



НОВЫЙ ВНЕДОРОЖНИК «УАЗ ПАТРИОТ» 2020 МОДЕЛЬНОГО ГОДА

Специалисты Центра НТИ СПбПУ приняли участие в разработке нового внедорожника «УАЗ Патриот» 2020 модельного года и организуют его высокотехнологичное производство.

Проект является частью комплексной инвестиционной программы развития семейства автомобилей «УАЗ Патриот» 2020.

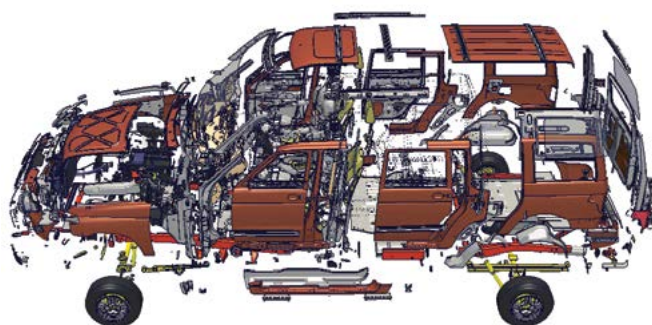
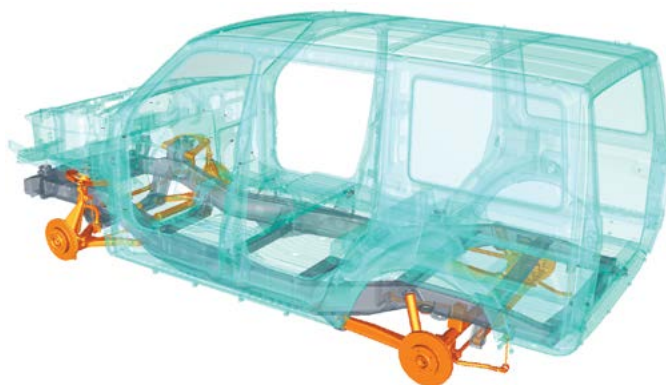
Общие цели НИОКТР:

- > Улучшение потребительских свойств автомобиля: устойчивость, управляемость, плавность хода.
- > Соответствие автомобиля современным и перспективным требованиям по пассивной безопасности (по правилам ЕЭК ООН и Euro NCAP).
- > Сокращение сроков подготовки высокотехнологичного производства серийного автомобиля «УАЗ Патриот» 2020.
- > Обновление внешнего вида автомобиля «УАЗ Патриот» (соисполнитель – ФГУП «НАМИ»).
- > Повышение уровня виброакустического комфорта автомобиля.

Инжиниринговый центр (CompMechLab®) СПбПУ вел разработки на основе создания цифровых двойников (Digital Twins) изделий и производственных процессов, а также многочисленных виртуальных испытаний.

Применение технологий цифрового проектирования и виртуальных испытаний в процессе разработки кузова, шасси, элементов экстерьера и интерьера позволяют сократить затраты на выполнение работ на 15–20% по сравнению с существующими и сократить сроки разработки на 1–2 года.

Реализация проекта обеспечит выпуск новых автомобилей в течение 3–4 лет, что соответствует общемировой практике.



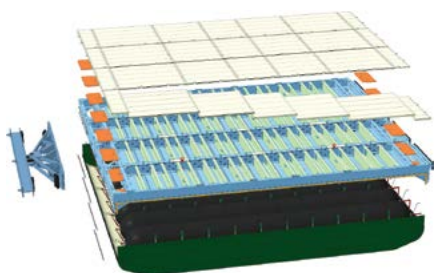
Конечно-элементная модель автомобиля «УАЗ Патриот» 2016

Проект: Разработка кузова, шасси, элементов экстерьера и интерьера и организация высокотехнологичного производства автомобиля «УАЗ Патриот» 2020 модельного года

Источник финансирования: договор с Минобрнауки России от 03 марта 2017 г. №03.G25.31.0233

Сроки проекта: Январь 2017 – Ноябрь 2019 гг.

Исполнитель: Инжиниринговый центр (CompMechLab®) СПбПУ



КРУПНОТОННАЖНЫЕ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫЕ АНТАРКТИЧЕСКИЕ САНИ

В феврале 2019 года в Антарктиде успешно завершены ходовые испытания уникальных саней для транспортировки крупногабаритных сверхтяжелых грузов в экстремальных условиях Арктики и Антарктики.

Центр компетенций НТИ СПбПУ и Завод им. «Комсомольской правды» разработали металлокомпозитные сани для перевозок на Южный полюс тяжелых грузов на расстояния в сотни и даже тысячи километров с учетом тяжелых условий транспортировки: низких температур, разреженного воздуха, сильных порывов ветра, интенсивной солнечной радиации, подъемов и спусков ледяной дороги.

Проект сложен не только по климатическим особенностям регионов эксплуатации, но и по технологическому решению поставленных задач в части совместного использования металлов, композитов, полимеров, особых способов сварки инновационных материалов, нанопокровов и других. Ключевыми инструментами проектирования стали виртуальные испытания и разработка цифрового двойника.

Презентация проекта состоялась 1 ноября 2018 года на Заводе им. «Комсомольской правды».

7 ноября 2018 года первые в мире крупнотоннажные сани были погружены на судно «Академик Федоров» и к концу декабря доставлены в Антарктиду для ходовых испытаний.



Проект, июль 2018



Ходовые испытания в Антарктиде, январь 2019

Результаты разработки:

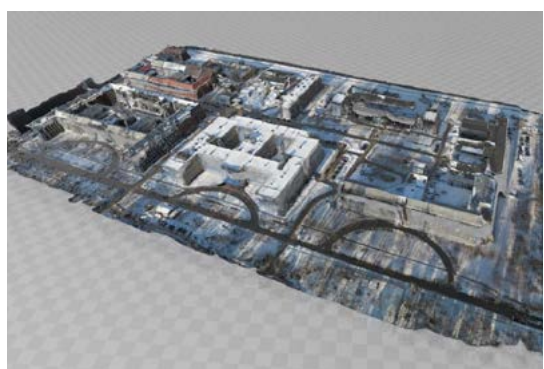
- > грузоподъемность саней: до 60 тонн (актуальные аналоги – до 20 тонн);
- > рабочая температура: до минус 60 градусов по Цельсию;
- > конструктивные особенности: модульная конструкция (возможность транспортировки железнодорожным и автотранспортом без привлечения спецтехники).

Проект: Разработка антарктических саней для транспортировки крупногабаритных сверхтяжелых грузов

Разработка в интересах: АО «НИПИГАЗ», ПАО «Новатэк»

Сроки проекта: 09.07.2018 - 23.09.2018 (цифровое проектирование и подготовка рабочей документации – 2 мес.)

Исполнитель: Инжиниринговый центр (CompMechLab®) СПбПУ



ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

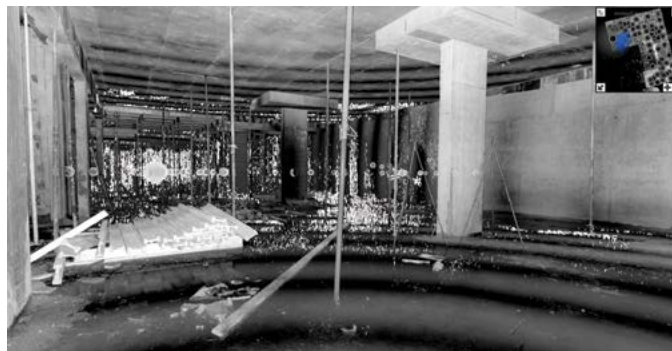
Специалисты Центра компетенций НТИ СПбПУ разрабатывают программные комплексы, снимающие целый ряд технических барьеров, связанных с лазерным сканированием, разработкой 3D-моделей и обработкой больших данных в различных отраслях.

Сегодня при ускоряющихся темпах развития технологий лазерного сканирования технологии обработки его результатов заметно отстают. Существующее ПО не предоставляет возможностей совмещения результатов воздушного, наземного и мобильного лазерного сканирования, а также фотосъемки.

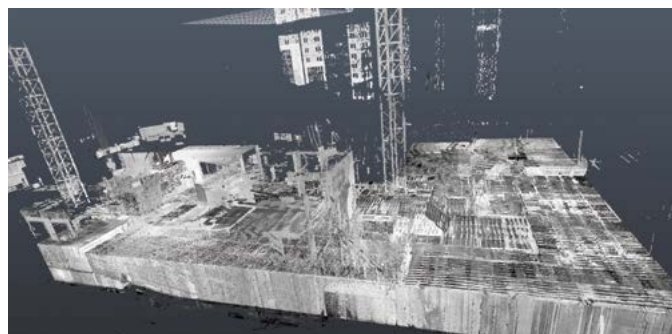
В рамках работ по проекту за 2018 год был разработан комплекс алгоритмов обработки, хранения и визуализации данных лазерного сканирования и фотосъемки. Данные алгоритмы будут использованы при создании экспериментального образца программного комплекса облачного сервиса хранения и визуализации облаков точек лазерного сканирования для природно-технических систем. Программный комплекс будет использован для построения информационных моделей природно-технических систем и последующего автоматизированного проектирования сложных информационно-коммуникационных технологий.

Результаты первого этапа проекта:

- > проведен анализ существующих алгоритмов хранения, обработки и визуализации данных лазерного сканирования и фотосъемки;
- > разработаны новые алгоритмы многослойного хранения и визуализации сверхбольших облаков точек лазерного сканирования с использованием структуризации на базе октодеревьев;
- > для гибридной обработки данных лазерного сканирования и фотосъемки разработаны алгоритмы оптимизации объемов памяти для хранения и визуализации данных в виде панорамных изображений с использованием методов обнаружения особых точек;
- > проведены экспериментальные исследования разработанных алгоритмов.



Алгоритм загрузки больших облаков точек



Алгоритм работы со сверхбольшими облаками точек

Разрабатываемые технологии и ПО будут обладать уникальными комплексными функциональными возможностями, что в совокупности с облачной архитектурой и наличием многопользовательского доступа сделает обработку результатов лазерного сканирования и фотосъемки доступной для использования в инновационных компаниях в самых различных отраслях.

Проект: Разработка технологий и программных средств обработки, хранения и визуализации данных лазерного сканирования и фотосъемки с многопользовательским режимом работы облачного сервиса

Заказчики: ООО «Глаза Отели»

Исполнитель: Научно-исследовательская лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных»



ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Специалисты Центра компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» разрабатывают новейший программный комплекс – симулятор процессов нефте- и газодобычи.

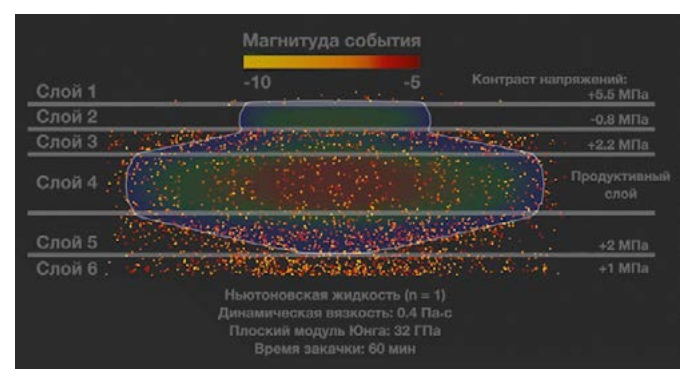
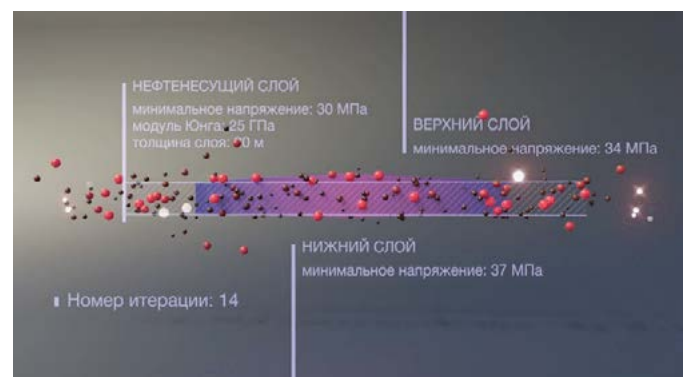
Ключевая задача проекта – разработка математических моделей объектов, систем и процессов, посредством которых станет возможно цифровое моделирование процесса гидравлического разрыва пласта (ГРП) и сопутствующих явлений. Существующие ныне теоретические модели значительно устарели, а математические модели, используемые в коммерческих симуляторах, как правило, невозможно воспроизвести в процессе реальной добычи.

Целью проекта является создание программных модулей для планирования и контроля операции гидравлического разрыва пласта и их адаптация для моделирования операции гидроразрыва пласта как на персональных компьютерах, так и на многопроцессорных вычислительных системах.

Работы текущего этапа проекта:

- > разработаны математические модели одиночного и многостадийного ГРП;
- > разработаны ключевые программные модули симулятора ГРП;
- > осуществляется процесс тестирования и верификации симулятора ГРП.

Программные средства не имеют аналогов в России и решают проблему импортозамещения в области программного обеспечения для нефтегазовой промышленности. Результаты проекта будут востребованы ведущими нефтедобывающими компаниями: ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Татнефть», ОАО АНК «Башнефть», ПАО «Сургутнефтегаз» и другими.

