

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»

Институт энергетики и перспективных технологий

Важнейшие результаты

**Пункты программы ФНИ
государственных академий наук
на 2013-2020 годы и
наименование направления
исследований**

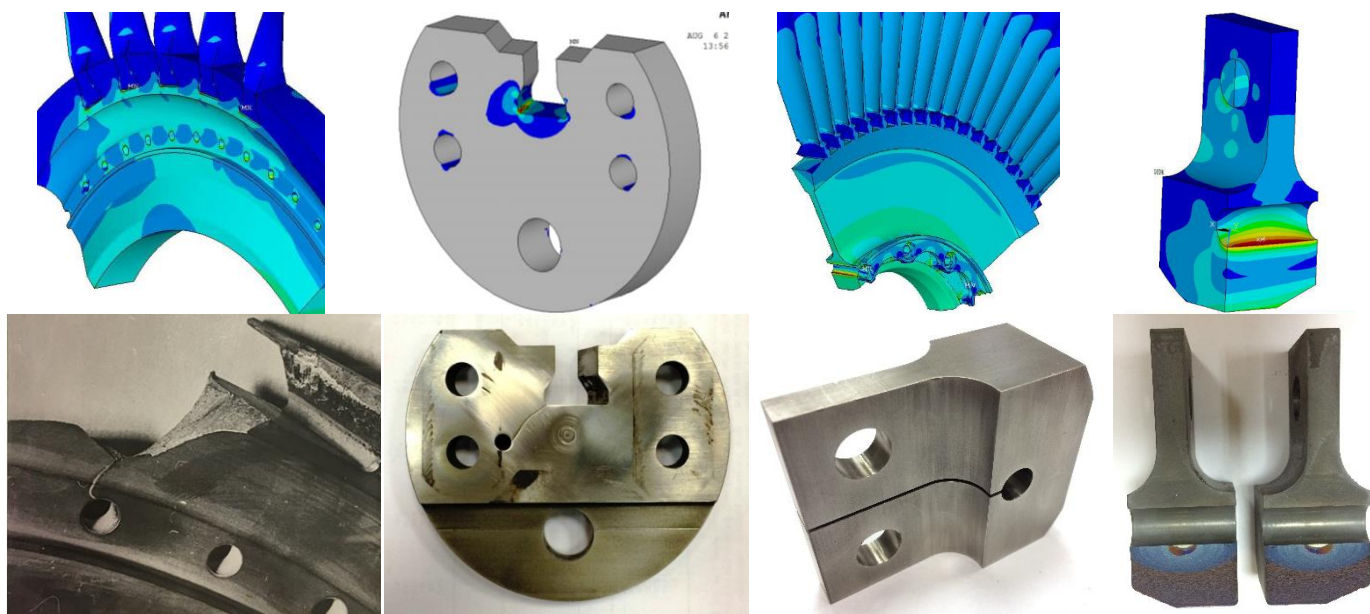
III. Технические науки
18. Физико-технические и экологические проблемы энергетики, тепломассообмен, теплофизические и электрофизические свойства веществ, низкотемпературная плазма и технологии на ее основе

III. Технические науки
23. Механика деформирования и разрушения материалов, сред, изделий, конструкций, сооружений и триботехнических систем при механических нагрузках, воздействии физических полей и химически активных сред

Формирование и реализация принципов имитационного моделирования при решении задач остаточной долговечности ответственных элементов конструкций

В лаборатории сформулированы и реализованы принципы имитационного моделирования при решении задач остаточной долговечности ответственных элементов конструкций, основанные на фундаментальных, численных и экспериментальных исследованиях, а также результатах собственных инженерных разработок. Одним из основных является принцип имитационного моделирования, заключающийся в анализе критических зон элемента конструкции, в которых происходит образование, накопление, взаимодействие и развитие повреждений на различных масштабных уровнях по отношению к параметру структуры материала.

