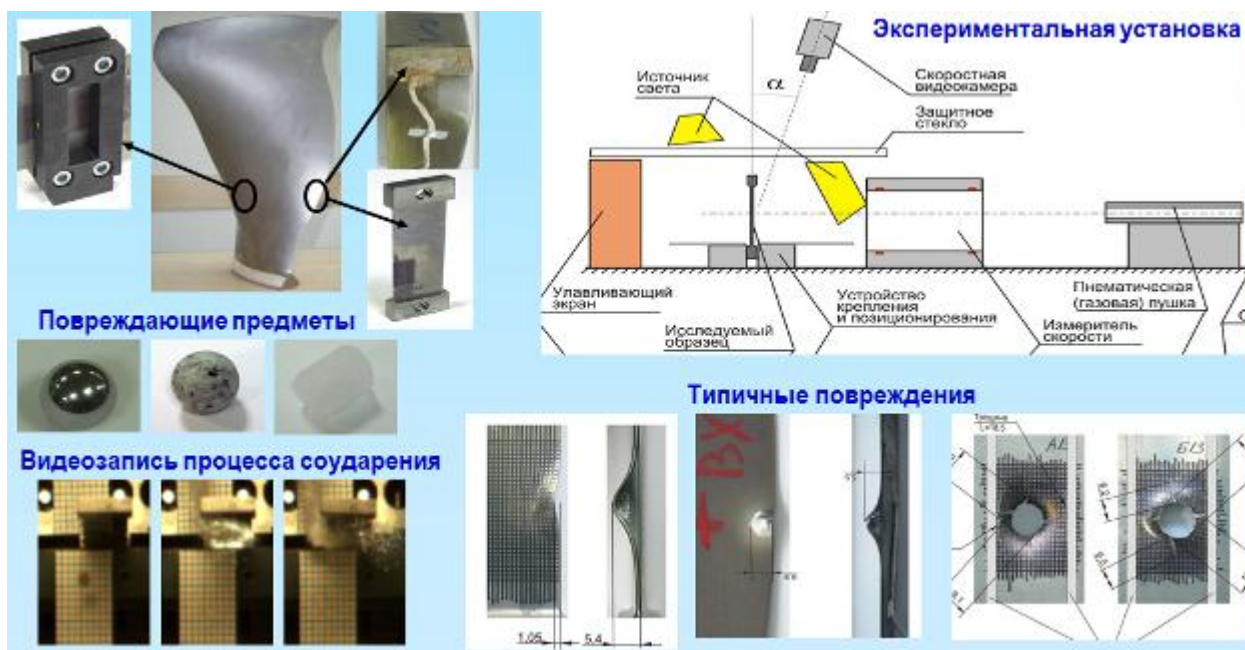
✓ **Анализ эффективности демпферов.**

С использованием impact-анализа (LMS SCADS III) и трехкомпонентной сканирующей лазерной виброметрии (PSV-400-3D) получены экспериментальные данные об эффективности межлопаточных демпферов сухого трения для рабочих лопаток турбины и кольцевых демпферов для блисков. Полученные данные используются для верификации математических моделей.