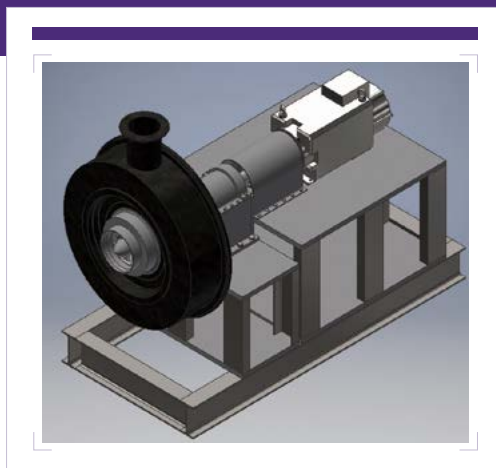


Цифровое моделирование гидроразрыва пласта

Проект: Разработка прикладных программных средств для планирования и контроля операции гидравлического разрыва пласта с целью повышения эффективности нефтегазодобычи

Индустриальный партнер: ООО «Газпромнефть Научно-технический центр»

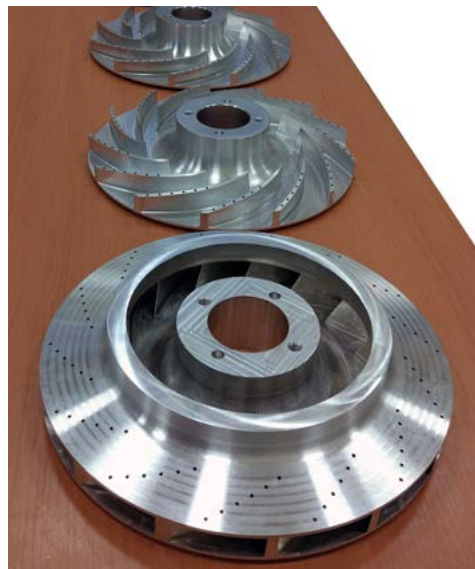
Исполнитель: Лаборатория «Моделирование производственных технологий и процессов» Центра компетенций НТИ СПбПУ



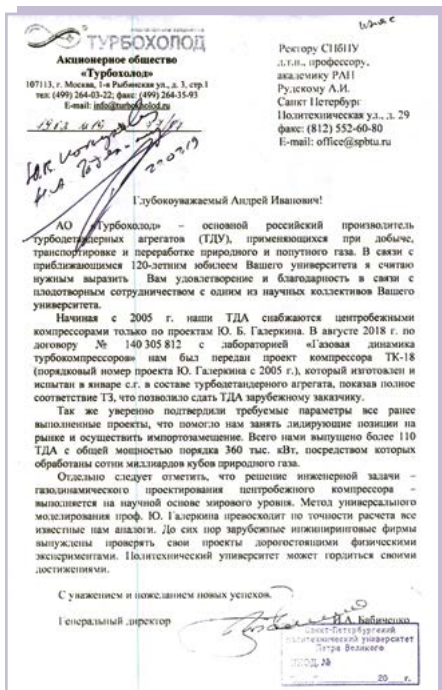
КОМПРЕССОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Разработанный специалистами Центра компетенций НТИ СПбПУ центробежный компрессор повышенной эффективности успешно прошел испытания и направлен в серийное производство.

Центробежные компрессоры находят применение во всех базовых отраслях промышленности. Огромное энергопотребление этих машин привлекает внимание к проблемам обеспечения максимально возможной эффективности. В связи с этим – при несомненной важности вопросов технологии изготовления и рациональной эксплуатации – главное внимание уделяется совершенству проточной части агрегата. Достичь такого совершенства возможно только на основе цифрового проектирования и моделирования с проведением тысяч виртуальных испытаний.



Рабочие колеса центробежного компрессора ТК-18



Благодарственное письмо генерального директора АО «Турбохолод» И.А. Бабиченко

В рамках данного проекта для газовой промышленности Узбекистана создан компрессор, который принадлежит к *новому поколению центробежных турбодетандерных агрегатов*. В ходе НИОКР получены размеры и форма проточной части компрессора *TK-18*, его газодинамические характеристики и параметры потока, необходимые для рабочего проектирования и обеспечения коэффициента полезного действия не менее *81.7%* на расчетном режиме.

Компрессор *TK-18* по проекту Центра компетенций НТИ СПбПУ изготовлен и прошел натурные испытания с превышением параметров технического задания. Агрегат передан заказчику в составе турбодетандера.

Проект: Оптимизация и газодинамическое проектирование центробежного компрессора ТК-18 на заданную скорость вращения 15500 об./мин.

Заказчик: АО «Турбохолод» (г. Москва)

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования»



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БУРИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

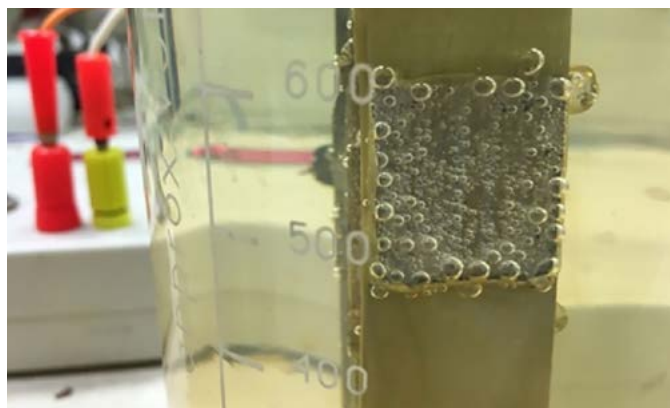
Специалисты Центра компетенций НТИ СПбПУ разрабатывают новые методы тестирования и создания материалов со специальными свойствами.

В рамках проекта изучаются возможности применения новых и перспективных материалов для ответственного оборудования при разработке и обустройстве морских месторождений. НИОКР основана на разработке и применении новых методов тестирования перспективных материалов и конструкций, которые повысят надежность и качество различных процессов при эксплуатации морских платформ, в первую очередь самого наукоемкого и мультидисциплинарного – бурения.

Для повышения надежности оборудования и эффективности сложных бурильных процессов нефтяные компании переходят на интеллектуальные системы управления за счет разработки *математических моделей* оборудования и технологических процессов. Одной из задач проекта является повышение адекватности цифровых моделей, для чего в качестве исходных данных необходимо использовать фактические значения свойств материалов в конкретных условиях эксплуатации. Результатом НИОКР станет разработка физических моделей эксплуатации оборудования из перспективных материалов в наиболее сложных условиях.

Результаты первого этапа работ:

- > разработаны новые методы тестирования перспективных материалов, полученных аддитивным способом;
- > разработаны методы оценки перспективных материалов резьбовых соединений;
- > освоены методы оценки коррозионно-эрозионных свойств перспективных материалов и покрытий;
- > определены типы дефектов, условия их образования и развития, механизмы разрушений некоторых типов



Методы исследований и разработки перспективных материалов со специальными свойствами для оборудования из новых материалов.

Результаты проекта будут использованы для разработки цифровых моделей оборудования и сложных многофакторных процессов при бурении в интересах ПАО «Газпром нефть» – в эксплуатации МЛСП «Приразломная» и реализации будущих шельфовых проектов.

Проект: Новые методы тестирования материалов и оборудования, применяемого для разработки и обустройства морских месторождений, с целью оценки металлургического качества, прогнозирования эксплуатационных свойств и долговечности

Заказчик: ООО «Газпром нефть Шельф»

Исполнитель: Научно-исследовательский и образовательный центр



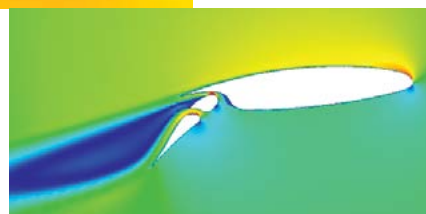
НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ САМОЛЕТ-АМФИБИЯ

Центр НТИ СПбПУ реализует инициативный проект по созданию цифрового двойника перспективного самолета-амфибии и производству прототипа с применением передовых производственных технологий.

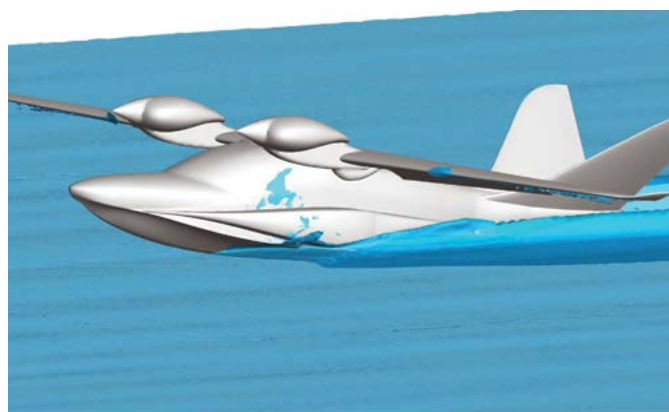
Проект включает разработку серии модификаций самолета под нужды различного назначения, оптимизацию аэродинамических показателей конструкции самолета под заданные проектные цели, разработку полностью композитных крыльев и корпуса, а также обеспечение возможности взлета и посадки самолета в условиях как твердой поверхности, так и воды при ограниченной полосе разбега. Расчеты производились с использованием ресурсов Суперкомпьютерного центра СПбПУ.

Этапы разработки:

1. Разработка матрицы целевых показателей и ограничений как основа создания цифрового двойника самолета.
2. Разработка альбома виртуальных испытаний.
3. Конструктивная проработка сочленения фюзеляжа с крылом и другими аэродинамическими элементами, формы носа, законцовок крыла, оптимальной ширины фюзеляжа.
4. Расчет тяг для различных высот.
5. Создание и оптимизация двухщелевой схемы закрылок. Создание параметризованной модели днища. Расчет гидродинамики движения самолета.
6. Проектирование оптимальной геометрии профиля винтов.
7. Создание финальной геометрии внешней стилевой поверхности.
8. Проведение виртуальных испытаний.
9. Создание цифрового двойника самолета-амфибии и подготовка цифровой РКД.

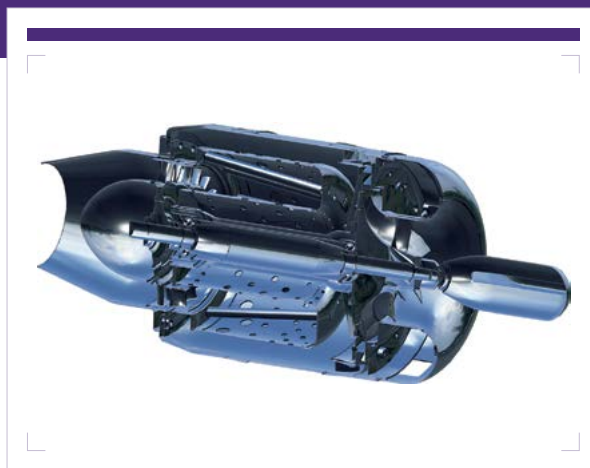


Аэродинамика двухщелевых закрылок



Численное моделирование динамики движения самолета на заданной скорости

Производственный этап проекта предполагает применение целого ряда новых производственных технологий по направлениям деятельности Центра НТИ СПбПУ. Готовность опытного образца и начало летных испытаний запланированы на конец 2019 года.

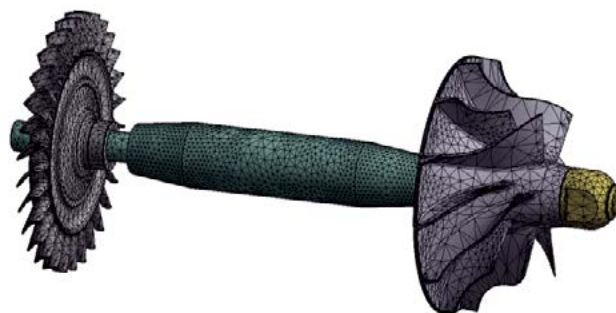


МАЛОРАЗМЕРНЫЙ ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

По заданию Минобрнауки России специалисты ИЦ ЦКИ разрабатывают методы проектирования и создания малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД) для аддитивного производства.

Для реализации проекта применяются современные методы цифрового проектирования (разработка цифровых двойников изделий и процессов, виртуальные испытания).

На первом этапе проекта была создана геометрическая модель МГТД на основе аналога с применением томографии и 3D-сканирования, разработаны математические модели и проведены расчеты газодинамических процессов, включающие такие части МГТД, как входное устройство компрессора, рабочее колесо компрессора, спрямляющий аппарат компрессора, рабочее колесо турбины, сопловой аппарат, сопло. Осуществлена модификация элементов ГТД.



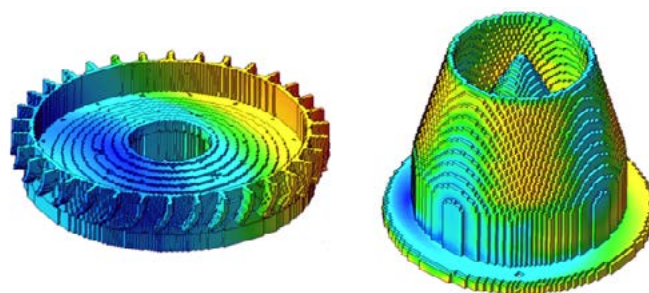
Конечно-элементная модель ротора МГТД

На втором этапе проведена топологическая оптимизация отдельных элементов с целью снижения массы изделия, проведена оценка собираемости двигателя с использованием напечатанных из пластика деталей, разработан подход к оценке долговечности и усталостной прочности элементов МГТД.

На завершающем этапе проекта была подготовлена РКД для производства МГТД с применением аддитивных технологий.

Произведенный опытный образец прошел валидационные испытания. До конца 2019 года запланирован этап натурных испытаний МГТД, укомплектованного деталями, произведенными по результатам оптимизации.