Объектами приложений разработанной расчетно-экспериментальной методологии выступали различные по конструкции, условиям эксплуатации и типам повреждений диски компрессора и турбины авиационных газотурбинных двигателей (ГТД). Разработаны и обоснованы по параметрам напряженно-деформированного состояния геометрии и схемы нагружения имитационной модели замкового соединения типа "ласточкин хвост" в диске компрессора ГТД из титанового сплава ВТЗ-1 и имитационной модели болтового соединения в диске турбины ГТД из стали ЭИ698. Созданы уникальные экспериментальные комплексы и методы проведения экспериментов, позволяющие моделировать в процессе лабораторных испытаний эксплуатационные условия нагружения и поврежденность в критических зонах дисков турбомашин при гармоническом, программном нагружении в условиях нормальных и повышенных температур. Корректность используемых методов проведения испытаний продемонстрирована сопоставлением эксплуатационных траекторий и сложных поверхностей разрушения натурального диска турбомашин, которые удалось воспроизвести на имитационных моделях. По результатам испытаний имитационных моделей и реальным данным долговечности верифицированы и усовершенствованы расчетные модели для оценки несущей способности элементов конструкций.



Имитационная модель замкового соединения типа "ласточкин хвост" в диске компрессора ГТД

Имитационная модель болтового соединения в диске турбины ГТД

I. Сведения о публикациях:

1. Shlyannikov V., Yarullin R., Ishtyriakov I. Failure analysis of an aircraft GTE compressor disk on the base of imitation modeling principles // Procedia structural Integrity, 2019, vol.18, p. 322-329
<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.172>
2. Shlyannikov V., Ishtyryakov I., Tumanov A. Characterization of the nonlinear fracture resistance parameters for an aviation GTE turbine disc // Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures (accepted)
3. Giannella V., Citarella R., Shlyannikov V. Surface crack modelling in an engine compressor disc // Theoretical Applied Fracture Mechanics, 2019, vol.103, 102279
<https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.102279>

4. Shlyannikov V.N., Ishtyriakov I.S. Crack growth rate and lifetime prediction for aviation gas turbine engine compressor disk based on nonlinear fracture mechanics parameters // Theoretical Applied Fracture Mechanics, 2019, vol.103, 102313

<https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.102313>

5. Boychenko N.V., Ishtyryakov I.S. Characterization of stress-strain state in gas turbine engine compressor disc taking into account damage accumulation // Frattura ed Integrità Strutturale, 2019, vol. 50, pp.54-67

DOI: 10.3221/IGF-ESIS.50.07

6. Yarullin R.R., Zakharov A.P., Ishtyriakov I.S. Nonlinear fracture resistance parameters for cracked aircraft GTE compressor disc // Procedia Structural Integrity, 2018, vol.13, p.902-907

<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.12.170>

7. Shlyannikov V.N. Nonlinear stress intensity factors in fracture mechanics and their applications // Procedia Structural Integrity, 2016, vol.2, p. 744-752.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.096>

Патенты

1. Патент №2579170 Устройство для испытания на прочность лопаточного диска турбомшины с вильчатым соединением, 2016г. Авторы: Шлянников В.Н., Ильченко Б.В., Туманов А.В.

2. Патент № 2579171 Способ испытания на прочность лопаточного диска турбомшины с вильчатым соединением, 2016г. Авторы: Шлянников В.Н., Ильченко Б.В., Туманов А.В.

II. Тема Плана НИР.

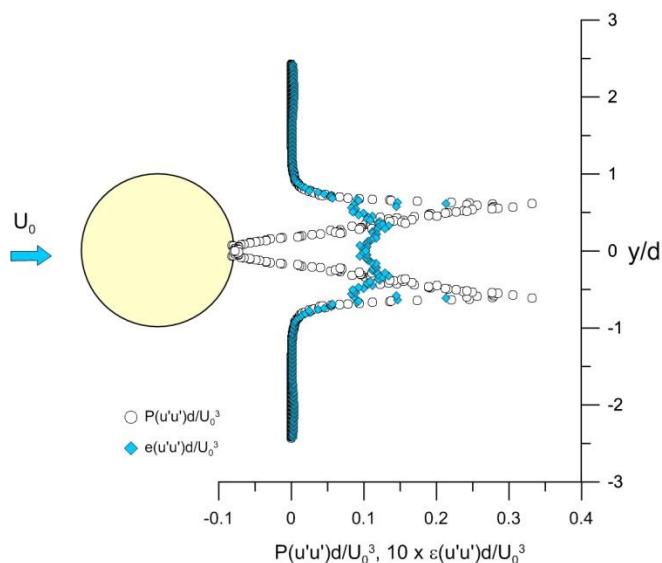
«Развитие механики многофазных сред, аэрогидроупругих систем и нелинейной механики деформируемого твердого тела с приложениями в машиностроении и энергетике».