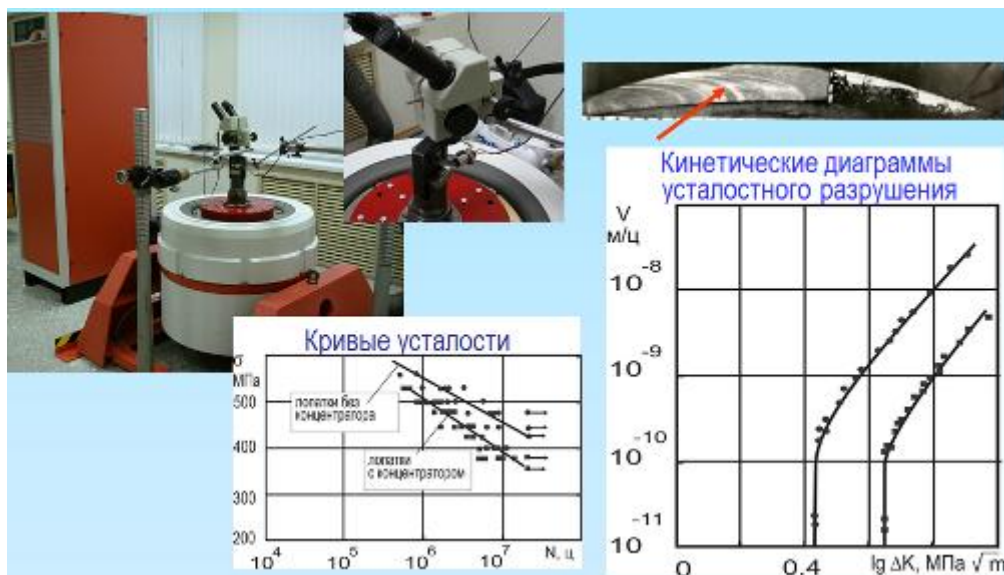
✓ **Анализ повреждения лопаток посторонними предметами**

Разработаны методы экспериментального и расчетного моделирования, получены данные о закономерностях процессов ударного повреждения лопаток компрессора и полых лопаток вентилятора при попадании посторонних предметов (металл, камень, лед, биомасса) в проточную часть двигателя. Проведена верификация математических моделей.



✓ **Исследование закономерностей усталостного разрушения лопаток компрессора**

Разработаны экспериментальные методы, оборудование и получены данные о закономерностях усталостного разрушения лопаток компрессора и вентилятора, роста трещин в них, влиянии на эти процессы технологических факторов. Получены кривые усталости и кинетические диаграммы усталостного разрушения натуральных лопаток. Разработаны расчетные и экспериментальные методы и получены данные о чувствительности к концентрации напряжений рабочих лопаток компрессора и вентилятора.

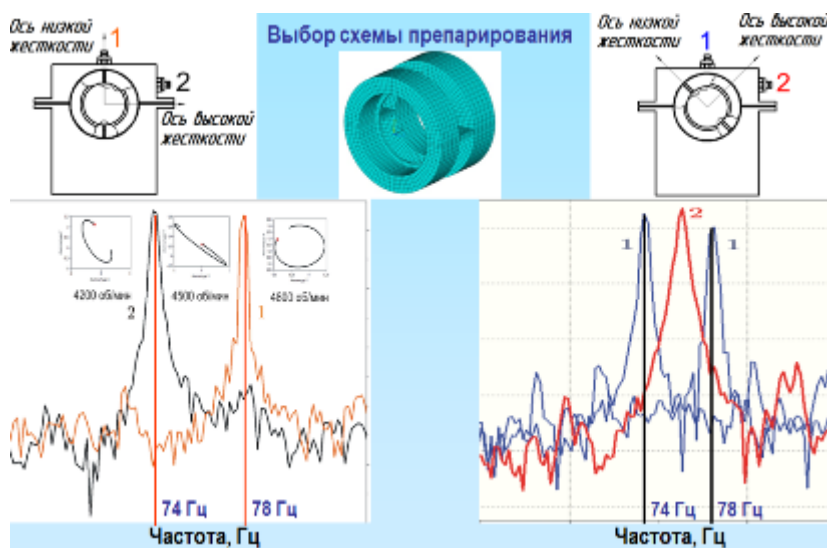


✓ **Исследование динамики модельного ротора**

Разработана методика и проведено исследование закономерностей вибрационного поведения модельного двухопорного ротора с анизотропной опорой. Разработаны рекомендации по повышению информативности схемы