Целевая группа проекта включает в себя предприятия двигателестроения, в первую очередь – авиационного двигателестроения, такие как ПАО «ОДК-Сатурн», ОАО «Климов», ОАО «Пермский моторный завод», АО «НПЦ газотурбостроения «Салют» и другие.



Оценка усадки компонентов, изготовленных методом SLM (диффузор, сопло)

Проект: Разработка подхода к проектированию, расчету и изготовлению малоразмерного газотурбинного двигателя на основе методов компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга и аддитивных технологий производства

Источник финансирования: Минобрнауки России, Задание №9.4081.2017/ПЧ

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга»



ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КОМПРЕССОРОВ ДЛЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В Лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» Центра НТИ СПбПУ работают над созданием комплекса программ для проектирования газокomppressorных установок на основе цифрового проектирования и моделирования.

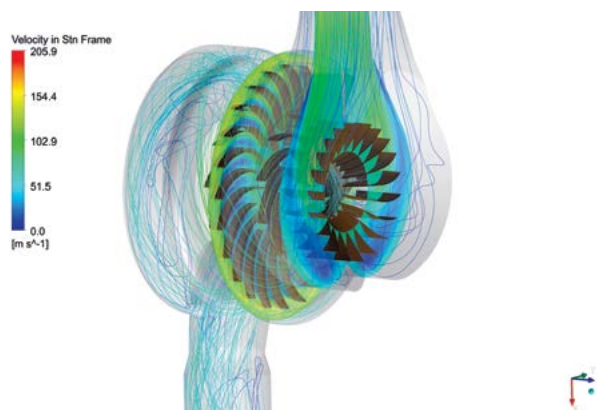
Перед инженерами Центра НТИ СПбПУ стоят две задачи:

- > спроектировать линейку максимально эффективных центробежных компрессоров для их использования в газотранспортных системах и отраслевых технологиях;
- > разработать комплекс специализированных компьютерных программ для цифрового проектирования соответствующего оборудования и его подготовки к производству.

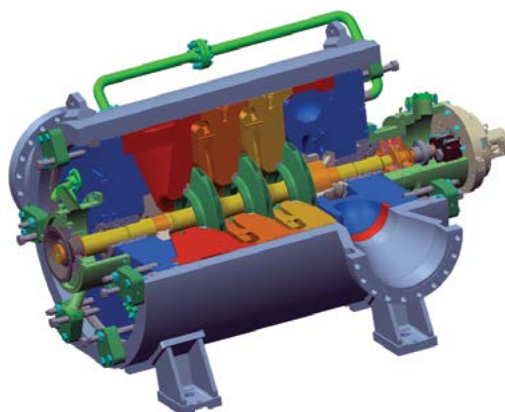
Специалистами Центра был разработан комплекс программ проектирования и исследования проточной части центробежных компрессоров. Использование этих программ позволяет исключить из процесса проектирования дорогостоящую и длительную доводку на экспериментальном стенде, сократить сроки от начала проектирования до серийного производства компрессора с 18-24 до 6 месяцев.

Были определены размеры и форма проточной части 20-ти новых, не имеющих прототипа модельных ступеней компрессора и разработан проект компрессора ГПА нового поколения мощностью 25 МВт, более эффективный по сравнению с существующими аналогами. Спроектированы две серии модельных ступеней, уникальных для отечественного компрессоростроения.

Разработанный газодинамический проект экспериментального компрессора уже передан промышленному партнеру для производства и проведения натурных испытаний. Экспериментальные характеристики, которые будут получены по результатам испытаний, послужат для валидации математической модели и создания базы данных проектирования подобного оборудования.



Результат газодинамического расчета сменной проточной части
НЦ16/76-1.35



Модель компрессора мощностью 25 МВт

Проект: Создание комплекса программ для проектирования газокomppressorных установок на основе цифрового проектирования и моделирования

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования»



ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Специалисты Лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ разрабатывают алгоритмы обработки данных лазерного сканирования для строящегося инвест-отеля IN2IT Plaza Lotus Group.

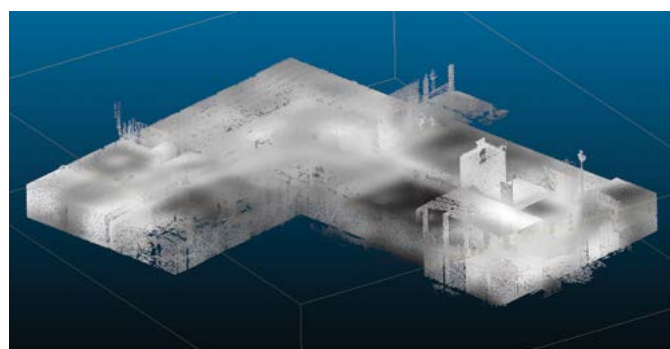
Разработки ведутся в рамках крупного строительного проекта, основанного на использовании инновационных управленческих и технологических решений. Сотрудничество девелоперской компании *Plaza Lotus Group (PLG)* и Центра НТИ СПбПУ по строительству и выведению на рынок сети инвест-отелей представляет собой новую модель применения передовых научных ресурсов в бизнесе.

Со стороны Центра участниками проекта стали Высшая школа технологического предпринимательства (ВШТП) Института передовых производственных технологий (ИППТ), осуществлявшая методическую поддержку компании-девелопера при разработке бизнес-плана, и лаборатории ПСПОД, разработки которой уже используются при строительстве инвест-отеля и управлении недвижимостью.

На основе разработанных алгоритмов обработки больших данных лазерного сканирования предложены инновационные подходы, позволяющие с высокой степенью точности визуализировать объект в процессе строительства и сравнить его технические характеристики с проектной документацией. Совмещение двух 3D-моделей – реальной и построенной на основе чертежей здания – дает заказчику всеобъемлющую и детальную информацию о наличии и характере отклонений, возникших в ходе строительства, позволяет регулярно контролировать качество работ и планировать стоимость необходимых изменений, оптимизируя расходы.



Процесс лазерного сканирования здания инвест-отеля IN2IT



Облако точек лазерного сканирования построенной очереди здания инвест-отеля IN2IT

Результаты проекта:

- > проведена инструментальная съемка монолитных конструкций строящегося объекта;
- > создана 3D-модель объекта;
- > полученные результаты сканирования совмещены с проектной 3D-моделью;
- > разработаны рекомендации по внесению корректировок в план работ.

Проект: Контроль технического состояния объекта в процессе строительства на базе технологий лазерного сканирования

Заказчик: Plaza Lotus Group (PLG)

Исполнитель: Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД)



ИННОВАЦИОННАЯ МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Специалисты Лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» Центра НТИ СПбПУ разрабатывают промышленную установку для очистки сточных вод.

Проект (руководитель работ – д.т.н. Волков А.Н.) призван реализовать имеющиеся у СПбПУ разработки в области разработки технологий и устройств для очистки токсичных бытовых и промышленных стоков с использованием электролизного феррата натрия и их продвижения на территории Евросоюза по следующим направлениям:

- > Совершенствование оборудования для получения феррата натрия и отработка оптимальных технологических режимов их получения.
- > Разработка технологий очистки различных типов загрязнений сточных и загрязненных вод с использованием феррата натрия.
- > Разработка концепции автоматизированного мобильного технологического комплекса для очистки сточных и загрязненных вод.

Разрабатываемые приборы контроля концентрации феррата натрия в растворе фотоколориметрическим методом и ферратопотребления амперометрическим методом являются новыми и не имеют аналогов. Проект предполагает использование аддитивных технологий для выращивания корпуса модернизированного фотоколориметрического датчика (совместно с НТЦ «Промприбор») в различных модификациях по используемым материалам (титан, нержавеющая сталь, полипропилен).

Предварительные результаты применения технологии очистки раствором феррата натрия промышленных токсичных сточных вод показали ее высокую эффективность, требования ПДК к хозяйственно-бытовым стокам были выполнены. Доочистка хозяйственно-бытовых стоков ферратом натрия продемонстрировала экономическую и экологическую эффективность технологии.



Ферратор, подключены 3 катодных и 2 анодных камеры



Операторская панель управления ферратором



ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО АДДИТИВНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ

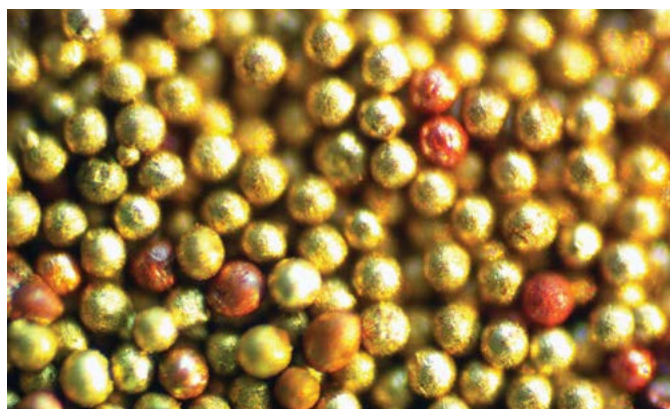
Специалисты Лаборатории «Лазерные и плазменные технологии» Центра НТИ СПбПУ разрабатывают комплекс плазменной атомизации для высокорентабельного аддитивного производства широкого спектра изделий и новых материалов.

Проект направлен на снятие ограничений для широкого внедрения аддитивных технологий в реальном секторе экономики. В числе таких барьеров – высокая стоимость, ограниченная номенклатура доступных порошковых материалов, а также недостаточная точность и ограниченность характеристик современного технологического оборудования для аддитивного выращивания.

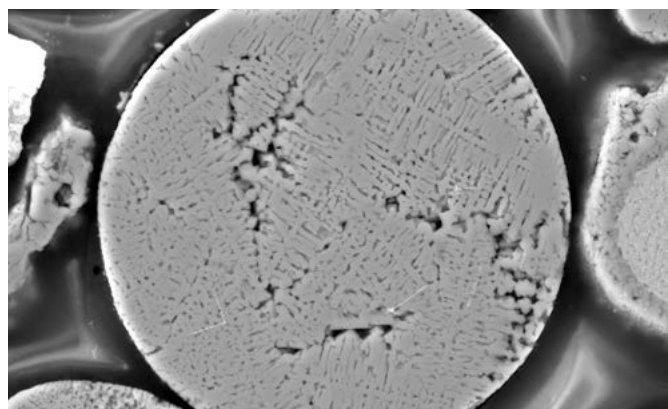
Результатами проекта станут следующие разработки:

- > технологический комплекс плазменной атомизации для малотоннажного производства широкой номенклатуры металлопорошковых материалов;
- > аппаратно-программный комплекс для лазерного аддитивного выращивания на основе мощных короткоимпульсных лазеров с интеллектуальной системой in-situ мониторинга геометрии изделия на основе высокоскоростного лазерного сканера;
- > набор технологических инструкций и программ для реализации процессов получения металлических порошковых материалов для аэрокосмической отрасли, биомедицины, электротехники и энергетики.

Проект имеет значительную промышленную ценность, т.к. позволит *втрое снизить стоимость* металлических порошковых материалов при малосерийном аддитивном производстве, *повысить точность изготовления изделий до 1 мкм*, а также обеспечить рынок недоступными на данный момент материалами для аддитивного производства изделий из труднообрабатываемых сплавов, карбидокремниевой керамики и других керамоматричных, металломатричных материалов.



Металлопорошок, полученный методом плазменной атомизации



Процесс лазерного аддитивного выращивания

Проект: Разработка технологического комплекса полного цикла для аддитивного выращивания изделий из порошковых материалов методом лазерного аддитивного выращивания на основе мощных короткоимпульсных лазеров
Заказчики: ЗАО «Завод Микрон», ООО «Конструкторское бюро электроаппаратуры», АО «Ботлихский радиозавод», Лазерный центр г. Дортмунд (Германия), АО «Концерн Калашников», АО «Уральский электромеханический завод», ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ», АО «Техномаш»
Исполнитель: Лаборатория «Лазерные и плазменные технологии»



РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ КРЫМСКОГО МОСТА

Специалисты Научно-технологического комплекса «Новые технологии и материалы» Центра НТИ СПбПУ провели научные исследования и разработки, использованные при проектировании и строительстве Крымского моста.

При проведении работ совместно с проектными, строительными и производственными организациями были найдены и обоснованы инновационные решения, комплексно включающие в себя вопросы применения материалов и эксплуатации конструкций в морской воде и атмосфере, методы оценки влияния коррозионных сред и ледовых нагрузок и исследования нестандартных решений по обеспечению долговечности. Изучены свойства новых перспективных материалов в условиях морской и атмосферной коррозии, спрогнозирована их долговечность с использованием новых экспериментальных методов лабораторного тестирования и натурных экспериментов на Крымском мосту. Расчетными методами определены численные параметры перспективных материалов и новых видов покрытий. Полученные значения были положены в основу проекта Крымского моста.

В ходе проекта:

- > разработаны новые материалы со специальными свойствами;
- > разработаны новые методы тестирования данных материалов в условиях, приближенных к реальным;
- > получены технические решения по применению данных материалов для объектов в условиях морской воды и морской атмосферы.

Результаты, полученные в рамках реализации проекта, могут быть использованы для проектирования и строительства подобных объектов: мостовых и тоннельных сооружений, гидротехнических конструкций, морских причалов, нефтяных платформ и других. Разработанные методы позволяют подходить к технико-экономическому обоснованию подобных проектов на качественно новом уровне.



