

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СГАУ

© 2012 В. Н. Матвеев, М. Ю. Анисимов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Представлена информация об основных направлениях деятельности Научно-образовательного центра газодинамических исследований Самарского государственного аэрокосмического университета. Приведены основные научно-исследовательские работы центра, освещено участие его в учебном процессе.

Газодинамические исследования, процессы горения, газовая динамика, образовательная деятельность.

Научно-образовательный центр газодинамических исследований (НОЦ ГДИ) Самарского государственного аэрокосмического университета был организован в мае 2010 г. для осуществления научно-исследовательской деятельности в области газовой динамики и процессов горения, а также для участия в образовательном процессе.

В настоящее время в состав НОЦ ГДИ входят лаборатории:

- лазерной диагностики структуры потока;
- вычислительной газовой динамики;
- исследования моделей камер сгорания ГТД;
- химическая;
- комплексных исследований ГТД с имитацией полётных условий;
- исследований структуры сверх- и гиперзвуковых потоков;
- энергосберегающих и энергоэффективных технологий;
- подготовки изделий к проведению экспериментальных исследований.

Несмотря на небольшой срок своей деятельности коллективом НОЦ ГДИ в 2010 г. выполнено НИР на 20,4 млн. руб., в 2011 г. – на 40,2 млн. руб., а в 2012 г. объём выполняемых НИР составляет 62,6 млн. руб.

Одним из основных направлений научной деятельности центра является численное моделирование и усовершенствование рабочих процессов основных узлов газотурбинных двигателей: компрессора, камеры сгорания и турбины. По этому направлению в

рамках хоздоговоров с ОАО «Кузнецов», ЦИАМ и ОАО «Пензадизельмаш» отработаны методики формирования численных моделей рабочих процессов указанных выше узлов.

В частности, с помощью численных моделей компрессоров среднего и высокого давления проведены исследования по газодинамическому усовершенствованию формы их проточной части за счёт выбора рациональных значений углов установки направляющих лопаток и лопаточных углов рабочих колес.

Расчётные исследования проводились с использованием газодинамического программного комплекса NUMECA и программного комплекса для оптимизации IOSO.

В первую очередь необходимо было повысить энергетическую эффективность компрессора высокого давления (КВД) без существенного изменения его конструкции. В качестве варьируемых параметров в техническом задании было предложено использовать углы установки направляющих лопаток первых трёх ступеней. Для поиска оптимального решения программе-оптимизатору потребовалось 102 обращения к численной газодинамической модели КВД. Полученные результаты позволили спрогнозировать повышение КПД КВД на 0,3...0,5%.

Для снижения напряжений в рабочих лопатках компрессора среднего давления (КСД) проведены расчётные исследования по снижению уровня пульсаций давления в

последнем рабочем лопаточном венце, возникающих из-за стоек опоры за КСД (рис. 1). Дело в том, что из-за повышенных пульсаций давления в этом лопаточном венце его

лопатки приходится выполнять с антивибрационной полкой, устанавливаемой в проточной части. Последнее приводит к снижению КПД КСД.