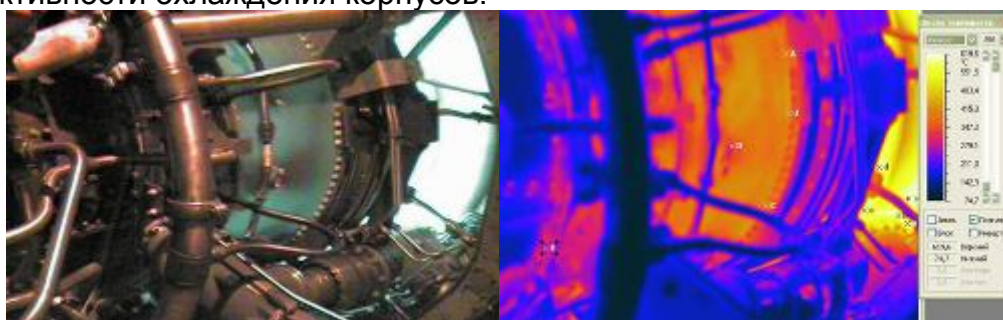


препарирования двигателя при исследовании вибраций. Получены данные для верификации расчетных методов прогнозирования вибраций.



✓ **Анализ теплового состояния элементов ГТД с помощью тепловизора.**

Разработана методика и проведено исследование теплового состояния корпусов наземной газотурбинной установки. Даны рекомендации по повышению эффективности охлаждения корпусов.

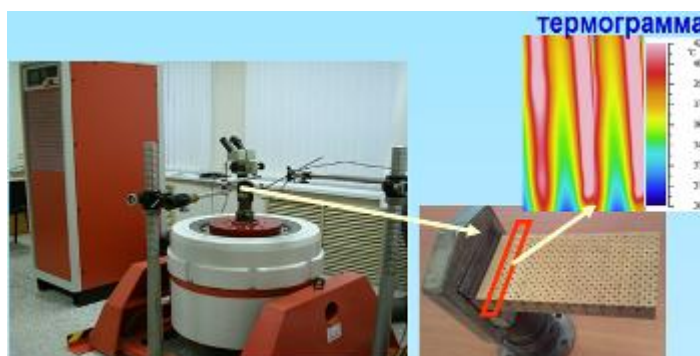


✓ **Анализ развития усталостных трещин в дисках турбин**

В рамках подхода механики разрушения разработана методика вероятностной оценки циклической долговечности дисков ГТД из гранулируемых никелевых сплавов. Методика предназначена для расчетного прогнозирования циклического ресурса дисков.

✓ **Исследование усталостного разрушения композиционных материалов**

Проведены эксперименты по оценке сопротивления многоциклового усталости образцов и элементов натуральных конструкций из стеклопластиков и углепластиков. Результаты направлены на обеспечение усталостной прочности деталей двигателя и мотогондолы.



## Информационно-образовательные ресурсы кафедры

### Монографии

1. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях. Под ред. Августиновича В.Г., Шмотина Ю.Н. - М.: Машиностроение, 2005. - 536 с.
2. Нестационарные явления в турбомашинах. / под ред. В.Г. Августиновича. - Уральское отделение РАН. Екатеринбург - Пермь, 1999. - 280 с., ил.
1. 3. Основы технологии создания газотурбинных двигателей для магистральных самолетов. / Братухин А.Г., Решетников Ю.Е., Иноземцев А.А. и др. Под ред. А.Г. Братухина и др. - М.: Авиатехинформ, 1999. - 553 с.