Апробация новых методов тестирования материалов со специальными свойствами



Проект: Разработка комплекса методических подходов к поиску и обоснованию оптимальных решений по надежности и долговечности конструкций, эксплуатирующихся в условиях морской среды и морской атмосферы, на примере проекта «Строительство транспортной переправы через Керченский пролив»

Заказчики: ФКУ УПРДОР «Тамань», ПАО «Мостотрест», АО «Институт «Гипростроймост – Санкт-Петербург», ОАО «Завод «Продмаш»

Исполнитель: Научно-технологический комплекс «Новые технологии и материалы»



МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ И СИНТЕЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Сотрудниками Учебно-научно-инновационного центра наукоемких компьютерных технологий Центра НТИ СПбПУ разработана методика расчета прочности и пластичности высокопрочных нанокompозитов «металл – графен».

Легкость, высокая прочность и дешевизна делают *графен* очень перспективным наполнителем в различных структурных и функциональных композиционных материалах. Проект УНИЦ НКТ направлен на получение новых высокопрочных нанокompозитов «нанометалл – крупнозернистый металл – графен» на основе построения и анализа моделей процессов деформации и разрушения в этих нанокompозитах. На текущем этапе проекта разработаны модели деформации таких композитов и рассчитаны параметры их структуры, при которых они могут проявлять высокую прочность в сочетании с хорошей пластичностью.

Уникальность методики – в сочетании двух стратегий получения высокопрочных и пластичных материалов: создание структурно неоднородных однофазных металлических материалов и синтез композиционных материалов. Сочетание этих стратегий может позволить существенно повысить прочность металлических материалов при сохранении их высокой пластичности.

Разработанная методика моделирования прочности нанокompозитов «металл – графен» может быть использована в качестве основы для разработки технологий синтеза новых подобных нанокompозитов с высокими механическими свойствами.

В ближайшей перспективе планируется осуществить синтез и экспериментальное исследование композитов «металл-графен», а также разработать модели, описывающие их сопротивление росту трещин. Ожидается, что полученные композиты на основе графена в перспективе смогут быть использованы в авиа- и автомобилестроении.



Образцы нанокompозитов «металл – графен»

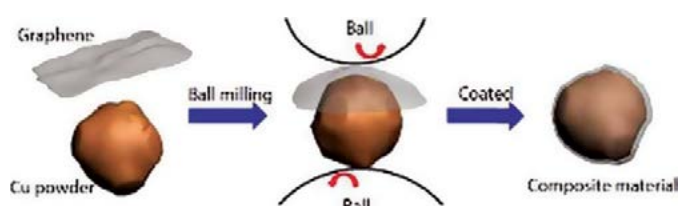
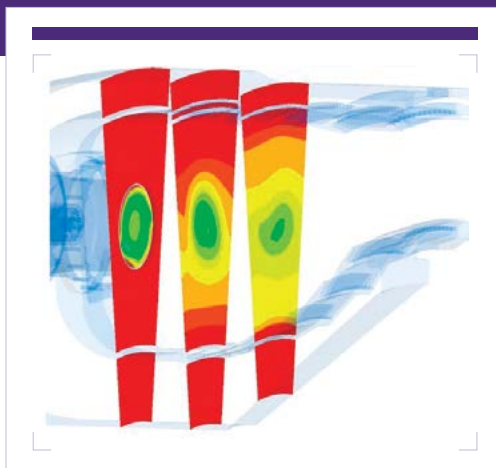


Иллюстрация процесса помола в шаровой мельнице



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

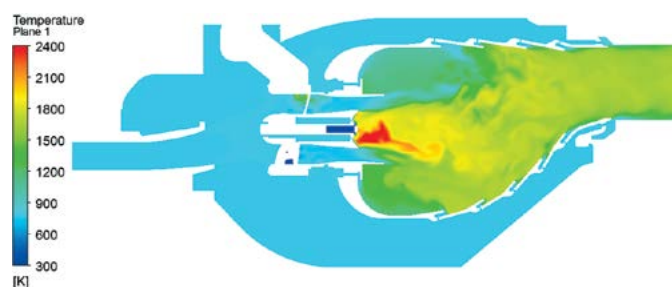
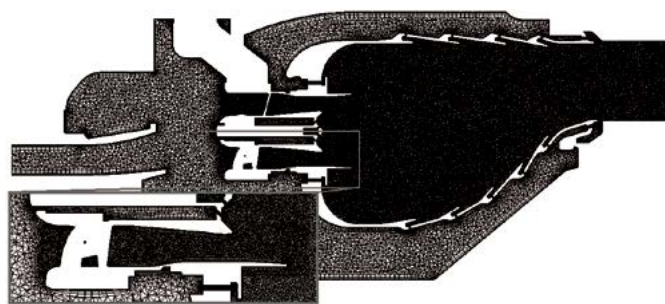
Сотрудники Инжинирингового центра (CompMechLab®) СПбПУ моделируют процессы горения в камере сгорания с целью снижения уровня выброса NOx и CO газотурбинного двигателя НК-38СТ и повышения КПД двигателя при отрицательных температурах воздуха.

Инженерами ИЦ разработан виртуальный испытательный полигон ГТД: применяется сопряженное математическое моделирование аэродинамики, теплового состояния и процессов горения в трехмерной нестационарной постановке с использованием суперкомпьютерных технологий. Всего за 4 мес. проведено 56 виртуальных испытаний камеры сгорания, исследовано более 20 вариантов конструкции горелочного модуля. Разработаны рекомендации, позволяющие снизить эмиссию CO в 3,5 раза с минимальными затратами на изготовление опытного образца.

«Инновационность технологии цифрового двойника заключается в том, что, используя, казалось бы, уже известные и проверенные методы, мы комбинируем их таким образом, чтобы получить максимальный синергетический эффект, добиваясь существенного улучшения основных характеристик изделия в многократно меньшие сроки, нежели при традиционном подходе к проектированию. Результатом плодотворной совместной работы АО «КМПО» и СПбПУ с использованием мультифизических методов проектирования стало снижение выбросов NOx и CO в несколько раз, что делает продукцию АО «КМПО» еще более конкурентоспособной», – комментирует Алексей Тихонов, начальник сектора ГТД.

Результаты проекта:

- > исследовано поведение двигателя и камеры сгорания на эксплуатационных режимах;
- > определены причины неполного сгорания топлива в камере сгорания при отрицательных температурах на входе в двигатель;
- > проведена оптимизация и разработаны рекомендации по изменению конструкции горелочного модуля для снижения расчетной эмиссии CO в 3,5 раза.



Виртуальный испытательный полигон ГТД

Реализация данного проекта позволяет обеспечить заложенные проектные характеристики изделия, что дает возможность снять ограничения на серийное производство двигателя.

Проект: Моделирование процессов горения в камере сгорания с целью снижения уровня выброса NOx и CO газотурбинного двигателя НК-38СТ

Заказчик: АО «Казанское моторостроительное производственное объединение» (АО «КМПО»)

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (ИЦ «ЦКИ» СПбПУ) (руководитель – Боровков А.И.)

Руководитель проекта: Тихонов А.С., начальник сектора ГТД



ТРАКТОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» СПбПУ завершили масштабный проект по проектированию и созданию кабины и навесных элементов кузова трактора нового поколения.

Проект завершился апробацией методики на основе мультидисциплинарного кросс-отраслевого компьютерного инжиниринга, разработанной инженерами ИЦ «ЦКИ» СПбПУ для создания двух модификаций кабины трактора (с реверсивным постом управления и без него) и конструкции навесных элементов кузова: дверей, крышки капота, облицовки радиатора, крыльев.

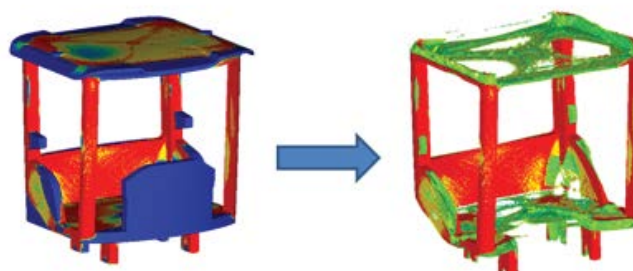
В ходе проекта разработаны математические модели материалов, используемых при проектировании кабины и навесных элементов трактора. Совместно с партнером – ГК «Композитные решения» – разработаны математические модели композитных материалов для деталей экстерьера. Разработаны программы и методики проведения виртуальных испытаний, проведена топологическая оптимизация элементов и конструкций, подготовлена эскизная конструкторская документация для двух модификаций кабины.

«Итогом проекта стало проведение полного перечня натурных испытаний экспериментальных образцов кабин и навесных элементов кузова трактора. Результаты натурных испытаний показали хорошую сходимость с результатами виртуальных испытаний», – резюмирует начальник специального конструкторского отдела ИЦ «ЦКИ» СПбПУ Дмитрий Лебедев.

Основными потребителями результатов работы станут производители сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов.



Этапы проекта



Топологическая оптимизация конструкций кабины и навесных элементов в соответствии с матрицами целевых показателей и ограничений

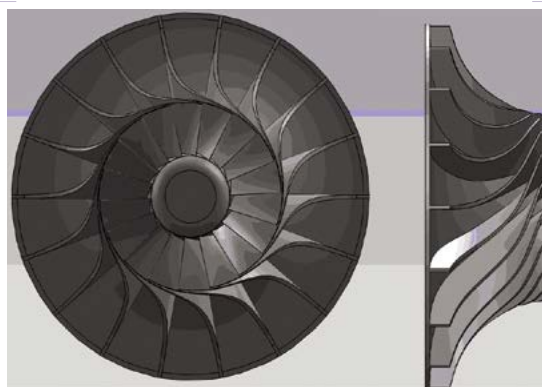
Проект: Создание конкурентоспособной продукции нового поколения для современного машиностроения – разработка и применение технологии мультидисциплинарного кросс-отраслевого компьютерного инжиниринга для проектирования и создания элементов конструкции кузова трактора – кабины, обвесов и панелей

Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57816X0206

Источник финансирования: ФЦП Минобрнауки России «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» (мероприятие 1.3)

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (ИЦ «ЦКИ» СПбПУ) (руководитель – Боровков А.И.)

Ответственный исполнитель: Лебедев Д.О., начальник специального конструкторского отдела департамента главного конструктора



ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА

В Лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» разработаны газотурбинные двигатели для энергетики и транспорта.

В контексте активного развития электрического и гибридного транспорта перед конструкторами и инженерами встала задача по созданию компактных, мощных и в то же время экономичных энергоисточников для автотранспорта и сетей подзарядки. С 18 декабря 2018 года Центр НТИ СПбПУ совместно с компанией *ADM SYSTEMES GAZ* (Франция) разрабатывает линейку турбогенераторов для транспорта в интересах Peugeot.

В основу проектирования были заложены современные технические решения:

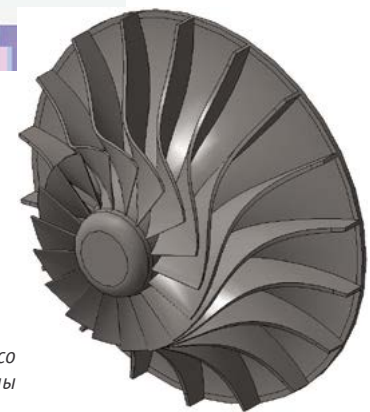
- > высокооборотные малорасходные турбины с частотой вращения более 100 тыс. об/мин;
- > синхронный электрогенератор на постоянных магнитах SmCo с КПД более 98%;
- > комбинированные подшипники, обеспечивающие минимальные потери на трение и ресурс, увеличенный по сравнению с классическими подшипниками на 20%;
- > высокопрочный корпус с демпфирующими и термозащитными элементами.

По словам руководителя проекта *Виктора Рассохина*, «только вариант схемы ГТУ с повторным отводом и подводом теплоты и регенерацией тепла уходящих газов обеспечивает необходимые характеристики турбогенераторов для автотранспорта, а значение эффективного КПД разработанной установки достигает 33%».

В результате выполненных работ создана научно-техническая база и методика для разработки серии (линейки) подобных турбогенераторов различной мощности от 1 до 500 кВт, обеспечивающая всех потенциальных потребителей компактными и эффективными энергоисточниками.



Сопловой аппарат малорасходной турбины



Рабочее колесо малорасходной турбины

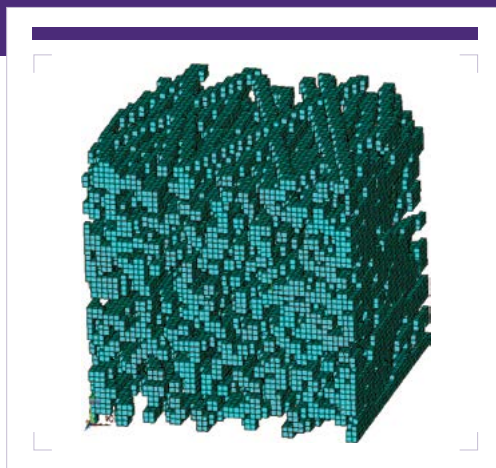
Технические характеристики разработанного турбогенератора превышают французские аналоги. На последующих этапах проекта предполагается отработка высокооборотного электрогенератора и подшипниковых узлов, изготовление опытного образца и его испытания.

Проект: Разработка методики измерения параметров трехмерного потока в условиях периодической нестационарности в проточной части турбомашин и методики проектирования газотурбинных двигателей для энергетики и транспорта.

Заказчик: ADM SYSTEMES GAZ, Франция (проект выполняется в интересах Peugeot)

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» (Заведующий Лабораторией – Ядыкин В.К.)

Руководитель проекта: Рассохин В.А., ведущий научный сотрудник Лаборатории



НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В Лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» разрабатываются технологии и создается оборудование для получения композиционных материалов класса *high performance composite* для аддитивного производства.

Продуктом разработки должны стать материалы в виде однонаправленных термопластичных лент на основе углеродных волокон, пропитанных термопластичным полимером. Исследование проводится одновременно в нескольких областях.