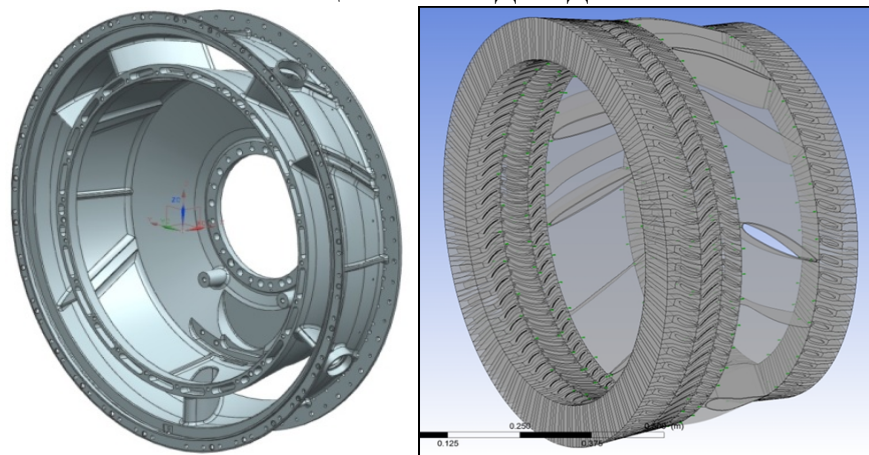


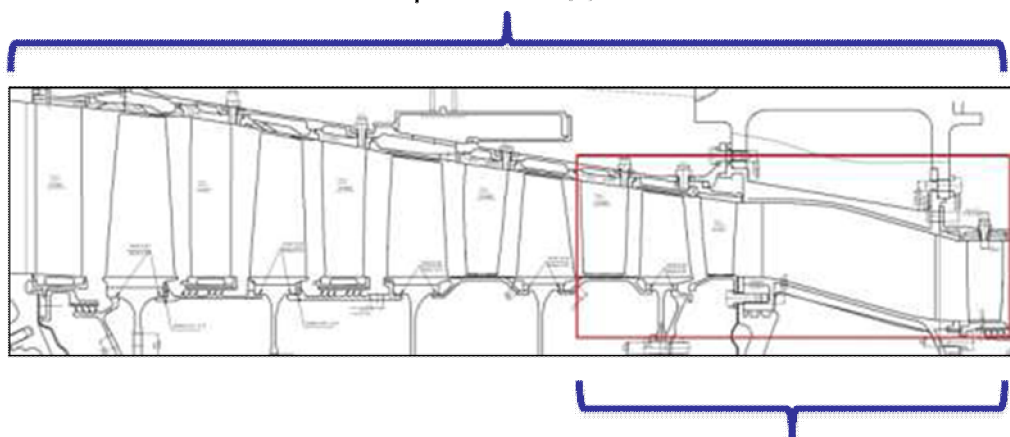
Рис. 1. Опора компрессора среднего давления

Для уменьшения пульсаций давления перед каждой стойкой был выделен свой симметричный относительно оси стойки сектор лопаток направляющего аппарата. На границе каждого сектора угол установки лопаток оставался неизменным. С приближением же к оси стойки направляющие лопатки разворачивались так, чтобы обеспечить плавное обтекание стойки потоком.

Численная модель пятиступенчатого КСД состояла из двух частей. Первая часть

модели представляла собой сектор, включающий по одному межлопаточному каналу входного направляющего аппарата, первых четырёх рабочих колес и первых трёх направляющих аппаратов (рис. 2). Вторая часть модели включала полноразмерные лопаточные венцы четвёртого и пятого направляющих аппаратов, пятого рабочего колеса и рёбер опоры КСД (рис. 2).

Секторная модель



Полная окружность

Рис. 2. Схема пятиступенчатого КСД со стойками опоры

Выполненные расчёты описанной модели на режиме малого газа, взлётном и крейсерском режимах показали, что предложенная коррекция направляющего аппарата позволяет снизить уровень пульсаций в по-

следнем рабочем лопаточном венце приблизительно в 1,5 раза. Это даёт возможность отказаться от антивибрационных полок на рабочих лопатках и увеличить КПД КСД ориентировочно на 1% (рис. 3).