### Статьи

1. Nikhamkin M., Voronov L., Semenova I. Foreign object damage and fatigue strength loss in compressor blades // Proceedings of ASME Turbo Expo 2008 "Power for Land, Sea and Air GT2008". – Berlin, 2008. – GT2008-51493.
2. Nikhamkin M., Voronov L., Semenova I. Effect of blade geometry and foreign object kinetic energy on blades damage // Proceedings of ASME Turbo Expo 2010 "Power for Land, Sea and Air GT2010". – Glasgow, 2010. – GT2010-22425.
3. Nikhamkin M. Viatchanin D. A probabilistic assessment of cycle life of GTE disks made of granular. Russian aeronautics, 2008, №1, Allerton Press, Inc., p. 94-96 .
4. Nikhamkin M., Semenova I. Stress concentration in compressor blades at their damage by foreign objects Russian Aeronautics. 2011. Т. 54. № 4. С. 346-350.
5. Нихамкин М.А., Воронов Л.В., Любчик О.Л., Гладкий И.Л. Экспериментальная верификация моделей деформационного поведения и высокоскоростного разрушения титанового сплава ВТ6. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т 13, № 4(4), 2011, С.991-997.
6. Нихамкин М.А., Семенова И.В., Любчик О.Л., Гладкий И.Л. Моделирование повреждения посторонними предметами полых лопаток вентилятора ГТД. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т 13, № 1(2), 2011, С.226-229.
7. Нихамкин М.А., Воронов Л.В., Семенова И.В. Конев И.П., Плотников Ю.И. Сараева Л.В. Снижение усталостной прочности лопаток компрессора ГТД при повреждении посторонними предметами. Авиационная промышленность, 2008 № 1 с.21-24.
8. Нихамкин М.А., Семенова И.В. Концентрация напряжений в лопатках компрессора при повреждении их посторонними предметами. Известия Вузов Авиационная техника. 2011, №4, с.3-6.
9. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Воронов Л.В., Гладкий И.Л., Головкин А.Ю., Болотов А.П. Экспериментальный и расчетный модальный анализ лопаток вентиляторов полый конструкции. Авиационная промышленность, 2010, №3, с.8-
10. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Ильиных А.В., Ратчиев А.М., Вильдеман В.Э., Вятчанин М.А. Малоцикловая усталость и циклическая трещиностойкость никелевого сплава при нагружении, характерном для дисков турбин. Тяжелое машиностроение, 2011, №4, с.30-33.
11. Нихамкин М.А., Вятчанин Д.А. Вероятностная оценка циклической долговечности дисков ГТД из гранулируемых материалов. Известия Вузов. Авиационная техника. 2008 № 1, с.70-71.
12. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Воронов Л.В., Сенкевич А.А., Головкин А.Ю., Болотов А.П., Методика экспериментального модального анализа лопаток и

рабочих колес газотурбинных двигателей. Тяжелое машиностроение, 2010, N 11. С. 2-6.

13. Нихамкин М.А., Балакирев А.А., Воронов Л.В. Методика экспериментальной оценки эффективности кольцевых демпферов в блисках ГТД. Вестник СГАУ №3(34), 2012 г., ч. II, с.21-26.

14. Нихамкин М.А., Саженов Н.А., Методика оценки эффективности межлопаточных фрикционных демпферов в турбинах, Вестник СГАУ №3(34), 2012 г., ч. II, с. 27-33.

15. Нихамкин М.А., Воронов Л.В., Семенова И.В., Саженов Н.А., Балакирев А.А. Методика конечно-элементного моделирования колебаний систем с фрикционным демпфированием // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4; URL: [www.science-education.ru/104-6694](http://www.science-education.ru/104-6694).

16. Августинович В.Г. Куценко Ю.Г. Создание и применение методологии комплексного расчета малоэмиссионной камеры сгорания. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2011, №2, с.37-42.

17. Иноземцев А.А., Дроков В.Г., Дроков В.В. Состояние и перспективы развития спектральной трибодиагностики авиационных ГТД. Часть 3. Сцинтилляционный атомно-эмиссионный способ измерения параметров металлических частиц в пробах авиационных масел. Контроль. Диагностика. 2011, №6, с.17-27.

18. Иноземцев А.А., Августинович В.Г., Цатиашвили В.В. Эмиссионное совершенствование камеры сгорания богато-бедного типа на этапе проектирования. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2010, №4, с. 44-48.

#### **Учебники, учебные пособия**

1. Нихамкин М.А. Вибрационные процессы в газотурбинных двигателях (конспект лекций). Пермь, ПНИПУ, 2011. – 118с.

2. Нихамкин М.А. Конструкция и проектирование газотурбинных двигателей наземного применения (конспект лекций). Пермь, ПНИПУ, 2011. – 93с

3. Григорьев А.А. Камеры сгорания газотурбинных двигателей и эмиссия вредных веществ (конспект лекций). Пермь, ПНИПУ, 2011. – 69с.