В числе ожидаемых результатов:

- > установка для получения композиционных материалов;
- > технологический процесс получения материалов;
- > высокоадекватные математические модели материалов;
- > методика оптимизации изделий из получаемых материалов;
- > технология аддитивного производства конструкций из разрабатываемых материалов.

Проект направлен на разработку технологии изготовления высокоответственных конструкций для применения в различных отраслях промышленности, в первую очередь – аэрокосмической. Разрабатываемые в ходе проекта подходы позволяют перейти к принципиально новым методам изготовления конструкций и изделий, включая 3D-печать, роботизированную выкладку, горячее прессование и намотку с *in situ* консолидацией слоев, позволяющих получать изделия сложной геометрии.

Проведена серия экспериментов по отработке технологических режимов получения однонаправленных лент, определены оптимальные параметры скорости протяжки и температуры нагрева лент, определены механические свойства получаемых материалов в зависимости от объемного содержания волокна. Разработаны способы регулирования прочностных

Образец композиционного материала



характеристик композиционных материалов за счет введения в их состав фуллереновой сажи. Разработаны математические модели композиционных материалов, что в дальнейшем позволит значительно снизить затраты на проектирование и производство конструкций из получаемых материалов.

«В ходе работ с учетом большого опыта команды в различных областях знаний, удалось создать уникальную модульную систему, не имеющую аналогов, которая позволяет изготавливать образцы композиционного материала в виде однонаправленных лент с возможностью регулирования большинства его свойств в широком диапазоне, а за счет модульной конструкции перенастройка системы занимает считанные часы», – говорит младший научный сотрудник Лаборатории *Илья Кобышно*.

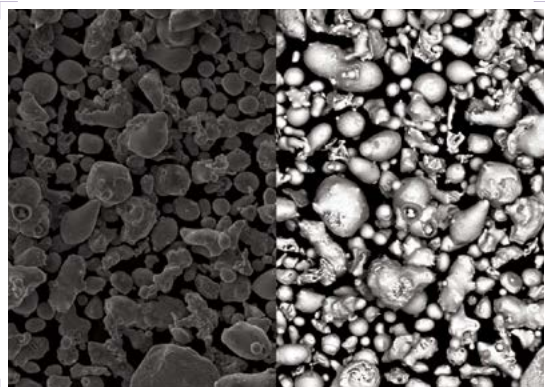
Одной из наиболее важных тенденций развития в области ПКМ является переход от терморезактивных связующих, таких как эпоксидные или полиэфирные смолы, к термопластичным конструкционным и суперконструкционным полимерам, которые имеют ряд преимуществ (высокую ударную прочность, более высокую термостойкость, устойчивость к циклическим нагрузкам), а также являются более экологичными и способны подвергаться вторичной переработке.

Проект: Разработка технологии и создание оборудования для получения композиционных материалов в виде однонаправленных термопластичных лент на основе углеродных волокон для аддитивного производства

Заказчик: ФГУП «НПО Техномаш»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» (Заведующий Лабораторией – Ядыкин В.К.)

Руководитель проекта: Толочко О.В., ведущий научный сотрудник Лаборатории



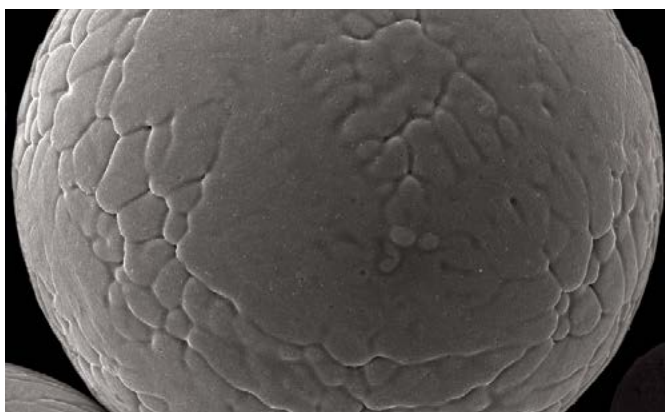
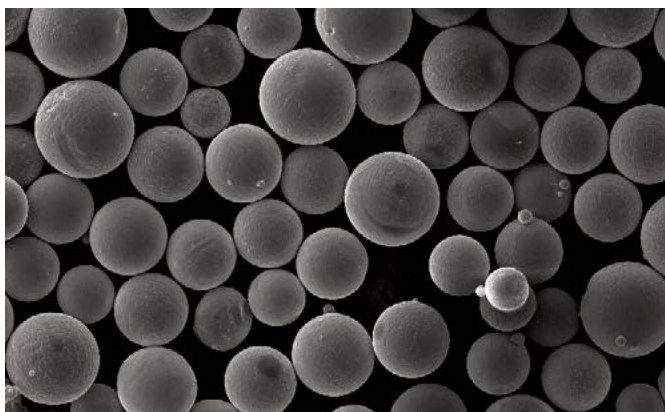
НОВЫЕ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В Лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» проводится исследование возможности использования водораспыленного порошка производства ПАО «Северсталь» в исходном состоянии для аддитивного производства технологиями селективного лазерного плавления и прямого лазерного выращивания.

Проект предполагает применение имеющихся у Центра НТИ СПбПУ компетенций в области технологий синтеза металлопорошковых композиций и аддитивных технологий (АТ). Оптимизация технологии получения порошка будет способствовать расширению номенклатуры сплавов, применяемых в АТ, и снижению их стоимости, что позволит снизить себестоимость производства изделий методами АТ и ускорить их внедрение в промышленность. Работа выполняется в рамках разработки технологии малотоннажного синтеза уникальных сложнелегированных металлопорошковых композиций новых и специальных сплавов для машин аддитивного производства.

«В результате экспериментальных исследований показана возможность получения из водораспыленного материала порошка с содержанием сферических частиц более 95%, – говорит заведующий Лабораторией Николай Разумов. – В процессе обработки порошка удалось снизить содержание кислорода более чем в 3 раза. Технологические свойства водораспыленного порошка (текучесть, насыпная плотность) после плазменной сфероидизации значительно улучшаются. При этом по сравнению с газовой атомизацией себестоимость порошка получается гораздо ниже».

Применение разработанных технологических приемов в производственных процессах ПАО «Северсталь» позволит модернизировать существующее производство и с наименьшими затратами приступить к изготовлению качественного порошка, пригодного для использования в машинах аддитивного производства и классической порошковой металлургии.



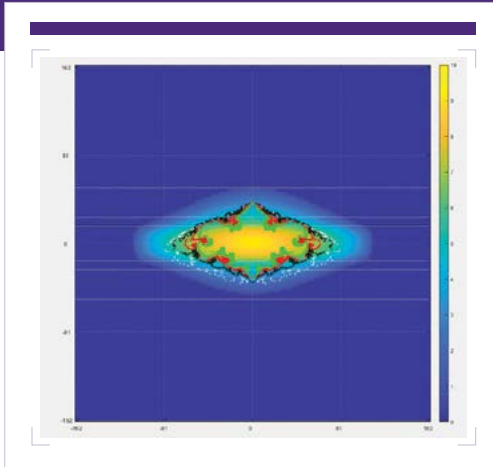
Порошок после плазменной сфероидизации

Проект: Исследование возможности использования водораспыленного порошка производства ПАО «Северсталь» в исходном состоянии для аддитивного производства технологиями селективного лазерного плавления и прямого лазерного выращивания

Заказчик: ПАО «Северсталь»

Исполнитель: Лаборатория «Синтез новых материалов и конструкций» (Заведующий Лабораторией – Разумов Н.Г.)

Руководитель проекта: Попович А.А., директор Института машиностроения, материалов и транспорта, главный научный сотрудник Лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций»



ПЛАНАРНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

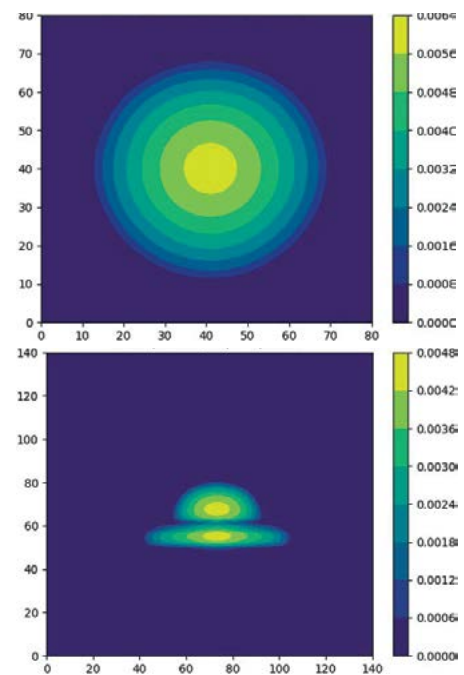
Специалисты Лаборатории «Моделирование производственных технологий и процессов» (НОЦ «Газпромнефть-Политех») разработали планарную трехмерную модель *Planar 3D* – новый подход к расчету и моделированию распространения трещины гидроразрыва пласта (ГРП) в многослойной среде.

Для предсказания результатов и контроля операций гидроразрыва пласта используется численное моделирование процесса распространения трещин ГРП под действием давления неньютоновских жидкостей степенной реологии.

Центр НТИ СПбПУ, Газпромнефть НТЦ, МФТИ, Сколтех и ИГиЛ СО РАН при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ФЦП 1.2 реализуют проект «Кибер ГРП» – разработка симулятора гидроразрыва пласта. Одна из основных задач проекта – ускорение расчетов для создания дизайна гидроразрыва пласта без погрешности в вычислениях. Система *Planar 3D* моделирует различные варианты ГРП на разных типах почв, в разных условиях, позволяя оценить, какой из дизайнов ГРП даст оптимальный объем, высоту и глубину трещины, и спроектировать нефтяную скважину наиболее эффективным способом.

Результаты проекта:

- > разработана физико-математическая модель распространения трещины гидроразрыва, основанная на модифицированной постановке при учете слоистости пласта;
- > обеспечено описание моделью распространения ГРП под действием неньютоновской несжимаемой жидкости в однородной упругой среде с контактом напряжений;
- > модель интегрирована в общий модуль «Кибер ГРП» и проходит этап оптимизации.



Интерполяция раскрытия

«Модель *Planar 3D* открывает перспективы построения высокоэффективного расчетного модуля симулятора гидроразрыва пласта, способного обеспечить инженеров быстрым и точным инструментом не только для проведения дизайна ГРП, но и контроля в режиме реального времени», - сообщает Виталий Кузькин, заместитель заведующего Лаборатории «Моделирование производственных технологий и процессов».

Проект: Планарная трехмерная модель распространения трещины гидроразрыва пласта (*Planar 3D*)

Заказчик: ООО «Газпромнефть НТЦ»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование производственных технологий и процессов» (НОЦ «Газпромнефть-Политех»)

Руководитель проекта: Кривцов А.М., заведующий Лабораторией



НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ДОБЫЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

НТК «Новые технологии и материалы» ведет разработку подводных добычных комплексов для ПАО «Газпром» в части повышения их эффективности и безопасности за счет применения новых методов тестирования и разработки перспективных материалов.

Подводный добычной комплекс представляет собой совокупность оборудования, соединяющего по морскому дну систему скважин, с наличием интеллектуального управления и системами сбора газового продукта перед непосредственным промышленным транспортом неподготовленного газа. Ключевую роль играет надежность подводного добычного комплекса, так как его эксплуатация осуществляется в экстремальных условиях, отличающихся высоким содержанием коррозионно-активных газов, в большей степени CO_2 , выносом песка, обуславливающим эрозионный износ, высокими давлениями и температурами. Дополнительным осложняющим фактором является область эксплуатации в соленой морской воде, где формируется коррозионная среда.

Проект направлен на повышение эффективности обустройства подводных участков инфраструктуры и безопасной эксплуатации оборудования морских газоконденсатных месторождений путем применения новых методов тестирования и разработки материалов с заданными свойствами.

«Поскольку одним из основных материалов, входящих в состав ПДК, являются эластомеры для изготовления резинотехнических изделий, встал вопрос о необходимости разработки подходов к оценке их работоспособности, – говорит Екатерина Алексева, руководитель испытательной лаборатории НТК «Новые технологии и материалы». – Компетенции по этим вопросам в России до настоящего времени отсутствовали. Для решения задачи мы изучили международный опыт в области тестирования эластомеров, прошли обучение в учебных центрах Хьюстона в США, а затем, совместно с нашими отечественными производителями и ПАО «Газпром» разработали и адаптировали данные подходы для России».



Образец эластомерного материала

Монометр автоклавной установки

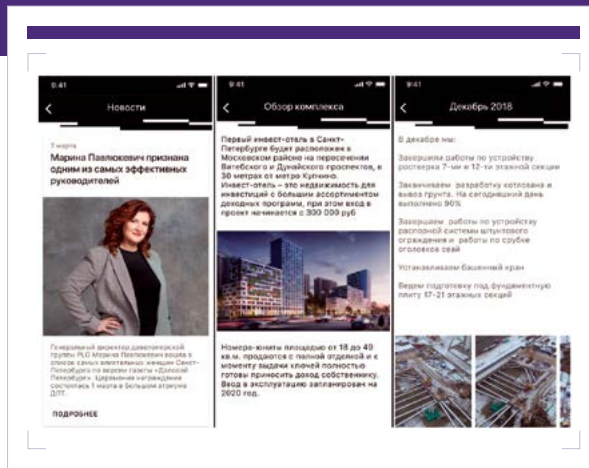


Проект: Разработка подводных добычных комплексов. Выбор и аттестация материалов

Заказчик: ПАО «Газпром»

Исполнитель: Научно-технологический комплекс (НТК) «Новые технологии и материалы» (Директор НТК – Альхименко А.А.)