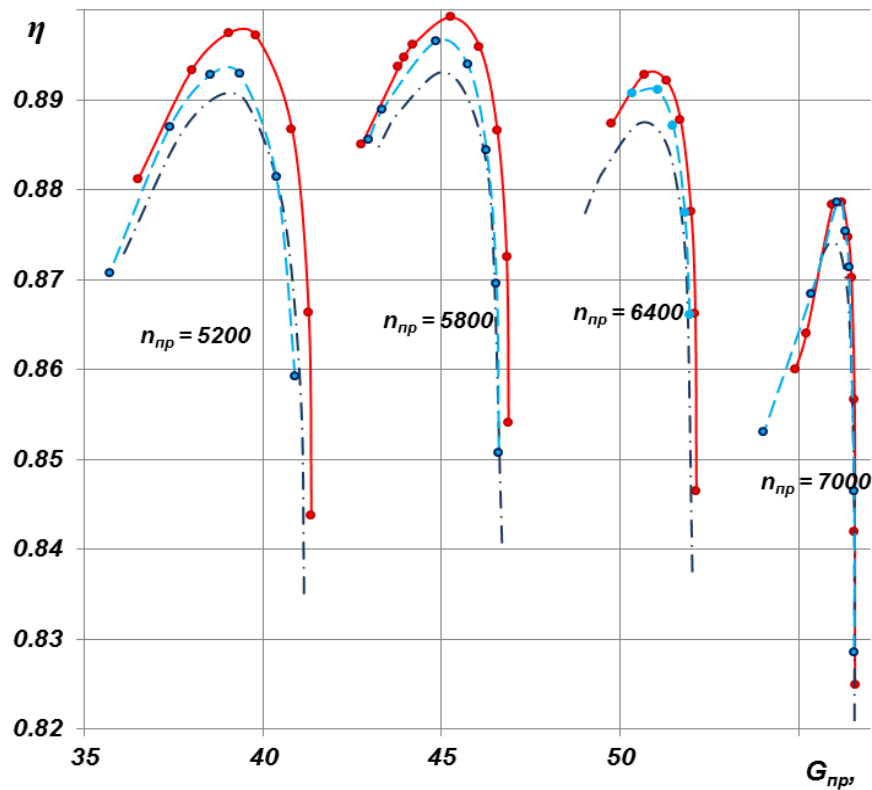


Рис. 3. КПД - характеристики КСД с различными вариантами рабочих лопаток пятой ступени:
 —•— - базовый вариант; — — - с профилем Шварца; — — — без антивибрационной полки

Разработанная численная параметрическая модель малотоксичной камеры сгорания (рис. 4) была использована для доводки её температурного поля. Заданное поле температур было получено за счёт подвода вторичного воздуха через специальным образом

сформированную систему отверстий жаровой трубы камеры сгорания. Численная модель камеры сгорания также дала возможность определить структуру потока и уровень гидравлических потерь в камере сгорания на различных режимах работы двигателя.

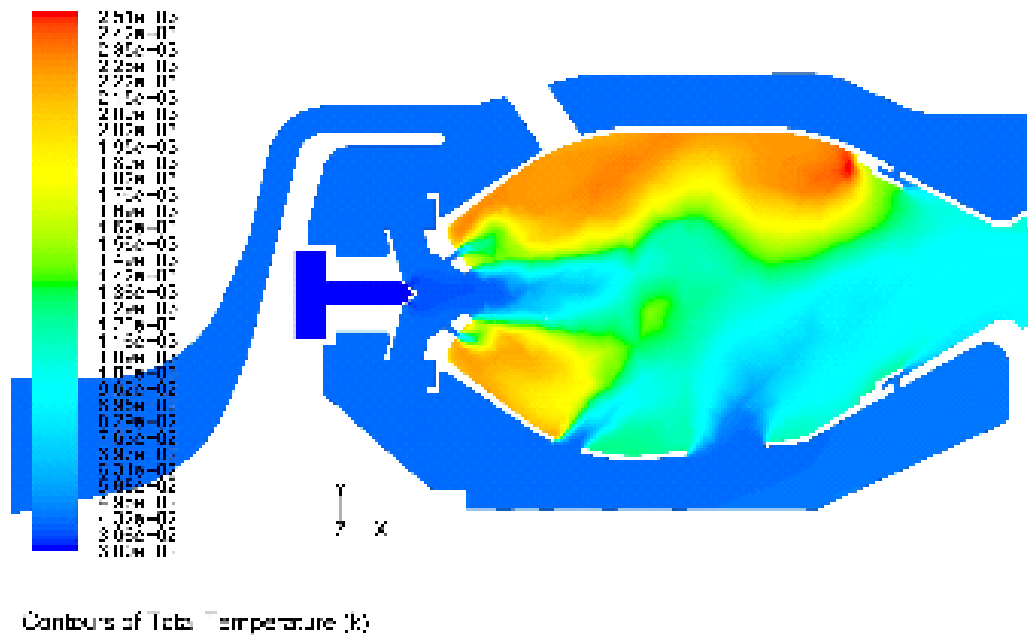


Рис. 4. Численная модель малотоксичной камеры сгорания

Проведены работы по созданию нескольких моделей каталитической камеры нейтрализации оксида углерода, экспериментальным путём определены их характеристики.

Созданная сопряжённая газодинамическая и прочностная модель турбины агрегата наддува дизеля локомотива позволила за счёт выбора рациональных значений геометрических параметров рабочего колеса повысить мощностной КПД на 1% и обеспечить приемлемый уровень напряжений в лопатках рабочего колеса.