4. Григорьев А.А. Теория, расчет и проектирование газотурбинных двигателей наземного применения. Пермь, ПГТУ, 2011. – 65с.

5. Григорьев А.А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Пермь, ПГТУ, 2010. – 368с.

6. Августинович В.Г. Математическое моделирование авиационных двигателей. Пермь, ПГТУ, 2008. – 99с.

7. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т.1. Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. Москва, Машиностроение, 2008. – 200 с.

8. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т.2. Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. Москва, Машиностроение, 2008. – 367с.

9. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т.3. Зубчатые передачи и муфты. Пусковые устройства. Трубопроводные и электрические коммуникации. Уплотнения. Силовой привод. Шум. Автоматизация проектирования и поддержки жизненного цикла Москва, Машиностроение, 2008. – 226с.

10. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Т.4. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок Москва, Машиностроение, 2008. – 191с.

11. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т.5. Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва, Машиностроение, 2008. – 186с.

12. Конструкция газотурбинных двигателей. Конструкция наземных газотурбинных установок: метод. указания к выполнению курсового проекта / сост. Л.В.Воронов. - Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. - 64 с.

13. Ведение в авиационную технику: учеб. пособие / А.А. Григорьев. - Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. - 85 с.

14. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. пособие / А.А. Григорьев. - Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. - 196 с.

15. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: лабораторный практикум / А.А. Григорьев. - Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. - 66 с.

16. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. пособие / А.А. Григорьев. - Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. - 253 с.

17. Серегин Ю.Н., Воронов Л.В. Конструкция газотурбинных двигателей. Форсажная камера сгорания авиационного ТРДДФ Д-30Ф6: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь, 2006. - 27 с.

18. Воронов Л.В., Матюнин В.П. Выпускная квалификационная работа дипломированного специалиста: метод. указания к выполнению дипломного проекта (работы) для студ. спец.130200 «Авиационные двигатели и энергетические установки» / Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь, 2005. - 31 с.

19. Нихамкин М.А., Воронов Л.В. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Вопросы и задачи: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь, 2005. - 142 с.

20. Нихамкин М.А., Зальцман М.М. Конструкция основных узлов двигателя ПС-90А: Учеб. пособие. - Пермь: Изд.-во ПГТУ, 2002.- 120 с.

### **Краткая историческая справка о кафедре «Авиационные двигатели»**

История создания кафедры «Авиационные двигатели» ПНИПУ берет свое начало с 1930-х годов, когда в Перми был построен моторостроительный завод, организовано проектирование и производство авиационных двигателей. В середине 1950-х годов с переходом на газотурбинную технику, расширением предприятий потребность в специалистах с высшим образованием стала расти, так что возникает необходимость подготовки инженерных кадров для пермской школы авиационного двигателестроения. Именно тогда по инициативе руководства моторостроительных предприятий, выдающегося авиаконструктора П.А. Соловьева в Пермском вечернем машиностроительном институте, вошедшем впоследствии в состав Пермского политехнического института, была начата подготовка инженеров-специалистов по авиационным двигателям.

Кафедра «Авиационные двигатели» образована в 1955 г. вместе с одноименным факультетом, в 1958 г. состоялся первый выпуск, председателем Государственной аттестационной комиссии был Главный конструктор П.А. Соловьев.

С момента своего основания кафедра была ориентирована на подготовку специалистов для пермских предприятий моторостроительного комплекса. Благодаря поддержке этих предприятий в шестидесятые годы была создана лабораторная и методическая база учебного процесса, начаты научные исследования.

В 1980-2000 г.г. кафедрой руководили профессор В.Д. Ронзин, доцент Ю.Н. Серегин, доцент В.А. Ефремов, профессор В.Г. Августинович, доцент А.Д. Дическул.

С 2000 г. кафедрой руководит генеральный конструктор ОАО «Авиадвигатель», доктор технических наук, профессор А.А.Иноземцев.

Главное достижение кафедры - ее выпускники. За годы существования кафедры подготовлено более 3000 специалистов. В их числе - руководители крупных конструкторских и производственных коллективов в авиационной промышленности, энергетике, машиностроении и коммерческих организациях, научные работники, преподаватели.