Руководитель проекта: Шапошников Н.О., заместитель директора НТК



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНВЕСТ-ОТЕЛЕЙ

В Лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД) разработан прототип программного комплекса для предоставления услуг пользователям и управления недвижимостью формата «инвест-отель».

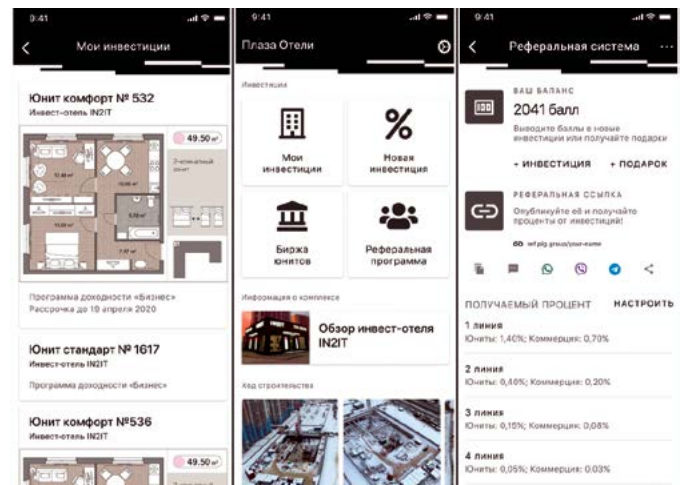
Разработан прототип программного комплекса для предоставления услуг пользователям и управления недвижимостью формата «инвест-отель». Система состоит из расширяемой масштабируемой серверной платформы, двух мобильных приложений, работающих под управлением ОС Android 12.0 и iOS 10.0, и ряда веб-приложений для пользователей и администраторов. Проект реализует ряд передовых технологических и организационных решений в рамках бизнес-модели инвест-отелей IN2IT для формирования «умной» среды взаимодействия всех участников проекта: инвесторов, резидентов и управляющей компании.

«Применение современных технологий обработки данных при создании информационных систем позволяет нам совместно с нашими партнерами реализовывать инновационные бизнес-модели и создавать дополнительную ценность для клиентов», – комментирует проект заведующая Лабораторией ПСПОД Марина Болсуновская.

По результатам 2-го этапа разработки система предоставляет инвесторам IN2IT следующие возможности:

- > оперативно узнавать о платежах по рассрочке и задолженностях либо выплатах по программам доходности;
- > управлять своими инвестициями;
- > следить за ходом строительства объекта;
- > получать новости и справочную информацию по объекту.

Мобильное приложение интегрировано с платформой Profitbase, предоставляющей инвестору информацию о юнитах, а также с системой 1С и сервисом AmoCRM управляющей компании.



Экраны мобильного приложения для пользователей-инвесторов IN2IT

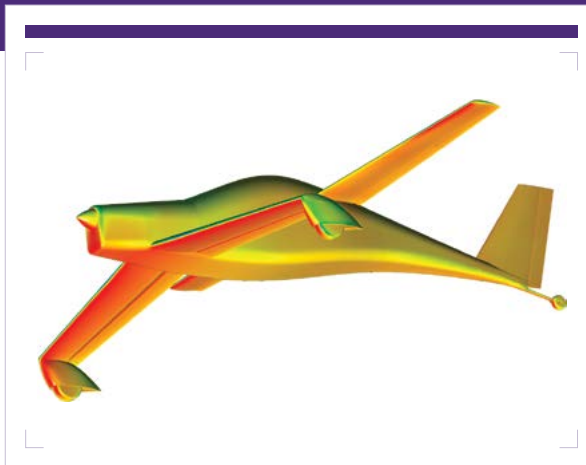
О.В. Смирнова, исполнительный директор компании Plaza Lotus Group (PLG): «Наша компания понимает важность инноваций для бизнеса. Надо отметить, что комплексное взаимодействие с Центром НТИ «Новые производственные технологии» позволяет нам создавать и предъявлять рынку не только технологические, но и организационные инновации. Мы уже активно применяем технологии лазерного сканирования при строительстве своих объектов, разрабатываем мобильное приложение и в скором времени планируем апробацию нескольких новых совместных идей, подтверждающих и развивающих разработанный нами (кстати, также при поддержке Политеха) формат инвест-отелей».

Проект: Разработка масштабируемой информационной системы для владельцев, инвесторов и резидентов объектов формата инвест-отелей в интересах ООО «Плаза-Отели» (2 этап)

Заказчик: Plaza Lotus Group (PLG)

Исполнитель: Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД)

Руководитель: Болсуновская М.В., заведующая Лабораторией «Промышленные системы потоковой обработки данных»



ВИРТУАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «КРЫЛО»

Специалисты Инжинирингового центра СПбПУ разработали виртуальный испытательный полигон (ВИП) «Крыло», включающий виртуальные испытательные стенды «Статическая прочность», «Птицестойкость», «Градостойкость», «Ресурс», «Живучесть» и «Газодинамика».

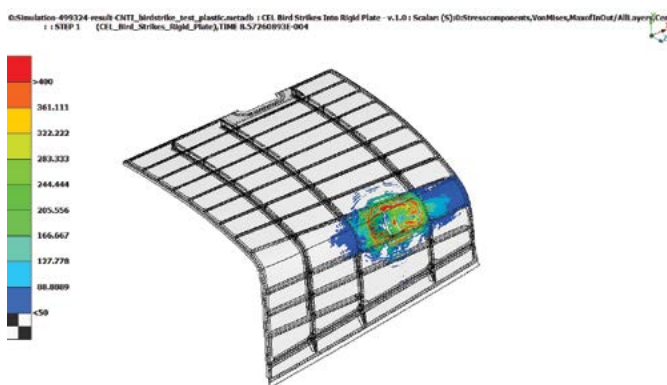
Проект направлен на создание комплексов и программ виртуальных экспериментальных исследований с целью сокращения доли натурных испытаний более чем на 90% при разработке новой продукции путем применения суперкомпьютерных технологий и мультидисциплинарных методов построения высокоадекватных математических моделей с кратным повышением точности предсказательного моделирования физических процессов и объектов.

Разработанные виртуальные испытательные стенды (ВИС) позволяют проводить виртуальные испытания прочности конструкций летательных аппаратов в результате действий статических нагрузок, столкновений с птицами и градом, определять ресурсные и аэродинамические характеристики. Разработанная методология применения ВИС апробирована на Цифровой платформе CML-Bench® при решении задач оптимизации стрингерно-шпангоутных секций летательных аппаратов.

«Применение технологии цифровых двойников позволило создать инструмент, готовый к серийному использованию в одной из наиболее наукоемких высокотехнологичных отраслей – авиации, – говорит ведущий инженер Инжинирингового центра СПбПУ Петр Гаврилов. – В перспективе – использование технологий виртуальных испытаний для проектирования и оптимизации формы аэродинамической поверхности авиационной техники, а также создание ВИП силовой конструкции самолета с применением методики многокритериальной мультидисциплинарной оптимизации».

Результаты проекта:

- > разработаны обобщенные методики и правила конечно-элементного моделирования конструкций летательных аппаратов;
- > настроены универсальные программные сценарии автоматической обработки, позволяющие собирать файл команд обработчика из требуемых модулей;
- > оптимизированы существующие подходы к моделированию птицестойкости, разработана программа вычисления свойств импактора;
- > отправлены патентные заявки на регистрацию разработанных скриптов (РИД).



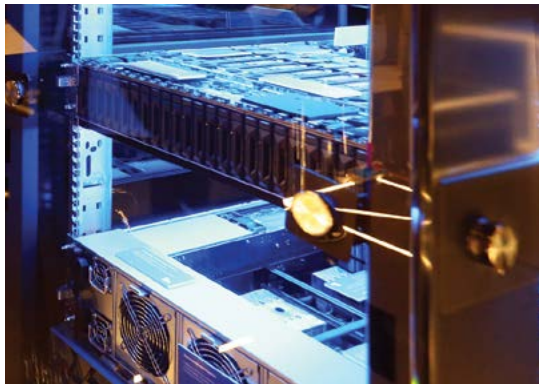
Поля напряжений (по Мизесу) в обшивке летательного аппарата после столкновения с птицей (ВИС «Птицестойкость»)

Проект: Развитие подходов цифрового проектирования и моделирования в авиационной промышленности (Мероприятие: Создание Виртуального Испытательного Полигона «Крыло»)

Заказчик: Проект программы Центра НИИ СПбПУ (в интересах ПАО «ОАК»)

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (ИЦ «ЦКИ» СПбПУ) (руководитель – Боровков А.И.)

Руководитель проекта: Тамм А.Ю., заместитель директора проектного офиса по взаимодействию с ОПК



ДИАГНОСТИКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СБОЕВ В РАБОТЕ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАнных

Сотрудники Лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД) приступили к финальному этапу работ по созданию программно-аппаратного компонента для диагностики и прогнозирования сбоев в работе систем хранения данных (СХД).

В основу решения легло модельно-диагностическое программное обеспечение с использованием алгоритмов машинного обучения, позволяющее выявлять внештатные ситуации и аномальное поведение, прогнозировать и предотвращать сбои в СХД. Результатом проекта станет опытно-промышленный компонент для встраивания в программно-аппаратную архитектуру платформы хранения данных *TATLIN*, позволяющий своевременно обнаруживать возникающие неисправности, предсказывать их возникновение и определять возможные меры, позволяющие их предотвратить. Программные модули компонента, созданные на основе комплекса моделей и алгоритмов машинного обучения, позволят обеспечивать детальную диагностику состояния СХД на уровне современных мировых аналогов.

Для обучения алгоритмов использовались как реальные статистические данные о работе различных конфигураций систем хранения данных из продуктового портфеля *TATLIN*, так и данные, смоделированные при помощи компьютерной программы – имитатора СХД. Рассматривались три основных типа сбоев для любого компонента СХД: *отказ* (аппаратный компонент не выполняет свои функции и нуждается в замене); *ошибка* (компонент сохраняет частичную работоспособность); *прогнозируемый отказ* (составляющая системы работает без внешних симптомов сбоя, но проявляет признаки возможного отказа). Для диагностирования и прогнозирования различных типов сбоев на осно-

вании данных мониторинга применяются алгоритмы, использующие модели, обученные на наборе накопленных исторических данных о функционировании СХД, и алгоритмы выявления аномалий, определяющие отклонение от нормального режима работы системы хранения данных.

В создании программного комплекса применялись различные методы моделирования, в том числе имитационное и системно-динамическое, с построением онтологических и графовых моделей, а также алгоритмы машинного обучения для решения задач классификации и выявления аномалий.

Руководитель группы разработки *Михаил Успенский* считает: «Применяемые в полученном решении методы и подходы соответствуют современным тенденциям в области диагностики систем хранения данных, обеспечивая высокую эффективность предотвращения сбоев. Внедрение разработанного программного обеспечения позволит существенно повысить сохранность данных и снизить совокупную стоимость пользования системой для ее владельцев, в то же время повышая ее надежность и исключая возможные финансовые или репутационные риски в случае потери или недоступности данных компании».

Результаты проекта были представлены на 17-м Международном симпозиуме по интеллектуальным системам и информатике (Сербия, 12-14 сентября 2019). Завершение работ намечено на конец 2019 года.

Проект: Разработка программно-аппаратного комплекса для прогнозирования сбоев в работе системы хранения данных с целью предотвращения критических ситуаций, в том числе деградации производительности, отказа сервиса записи/чтения данных и потери данных

Уникальный идентификатор: RFMEFI58117X0023

Заказчик: Министерство науки и высшего образования РФ (ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»); заказчик и индустриальный партнер – ООО «КНС Групп» (YADRO)

Исполнитель: Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД); соисполнитель – НИУ «Высшая школа экономики»

Руководитель проекта: Болсуновская М.В., заведующая Лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных»



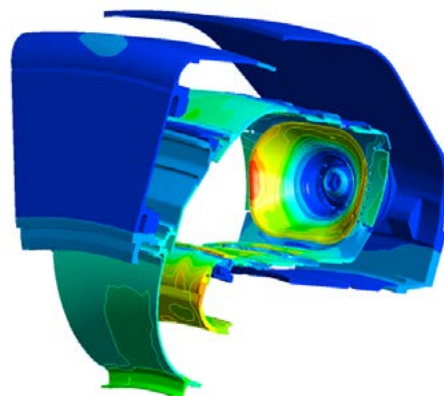
ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПЕРВОГО УРОВНЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) успешно завершили проект по разработке рекомендаций для снижения массы авиационного двигателя ТВ7-117СТ-01 на основе технологии цифрового двойника.

Ключевая цель работы – снижение массы статорных деталей двигателя.

Основной задачей стала оцифровка всего опыта АО «ОДК-Климов» по разработке двигателей данного класса, анализ всех расчетных обоснований, конструкторской документации, результатов испытаний и др. – и его интерпретация в рамках новой парадигмы проектирования с применением Цифровой платформы CML-Bench™.

Разработаны структура ряда виртуальных испытательных стендов (ВИС) и виртуального испытательного полигона (ВИП), база математических моделей материалов, методики виртуальных испытаний двигателя.