Другим направлением научной деятельности НОЦ ГДИ является исследование течения газов и аэрозоли в каналах сложной формы.

Численные модели потоков в выходных устройствах стационарных энергетических установок (рис. 5) позволили определить уровень гидравлических потерь в их проточной части, предложить варианты выходных устройств с повышенным газодинамическим совершенством и сформировать исходные данные для прочностных расчётов выходных шахт.

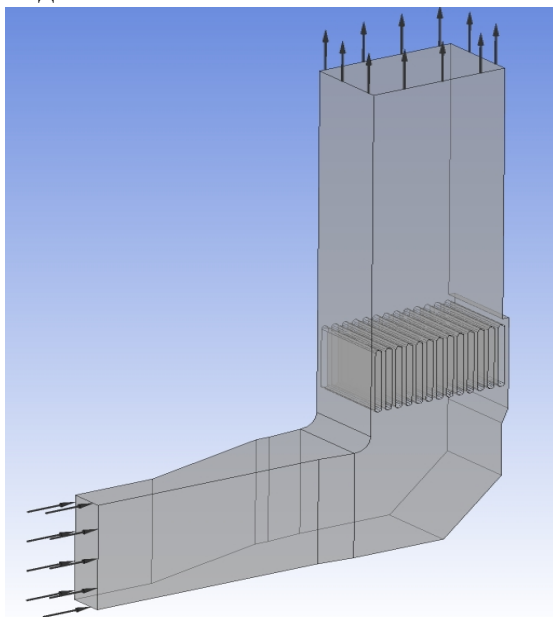


Рис. 5. Численные модели потоков в выходных устройствах стационарных энергетических установок

Численные исследования осаждения аэрозоля в типовых элементах систем кондиционирования и вентиляции (рис. 6) позволили предложить универсальную форму-

лу для оценки обеднения потока аэрозоля в виде:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{вх}}}{\alpha_{\text{вых}}} = \eta e^{-k\ell/D_{np}},$$

где $\alpha_{\text{вх}}$ и $\alpha_{\text{вых}}$ – концентрация аэрозоля на входе и выходе из рассматриваемого элемента;

η – коэффициент, зависящий от угла поворота β и скорости потока C ;

ℓ – длина элемента по средней линии;

k – коэффициент, зависящий от скорости потока C ;

D_{np} – приведённый диаметр, определяемый по формуле $D_{np} = \Pi/\pi$ (Π – периметр поперечного сечения элемента).

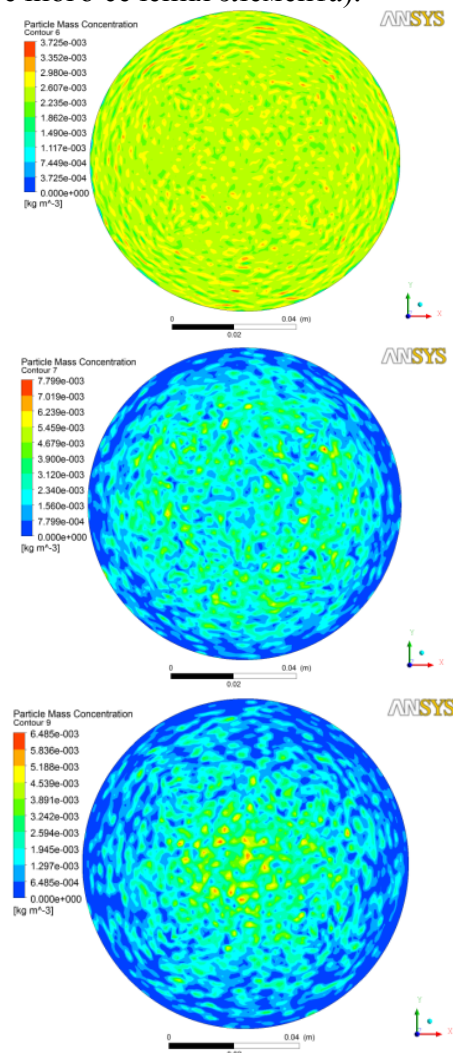


Рис. 6. Расчётное определение концентрации частиц аэрозоля диаметром 5 мкм в различных поперечных сечениях круглой трубы

Зависимости $\eta = f(\beta; C)$ и $k = f(C)$ были определены экспериментальным путём на специально созданном стенде (рис. 7).