Среди выпускников: Иноземцев А.А. - генеральный конструктор ОАО «Авиадвигатель», Кокшаров Н.Л. - первый заместитель генерального конструктора

генерального директора ОАО «Авиадвигатель», заместители генерального конструктора ОАО «Авиадвигатель» Чернов В.И., Максимов И.В., Черномордик А.А., Сандрацкий В.Л., Семенов А.Н., управляющий директор ОАО «Редуктор-ПМ» Семикопенко Н.А., главный конструктор ОАО «СТАР» Дудкин Ю.П. и другие.

В настоящее время кафедра ведет подготовку специалистов по направлению «Проектирование двигателей летательных аппаратов», специализация 160301.65 – «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», срок обучения – 5,5 лет, квалификация выпускников – «специалист». Учебный план специальности 160301.65 - "Авиационные двигатели и энергетические установки".

На кафедре имеется магистратура, подготовка ведется в рамках направления «Двигатели летательных аппаратов» по трем магистерским программам. Руководитель магистратуры – профессор Нихамкин М.А. Срок обучения – 2 года, квалификация выпускников – «магистр техники и технологии». Учебные планы магистерских программ направления 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов»: 51 - "Проектирование и конструкция двигателей и энергетических установок летательных аппаратов"; 53 – "Информационные технологии в разработке двигателей летательных аппаратов"; 54 - "Проектирование и конструкция газотурбинных двигателей наземного применения».

На кафедре ведется подготовка аспирантов, ежегодно в аспирантуру поступают несколько лучших выпускников. Обучение ведется по очной (4 года) и заочной (5 лет) формам. Руководители аспирантуры: генеральный конструктор ОАО «Авиадвигатель» профессор, доктор технических наук Иноземцев А.А. (научное направление - разработка методологии создания газотурбинных двигателей для магистральных самолетов), профессор, доктор технических наук Августинovich В.Г. (научное направление - исследование нестационарных термогазодинамических процессов в газотурбинных двигателях), профессор, доктор технических наук Нихамкин М.А. (научное направление - исследование прочности, процессов разрушения и живучести газотурбинных двигателей).

### Краткая историческая справка об ОАО «Авиадвигатель»

Открытое Акционерное Общество «Авиадвигатель», конструкторское бюро – разработчик двигателей для гражданской и военной авиации, а также промышленных газотурбинных установок и электростанций на базе авиационных технологий. Предприятие входит в состав «Объединенной двигателестроительной корпорации» – 100-% специализированной дочерней компании ОАО «ОПК «ОБОРОНПРОМ» по управлению двигателестроительными активами.

Пермское конструкторское бюро (ныне ОАО «Авиадвигатель») образовано в 1939 году. За 74 года существования КБ внесло общепризнанный вклад в практику мирового двигателестроения. Классическими образцами, вошедшими в учебники проектирования авиационных двигателей, стали

- поршневой «мотор-долгожитель» АШ-62ИР (разработан в 1938 году и ныне летает на самолетах Ан-2),
- первый двухконтурный двигатель Д-20П,
- первый вертолетный двигатель со свободной турбиной Д-25В;
- первый двухконтурный форсажный двигатель Д-30Ф6,
- первая электронная система управления двигателем,
- высоконапорный компрессор,
- высокотемпературные турбины.

Конструкторское бюро имеет собственную школу, основоположниками которой являются Аркадий Дмитриевич Швецов и Павел Александрович Соловьев. Отличительная особенность пермской конструкторской школы - высокая доля разработок, внедренных в производство и массово выпускаемых серийными заводами. За 74 года разработано более 70 типов двигателей, из которых 41 тип (60%) производился серийно. В разное время моторостроительными заводами в Перми (ОАО «ПМЗ») и в Рыбинске (ОАО «НПО «Сатурн») выпущено более 66 тысяч авиационных поршневых двигателей и более 19,5 тысяч авиационных газотурбинных двигателей, разработанных КБ (ныне ОАО «Авиадвигатель»)

С 1939 по 1953 годы под руководством А. Швецова разработано семейство мощных звездообразных поршневых двигателей воздушного охлаждения, которые устанавливались на самолеты Ла-5, Ла-7, Ли-2, И-16, Ту-2, Ан-2 и другие конструкторов Поликарпова, Туполева, Лавочкина, Сухого, Ильюшина, Антонова,

вертолеты Миля, Яковлева. Самолеты с двигателями А. Швецова сыграли важную роль в победе над фашизмом и в послевоенное время.