Поле температур камеры сгорания

Уникальность проекта:

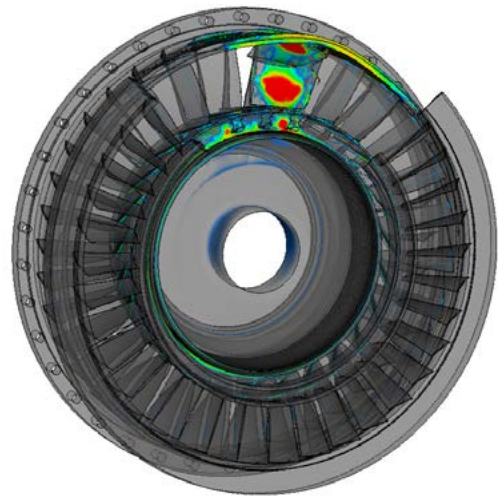
- > Первый и пока единственный пример в отрасли комплексного подхода к полной формализации процесса проектирования газотурбинного двигателя с детальным описанием всех контролируемых параметров и целевых значений, взаимосвязкой всех расчетных моделей, создаваемых при проектировании изделия.
- > Первый для отечественного двигателестроения пример оптимизации газотурбинного двигателя на основе технологии цифрового двойника (Digital Twin) с оцифровкой многолетнего опыта предприятия, полученного в результате разработки двигателей: от базовых экспериментов и определения свойств материалов до описания физико-механических параметров эксплуатации изделия.



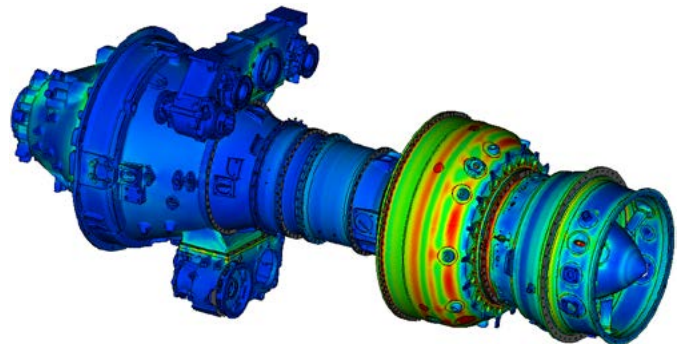
Динамическая модель коробки приводов с упругими корпусами и валами: поля перемещений, возникающих при резком приложении нагрузки

Задачи проекта:

- > Предварительная оптимизация конструкции деталей статора на основе результатов полномасштабного моделирования для ряда рабочих режимов.
- > Построение одномерной интегральной модели двигателя в рамках разработки цифрового двойника двигателя для определения термодинамических характеристик при каждом изменении конструкции и/или требований к ней.
- > Обеспечение бесшовной передачи аэродинамических и тепловых нагрузок на элементы проточной части двигателя.
- > Учет утечек и отборов в системе вторичных потоков двигателя при выполнении виртуальных испытаний.
- > Учет теплового состояния ротора, статора и лопаток двигателя при выполнении виртуальных испытаний.
- > Учет напряженно-деформированного состояния ротора и статора двигателя при выполнении виртуальных испытаний.
- > Топологическая оптимизация деталей обвязки (кронштейнов и трубопроводов) двигателя.
- > Топологическая оптимизация деталей статора по уточненным тепловым и напряженно-деформированным состояниям с обеспечением необходимых запасов по прочности в соответствии с нормами прочности авиационных ГТД.
- > Исследование вибросостояния роторов, построение динамической модели ротора.
- > Взаимовязка виртуальных испытаний на всех стендах через интегральную модульную модель.
- > Разработка базы цифровых моделей материалов для использования в виртуальных испытательных стендах.
- > Автоматизация передачи данных между ВИС.



Виртуальные испытания на удержание лопатки при ее обрыве (испытательный полигон «Прочность»)

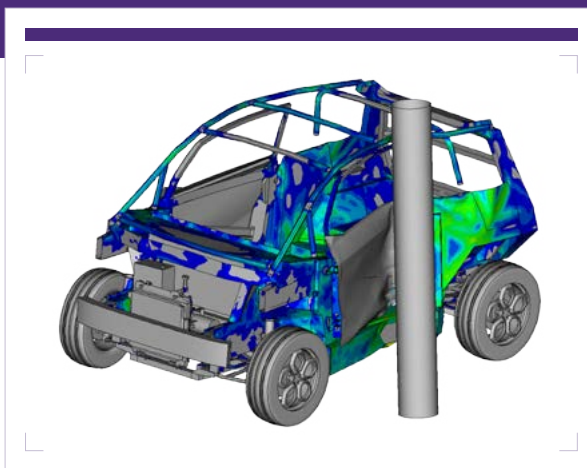


Модель двигателя в сборе: поля деформаций

Результаты работ:

1. Виртуальные испытательные стенды и полигон двигателя ТВ7-117СТ-01, интегрированные на Цифровой платформе CML-Bench™: термодинамический, аэродинамический/газодинамический, гидравлический, тепловой, прочностной и другие.
2. Конструкция статорных деталей, обеспечивающая выполнение предъявленных требований, включая требования по ресурсу, удержанию лопатки и др. при снижении массы отдельных деталей до 50%.

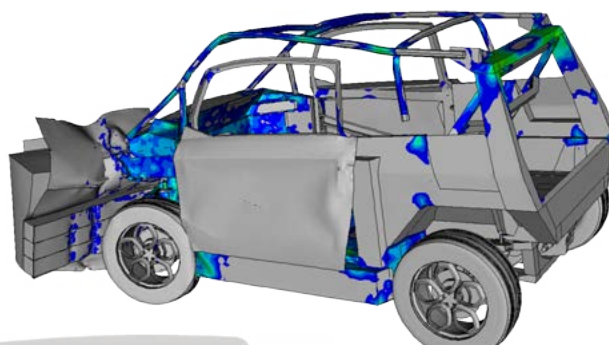
«Разработка цифрового двойника газотурбинного двигателя – работа не одного этапа, не одного договора, – говорит руководитель проекта, руководитель отдела кросс-отраслевых технологий Центра НТИ СПбПУ Александр Тамм. – Однако сам факт появления таких технических заданий в отрасли – это уже значительное событие. При этом, имея целевую задачу снизить массу статорных деталей до 10%, мы на основе построенной интегральной модели реализуем подетальную оптимизацию и получили почти двукратное снижение в массе некоторых деталей при выполнении требований по прочности, долговечности и при полном соответствии всем прочим целевым значениям контролируемых характеристик изделия».



«УМНЫЙ» ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК МАЛОГАБАРИТНОГО ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) и ПАО «КАМАЗ» завершили первый этап разработки малогабаритного городского электромобиля.

Среди целей проекта, лежащих в зоне ответственности инженеров Центра НТИ СПбПУ, – создание комплекса программ «Умный цифровой двойник» и разработка методик цифрового проектирования и оптимизации автомобиля. «Умный» цифровой двойник позволит проводить виртуальное тестирование и настройку автомобиля, моделировать и измерять любые его показатели в различных условиях жизненного цикла с детальным учетом характеристик материалов и особенностей технологических процессов. Такое сочетание технологий дает возможность сократить трудозатраты на разработку электромобиля не менее чем на 30% и более чем вдвое сократить длительность работ по выпуску серийного образца.



Виртуальный краш-тест
«Лобовой удар»



Элемент экстерьерных
решений: оптика

Текущие разработки:

- > подготовлены методики цифровой разработки стиля экстерьера электромобиля, проведена предварительная разработка стилиевой поверхности;
- > разработана методика многокритериальной оптимизации эластокинематических элементов подвески, разработана детальная конструкция подвески;
- > ведется проработка конструкции каркаса кузова, оптимизация кузова и навесных элементов;
- > произведен подбор тягового электродвигателя, конструкция которого представляет собой единую систему «двигатель – редуктор – инвертер»;
- > прорабатывается архитектура электрики и электроники с учетом требований системы ADAS.

Руководитель проекта Юрий Болдырев: «Все решения соответствуют матрице целевых параметров и ограничений и многократно выверяются на виртуальных испытательных стендах. Модели подвесок выполнены с учетом общей компоновки автомобиля, на основе кинематических схем подвески и с учетом технологических процессов изготовления. Каркас кузова электромобиля проходит многокритериальную оптимизацию по показателям пассивной безопасности, жесткости и виброакустического комфорта».

Проект: Создание «умного» цифрового двойника и экспериментального образца малогабаритного городского электромобиля с системой ADAS 3-4 уровня

Источник финансирования: Министерство науки и высшего образования РФ (Соглашение № 075-02-2018-1908 от 20.12.2018 г., УИП RFMEFI57818X0269)

Индустриальный партнер: ПАО «КАМАЗ»

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Болдырев Ю.Я., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Инжинирингового центра (CompMechLab®) СПбПУ и ИППТ СПбПУ, профессор кафедры «Прикладная математика» Института прикладной математики и механики (ИПММ)



ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПЕРСПЕКТИВНОГО СПОРТИВНОГО ПИСТОЛЕТА

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) завершили разработку цифрового двойника перспективного спортивного пистолета. По результатам проекта заказчиком успешно произведены и испытаны опытные образцы изделия.

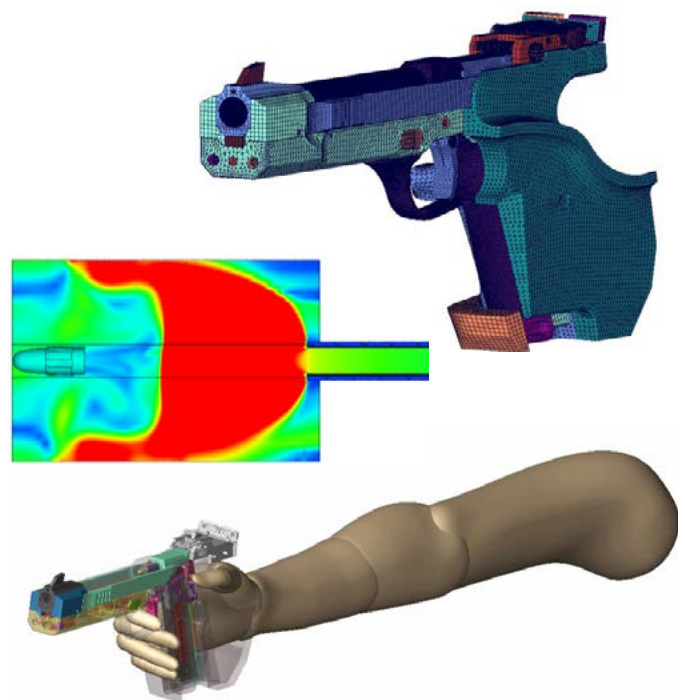
На *первом этапе* проекта разработаны расчетные модели пистолета СП-15 для численного моделирования виброакустического и жесткостного анализа, анализа кинематики механизмов пистолета, динамики движения пули в стволе, газодинамики пороховых газов при вылете пули. Также решена прямая задача внутренней баллистики.

На *втором этапе* проекта с применением передовых технологий компьютерного инжиниринга разработана и проведена валидация цифровой математической модели пистолета. Разработка позволила подробно изучить кинематику и газодинамические процессы, возникающие в момент выстрела, а также выбрать наиболее подходящий патрон для пистолета.

Компоненты разработки: многоуровневая матрица целевых показателей и ресурсных ограничений; виртуальный испытательный стенд (ВИС) «Спортсмен – оружие»; ВИС «Кинематика»; ВИС «Эксплуатационные характеристики» (испытания на прочность, жесткость, долговечность, трещиностойкость и др.).

В ходе *третьего этапа* проекта заказчиком проведены натурные испытания опытного образца пистолета на баллистическом станке и с участием профессиональных спортсменов. Результаты испытаний показали, что разработанный опытный образец по показателю кучности *превосходит аналоги*.

По результатам натурных испытаний специалистами ИЦ «ЦКИ» разработана кинематическая модель руки спортсмена с учетом податливости суставов при выстреле. Модель валидирована данными, полученными по итогам высокоскоростной съемки. Проведена оптимизация балансировки пистолета для снижения отдачи и минимизации увода ствола от траектории стрельбы.



Математические модели системы «пистолет – патрон – стрелок»

«С помощью передовых цифровых технологий удалось спроектировать действительно конкурентоспособный продукт. Основными потребителями результатов работы станут спортивные учреждения, пистолетный парк которых давно нуждается в обновлении», – комментирует проект главный конструктор пистолета Сергей Дорошенко.

Проект: Разработка комплексной модели виртуальных испытаний с целью проектирования перспективного спортивного пистолета калибра 5,6 мм

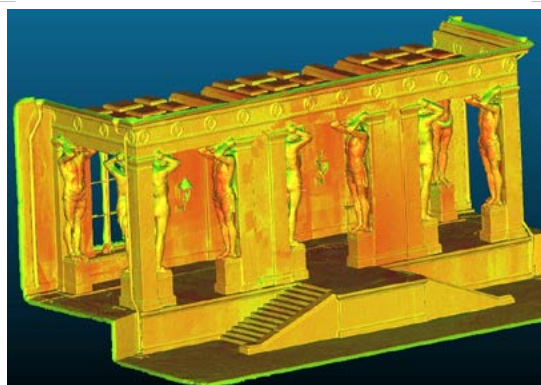
Источник финансирования: «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор № 243ГРНТИС5/35914 от 24.08.2017 г.)

Заказчик: ООО «Модуль», главный конструктор Дорошенко С.А.

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Лебедев Д.О., начальник специального конструкторского отдела ИЦ «ЦКИ»

Годы: 2017–2019



ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Специалисты Группы информационного моделирования инженерных объектов Центра НТИ СПбПУ разрабатывают методику получения и обработки цифровых инженерных данных о существующих инженерных объектах для создания их информационных (BIM) моделей.

Одно из важнейших применений методики – информационное моделирование объектов культурного наследия (НВИМ). Так, недавно завершены работы по моделированию портика здания *Нового Эрмитажа* и скульптур атлантов в Санкт-Петербурге. Работы проводились совместно с сотрудниками Эрмитажа в рамках договора о сотрудничестве СПбПУ и *Государственного Эрмитажа*.