Рис. 7. Стенд для определения осаждения аэрозоля в элементах систем кондиционирования и вентиляции

В результате обобщения экспериментальных и численных исследований была сформирована методика определения осаждения аэрозоля на внутренних поверхностях каналов сложной формы. Апробация этой методики была проведена на системе каналов, состоящей из пяти метровых труб диаметром 100 мм и четырёх колен с углом поворота 90°. Сравнение результатов расчёта отложения аэрозоля в этой системе по предложенной методике с результатами эксперимента показало, что расхождение не превышает 5%.

Сотрудники лаборатории энергосберегающих и энергоэффективных технологий НОЦ принимают активное участие в проведении энергетического обследования не только университета, но и бюджетных организаций Самарской области, промышленных предприятий авиационного и космического профиля. Заключены договора на проведение комплексного исследования перспектив использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов на территории Самарской области. На базе НОЦ ГДИ создается линия по изготовлению светодиодных светильников.

Одним из основных направлений образовательной деятельности НОЦ ГДИ является разработка учебных методик расчёта структур потока в проточной части авиационных и ракетных двигателей и внедрение

их в учебный процесс. Созданные методики используются при подготовке бакалавров, специалистов и магистров по направлениям «Двигатели летательных аппаратов», «Энергетическое машиностроение», «Технологические машины и оборудование» в 12 дисциплинах.

Для проведения лабораторных занятий применяются такие уникальные экспериментальные комплексы оборудования и стенды НОЦ ГДИ, как:

- лазерная система PIV для анализа структуры потока;
- лазерный доплеровский измеритель скорости ЛДИС – 056;
- аппаратно-программный комплекс на базе хроматографов «Хроматэк – Кристалл» 5000 и 5000.1;
- комплексы для автоматизации газодинамических исследований и испытаний малоразмерных ГТД;
- стенд для исследования модельных камер сгорания;
- стенд для определения характеристик ракетных двигателей малой тяги;
- стенд для определения характеристик распыла жидкостей форсунками.

НОЦ ГДИ является активным участником и организатором научно-технических и научно-методических конференций и семинаров. Сотрудники центра систематически повышают свою квалификацию в россий-

ских и зарубежных научных центрах, таких как Штутгартский университет (Германия); Немецкая академия менеджмента Нижней Саксонии; Германский центр авиации и космонавтики, г. Гёттинген; Технический университет, центр реактивных течений и измерительной техники, г. Дармштадт; Технологический институт г. Дундалк (Ирландия); Технологический институт г. Корк; Городской институт Университета г. Дублин.

Таким образом, осуществляемая научная и образовательная деятельность НОЦ ГДИ СГАУ соответствует поставленной при его создании цели и способствует развитию научных исследований и учебного процесса СГАУ в области газовой динамики.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России.

KEY FOCUS AREAS OF SAMARA STATE AEROSPACE UNIVERSITY RESEARCH AND EDUCATION CENTER OF GASDYNAMIC RESEARCH

© 2012 V. N. Matveev, M. Yu. Anisimov

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

The information on the activities of Samara State Aerospace University Research and Education Center of gasdynamic research is given. The main scientific works of the Center are presented. The Center's participation in the educational process is covered.

Gasdynamic research, combustion, gas dynamics, educational activities.

Информация об авторах

Матвеев Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теории двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: valeriy2008@rambler.ru. Область научных интересов: рабочие процессы в лопаточных машинах, вычислительная газовая динамика, проектирование малоразмерных турбоприводов.

Анисимов Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, директор Научно-образовательного центра газодинамических исследований, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: anis_micle_63@mail.ru. Область научных интересов: рабочие процессы камер сгорания ГТД, вычислительная газовая динамика, экология ГТД.

Matveev Valery Nikolayevich, Doctor of Science {Engineering}, Professor, head of chair of theory of engine for flying vehicle, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: valeriy2008@rambler.ru. Area of research: workflows in turbomachines, computational fluid dynamics, design low-sized turbodrives.

Anisimov Mikhail Yurievich, Candidate of Science {Engineering}, Director of Samara State Aerospace University Research and Education Center of gasdynamic research. E-mail: anis_micle_63@mail.ru. Area of research: working processes of the gas-turbine engine combustion chambers, computational fluid dynamics, ecology of the gas-turbine engine.