В начале пятидесятых годов коллектив предприятия под руководством П. Соловьева, приступил к созданию новой газотурбинной техники. Каждый авиационный двигатель этого периода был «первый» и «лучший» в стране. Пермскими двигателями оснащали самые надежные в истории авиапрома самолеты Ту-134, самые популярные – Ту-154М, самые скоростные в своем классе в мире истребители МиГ-31 и т.д.

Важнейшим достижением российского авиапрома 90-х годов XX века является малошумный и экологически чистый двигатель ПС-90А, созданный пермскими конструкторами для отечественных пассажирских и грузовых самолетов типа Ил-96, Ту-204/214, Ил-76ТД-90 и др. Двигатель соответствует современным и перспективным экологическим нормам. Самолеты, оснащенные им, без ограничений летают во все страны мира. Воздушная техника с пермскими двигателями находится на вооружении ведущих авиакомпаний России и зарубежья: «Аэрофлот-ПАЛ», «Россия», «Владивосток авиа», Red Wings, «Волга-Днепр», Silk Way Airlines, Cubana, Air Koryo и др. Пермские двигатели, установлены на самолетах СЛО «Россия» Владимира Путина и Дмитрия Медведева.

ОАО «Авиадвигатель» имеет практический опыт международного сотрудничества: в партнерстве с американской компанией «Пратт-Уитни» создан двигатель ПС-90А2 – глубокая модификация базовой модели. Основной целью разработки ПС-90А2 было создание авиационного двигателя, полностью соответствующего мировым требованиям по летной годности и охране окружающей среды, обеспечивающего существенное (на 35–37 %) снижение стоимости жизненного цикла и увеличение надежности по сравнению с базовым ПС-90А. В 2009 году этот двигатель успешно прошел сертификацию по авиационным правилам АП-33 (летная годность) и АП-34 (охрана окружающей среды), являющимся аналогом американских норм FAR-33 и европейских JAR-33. Двигатель ПС-90А2 передан в серийное производство. В настоящий момент он установлен на среднемагистральном пассажирском самолете Ту-204СМ, который завершает сертификационные государственные испытания.

В начале 90-х годов в связи со структурным кризисом авиационной промышленности ОАО «Авиадвигатель» выступил инициатором создания пермского газотурбинного оборудования для предприятий ТЭК России. Начинание



КБ поддержали Виктор Черномырдин и Рем Вяхирев. ОАО «Авиадвигатель» не только разработал на базе авиационных двигателей газотурбинные установки для ГПА и электростанций разной мощности, но и организовал кооперацию пермских предприятий по ее серийному изготовлению, в которую входят кроме «Пермского моторного завода», «Редуктора» и смежных предприятий моторостроительного комплекса, ОАО «Протон-ПМ», НПО «Искра», ПЗ «Машиностроитель», ОАО «Стар», ОАО «Инкар». Позднее были созданы новые предприятия ЗАО «Искра-Энергетика» и ОАО «Искра-Авигаз».

Работа над созданием газотурбинной техники наземного применения позволила ОАО «Авиадвигатель» сохранить конструкторские компетенции и кадровый потенциал, а так же получить реальный опыт работы на свободном рынке в условиях жесткой конкуренции.