Регистрационный номер: АААА-А18-118032690289-5

Пункт программы ФНИ: III. Технические науки. 23.

Метод экспериментального определения баланса энергии турбулентности с пространственным разрешением вплоть до колмогоровского масштаба

Разработан новый оптический метод измерения динамики векторных полей скорости потока SIV с пространственным и временным разрешением, достаточным для экспериментального определения баланса энергии турбулентности с учетом энергии турбулентных вихрей всех масштабов вплоть до колмогоровского даже при высокой динамичности процессов. Метод прошел широкую апробацию на различных конфигурациях течений. На рисунке представлены впервые полученные результаты экспериментального определения членов генерации и диссипации энергии турбулентности при поперечном обтекании цилиндра, характеризующимся высокочастотными колебаниями потока при образовании вихревой дорожки Кармана. Достоверная информация о балансе энергии турбулентности открывает новые возможности управления процессами турбулентного переноса в инженерных приложениях для изменения интенсивности этих процессов в желательном направлении.



I. Сведения о публикациях:

1. Molochnikov V.M., Mikheev N.I., Mikheev A.N., Paereliy A.A., Dushin N.S., Dushina O.A. SIV measurements of flow structure in the near wake of a circular cylinder at $Re=3900$ // Fluid Dynamics Research 51 (2019) 055505 <https://doi.org/10.1088/1873-7005/ab2c27> (Q1 Scopus)
2. Molochnikov V.M., Mazo A.B., Kalinin E.I., Malukov A.V., Okhotnikov D.I., Dushina O.A. Formation and turbulent breakdown of large-scale vortical structures behind an obstacle in a channel at moderate Reynolds numbers // Physics of Fluids (2019) 31 (10), 104104 <https://doi.org/10.1063/1.5120611> (Q1 Scopus)
3. Zaripov D., Li R., Dushin N. Dissipation rate estimation in the turbulent boundary layer using high-speed planar particle image velocimetry // Experiments in Fluids (2019) 60:18 <https://doi.org/10.1007/s00348-018-2663-4> (Q1 Scopus)
4. I.A. Davletshin, N.I. Mikheev, A.A. Paereliy, I.M. Gazizov. Convective heat transfer in the channel entrance with a square leading edge under forced flow pulsations // International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 129, February 2019, Pages 74-85 <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.09.066> (Q1 Scopus)
5. Goltsman A., Saushin I., Mikheev N., Paereliy A. Generation of sinusoidal pulsating flows in the channels of experimental setups // Flow Measurement and Instrumentation. 2019. T. 66. С. 60-66. (Q1 Scopus)
6. Zaripov D.I., Li R., Mikheev N.I., Dushin N.S. Speed-up algorithm based on Parallel Projection Correlation technique for Planar PIV: accuracy and limitation // Flow Measurement and Instrumentation 60 (2018), 88-94. DOI: 10.1016/j.flowmeasinst.2018.02.019 (Q1 Scopus)
7. Mikheev N.I., Goltsman A.E., Saushin I.I., Dushina O.A. Estimation of turbulent energy dissipation in the boundary layer using Smoke Image Velocimetry // Experiments in Fluids (2017) Volume 58, Issue 8 (Q1 Scopus)
8. Михеев Н.И., Душин Н.С. Метод измерения динамики векторных полей скорости турбулентного потока по видеосъемке дымовой визуализации // Приборы и техника эксперимента. 2016. №6, с. 114-122

II. Тема Плана НИР.

«Развитие научных основ энергоэффективных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий добычи и переработки тяжелого углеводородного сырья, а также транспортировки, распределения и использования энергоносителей».

Регистрационный номер: АААА-А18-118032690290-1

Пункт программы ФНИ: III. Технические науки. 18.