За 20 лет «Авиадвигатель» разработал и внедрил в серийное производство:

- два семейства газотурбинных установок для газоперекачивающих агрегатов и электростанций: ГТУ-2,5П; ГТУ-4П; ГТУ-6П и ГТУ-10П; ГТУ-12П; ГТУ-16П; ГТУ-25П;
- газотурбинные электростанции: «Урал-2500»; «Урал-4000»; «Урал-6000»; ГТЭС-12П, ГТЭС-16П, ГТЭС-25П;
- газотурбинный насосный агрегат для транспорта нефти «Урал-6000».

ОАО «Авиадвигатель» не только разрабатывает, но и обеспечивает испытания, поставку, шеф-монтаж, пусконаладочные работы блочно-контейнерных газотурбинных электростанций мощностью 2,5; 4; 6; 12; 16; 25 МВт, обучение персонала заказчика, строительство объектов «под ключ».

«Авиадвигатель» первым среди поставщиков газотурбинного оборудования внедрил на объектах ООО «ЛУКОЙЛ» сервисное обслуживание ГТЭС с оплатой за фактически отработанный машино-час.

Продукция, разработанная ОАО «Авиадвигатель», пользуется спросом у нефтяников, газовиков и энергетиков благодаря своим высоким потребительским качествам, успешно конкурируя в открытых тендерах с техникой зарубежного производства. По заказу крупнейших газовых и энергетических компаний – «Газпрома», «ЛУКОЙЛа», «Башкирэнерго», «Сургутнефтегаза» и др. – изготовлены и успешно работают 679 двигателей промышленного назначения. Оборудование «Авиадвигателя», работающее на попутном нефтяном газе, помогает утилизировать его и делает бизнес заказчиков более экологичным и прибыльным.

Преимуществами пермских газовых турбин промышленного назначения являются:

- надежная эксплуатация в любых климатических условиях, в т.ч. в условиях Крайнего Севера;
- соответствие современным экологическим требованиям;
- высокие (на уровне мировых аналогов) показатели эффективности и экономичности;
- полная автоматизация технологических процессов;
- возможность использования разных видов топлива;
- полная заводская готовность, обеспечивающая быстрый ввод в эксплуатацию при минимальных затратах.

На начало 2013 года суммарная наработка пермского оборудования на более чем 330 объектах ТЭК России и ближнего зарубежья превысила 14 миллионов часов. На сегодняшний день работа в области создания газовых турбин промышленного назначения является одним из главных направлений бизнеса пермского КБ.

Сегодня ОАО «Авиадвигатель» как всегда в авангарде российского авиационного двигателестроения. Предприятие является головным разработчиком семейства двигателей пятого поколения для ближне-среднемагистральных самолетов типа «МС-21». Создание базового двигателя семейства – ПД-14 – один из приоритетов государственной программы «Развитие авиационной промышленности на 2013 - 2025 годы» утвержденной правительством РФ в декабре 2012 года.

Конструкторское бюро обладает современной лабораторно-исследовательской базой, позволяющей обеспечить производство и испытания опытных образцов на уровне мировых стандартов. Созданная в ОАО «Авиадвигатель» исследовательская лаборатория прочности металлов и деталей авиационных двигателей аттестована Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и Межгосударственным Авиационным Комитетом. В 2011-2012 году ОАО «Авиадвигатель» совместно с Пермским национальным исследовательским политехническим университетом создали и ввели в строй современные центры композитных материалов и акустических исследований.

Важнейшие научные исследования и опытно-конструкторские работы ведутся предприятием в тесном сотрудничестве с ведущими отраслевыми институтами: ГНЦ РФ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е.

Жуковского», ГНЦ РФ ФГУП «ВИАМ». В исследованиях занято 1,5 тысячи высококвалифицированных инженеров (конструкторов, исследователей, расчетчиков и т.п.), в том числе, доктора технических наук, кандидаты технических наук, аспиранты.

Основные конкурентные преимущества ОАО «Авиадвигатель»:

- практический опыт коммерциализации инновационных продуктов – умение довести разработанные изделия до серийного выпуска;
- наличие молодого работоспособного профессионального кадрового потенциала;
- использование современных методов и инструментов проектирования на базе IT-технологий ;
- наличие собственной высокопродуктивной школы конструкторских разработок авиационных двигателей.