«Десять монолитных скульптур, вырубленных из сердобольского гранита русскими каменотесами под руководством скульптора А.И. Тербенева, были установлены на гранитные постаменты портика Нового Эрмитажа в 1848 году. Скульптуры, портик и само здание – это единый организм, и вопросы по их сохранению решаются комплексно», – комментирует руководитель Группы *Владимир Баденко*.

Создание НВИМ-модели скульптур атлантов и портика, исследование трещин в граните скульптур позволяют моделировать разнохарактерные нагрузки на фигуры и конструктивные элементы портика, приводящие к образованию трещин и подвижкам. На основе полученных данных разрабатывается система мониторинга памятника.

На первом этапе было произведено обследование с использованием наземного лазерного сканера Leica BLK360 для получения облака точек лазерных отражений. Обработка данного облака проводилась с целью выявления дефектов и деформаций портика, построения 3D-модели, сравнения атлантов между собой для выявления закономерностей появления дефектов. Наборы данных в виде плотного облака точек были предварительно обработаны и зарегистрированы автоматически в ходе съемки с помощью программного обеспечения



Полигональная модель

в мобильном приложении *Autodesk ReCap* на iPad, т.к. лазерное сканирование проводилось с 27 точек.

Обнаружена практически полная идентичность фигур атлантов, что позволяет говорить об уникальном мастерстве русских каменотесов. Среди научных результатов следует отметить построение полигональной модели объекта, что является первым шагом к построению цифрового двойника портика здания Нового Эрмитажа и скульптур атлантов.

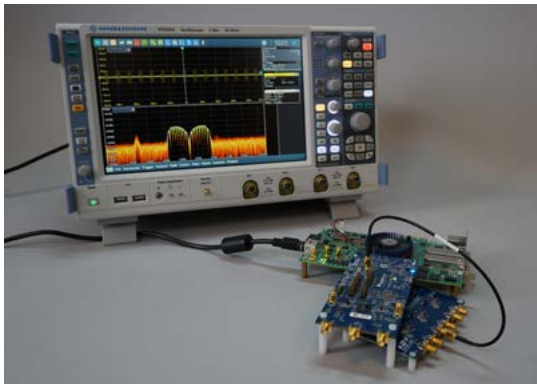
Исследования продолжатся: проводятся прочностные расчеты конструкции портика с учетом выявленных дефектов, планируется исследование и моделирование подземной части портика.

Проект: Технологии информационного моделирования зданий для сохранения культурного наследия

Заказчик: Государственный Эрмитаж

Исполнитель: Группа информационного моделирования инженерных объектов Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Баденко В.Л., д.т.н., профессор, руководитель Группы

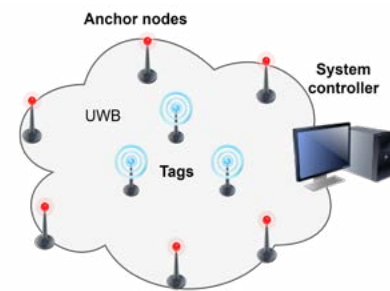


ВЫСОКОТОЧНОЕ БЕСШОВНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВНУТРИ И ВНЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Специалисты группы информационного моделирования инженерных объектов и лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД) разрабатывают экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса (ЭО АПК) системы **бесшовного гибридного позиционирования объектов внутри и вне помещений**.

Проект направлен на разработку новых алгоритмов бесшовного позиционирования объектов внутри и вне помещений с наивысшей точностью в сантиметровом диапазоне в режиме реального времени, с реализацией плавного перехода при определении положения объекта.

Решение включает в себя аппаратную систему радиочастотного 2D-позиционирования, использующую *сверхширокополосную технологию радиосвязи (UWB)* и принципы *программно-определяемого радио (SDR)* на базе *универсальной SDR-платформы*. Бесшовность и высокая точность позиционирования достигается за счет интеллектуального комбинирования геоданных от различных источников (Sensor Fusion).



Система UWB позиционирования

Сфера применения: производство, строительство, логистика, добыча ископаемых, коммерция, медицина, спортивная аналитика; концепция «Умный город»; противоугонные системы, защищенные от глушения, системы мониторинга движения транспорта, в том числе беспилотного, и объектов, плохо видимых спутниками ГЛОНАСС.

Окончание работ по проекту намечено на конец 2020 года.

Руководитель группы разработки лаборатории ПСПОД **Андрей Антонов**: «Применяемые в полученном решении методы и подходы позволяют в перспективе создать гибкую универсальную систему высокоточного позиционирования для различных областей применения. Разработанный АПК радиочастотного позиционирования подтверждает возможность самостоятельной реализации с нуля full-stack системы UWB-позиционирования с использованием стандартных компонентов небольшой группой разработчиков и в сжатые сроки».

Преимущества разработки:

- > повышение точности до 2 см (10 см у аналогов) и дальности до 500 м (300 м у аналогов) позиционирования;
- > позиционирование в реальном времени объектов, движущихся со скоростью до 50 км/ч;
- > уникальные возможности высокоточного бесшовного позиционирования с плавным переходом;
- > возможность использования результатов работ в стратегически важных проектах национального масштаба (полностью российская разработка).

Проект: Исследование и разработка экспериментальных образцов аппаратно-программных комплексов бесшовного позиционирования объектов внутри и вне помещений повышенной точности

Заказчик: Министерство науки и высшего образования РФ
(Соглашение № 14.584.21.0035 от 27.11.2018 г., УИП RFMEFI58418X0035)

Индустриальные партнеры: Индийский технологический институт Рурки (Indian Institute of Technology Roorkee), Восточно-китайский педагогический университет (East China Normal University)

Исполнитель: Группа информационного моделирования инженерных объектов Центра НТИ СПбПУ, лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Баденко В.Л., д.т.н., профессор, руководитель Группы



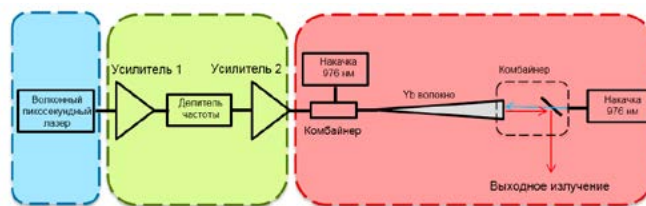
МОЩНЫЕ ВОЛОКОННЫЕ ПИКОСЕКУНДНЫЕ ЛАЗЕРЫ

В лаборатории «Лазерные и плазменные технологии» идет разработка мощного импульсного волоконного лазера с рекордными характеристиками.

Разрабатываемый лазер расширит существующее представление о возможностях волоконной лазерной техники и найдет свое применение в качестве ключевого элемента в промышленных комплексах по реализации технологии.

По результатам первого этапа работ получена база для построения экспериментального образца лазера диапазона 1 мкм на основе активных тейперированных волокон, а также для проведения его испытаний в составе испытательного стенда.

Работы, проведенные на втором этапе проекта, позволили разработать конструкцию задающего волоконного пикосекундного лазера – мастер осциллятора, блока понижения частоты следования импульсов мастер осциллятора и усилителя на основе активных тейперированных волокон.



Общая схема высокомощного пикосекундного лазера

Завершается третий этап проекта. Перечень выполняемых работ:

- > разработка конструкции волоконного пикосекундного лазера;
- > разработка и изготовление экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний макета;
- > изготовление экспериментальных макетов волоконного пикосекундного лазера и проведение исследовательских испытаний;
- > обобщение результатов исследований с проверкой их соответствия требованиям технического задания, оценкой результативности исследований и эффективности результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем.

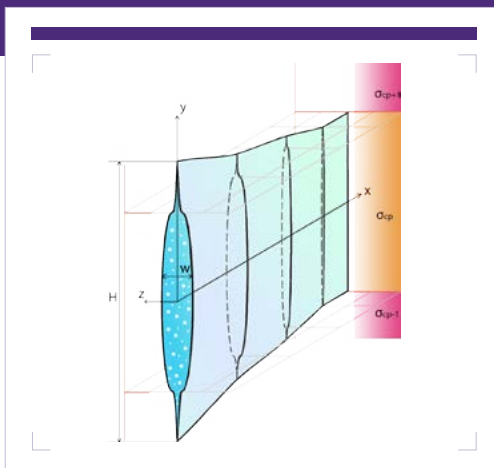
«Разработка относительно дешевых, мощных полностью волоконных импульсных лазеров, позволяющих приблизиться к характеристикам твердотельных источников или превзойти их, является очень актуальной для промышленного развития прецизионных лазерных обрабатывающих технологий, – комментирует заведующий Лабораторией Максим Одноблюдов. – Проект открывает широкие перспективы для создания семейства лазерных источников, таких как пикосекундные и фемтосекундные лазеры на длины волн 0.520-0.530 мкм, 1 мкм, 1.55 мкм, 2 мкм и 8-10 мкм, мощные широкополосные источники – «белые лазеры». Это создаст условия для опережающего развития и повышения глобальной конкурентоспособности отечественного машиностроения и приборостроения, а также внедрения новых передовых производственных технологий в стратегические высокотехнологичные отрасли».

Проект: Проектная часть Государственного задания «Разработка мощных волоконных пикосекундных лазеров диапазона 1 мкм на основе активных тейперированных волокон для промышленных применений»

Заказчик: Министерство науки и высшего образования РФ

Исполнитель: Лаборатория «Лазерные и плазменные технологии» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Одноблюдов М.А., к.ф.-м.н., заведующий Лабораторией



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

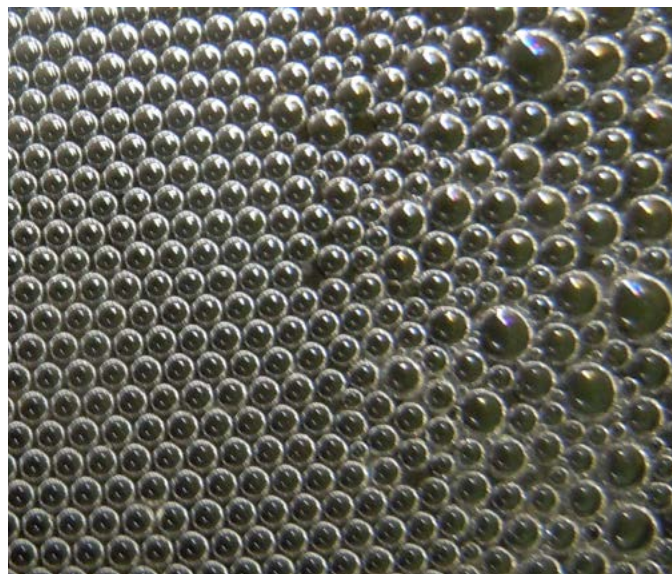
Специалисты лаборатории «Моделирование производственных технологий и процессов» (НОЦ «Газпромнефть-Политех») разрабатывают модели пенного гидроразрыва пласта (ГРП) для создания симулятора ГРП, который позволит увеличить эффективность нефтедобычи.

Пенный гидроразрыв пласта, как и традиционный, применяется с целью создания трещины в нефтенесущем пласте для увеличения притока углеводородов к скважине. При пенном ГРП для этого в качестве жидкости разрыва используется сложная смесь жидкой и газовой компонент, где наличие последней способствует быстрой обработке скважины, минимизирует расход жидкой фазы и степень повреждения пласта при проведении процедуры.

Однако некоторые подходы к моделированию пенного ГРП существенно отличаются от моделирования традиционного ГРП. Специалисты Лаборатории разрабатывают *физико-математические модели пенного ГРП*, учитывающие сжимаемость пен за счет наличия газовой фазы, а также неньютоновский характер их вязкости.

При разработке квазитрехмерной и плоской трехмерной моделей ГРП, учитывающих свойства пенных жидкостей разрыва, были качественно и количественно проанализированы преимущества технологии, а также определены параметры ГРП, для которых физикой пен нельзя пренебрегать при моделировании развития трещин.

«Мы планируем завершить работу по разработке и оптимизации моделей пенного ГРП в 2020 году. Данные модели будут использоваться как для проведения инженерных расчетов с целью оценки геометрии трещин на конкретных скважинах, так и для научно-исследовательских целей. Также на основе этих моделей будет создан модуль симулятора пенного ГРП», – говорит заместитель заведующего Лабораторией *Виталий Кузькин*.



Пенная жидкость ГРП

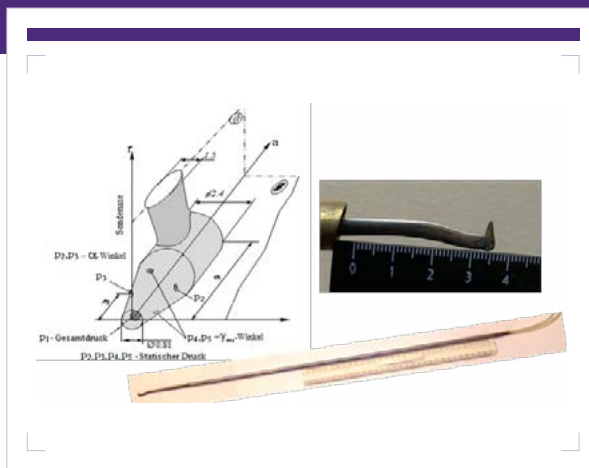
Работа над данным проектом ведется в рамках ФЦП «Разработка прикладных программных средств для планирования и контроля операции гидравлического разрыва пласта с целью повышения эффективности нефтегазодобычи» совместно с Научно-Техническим Центром ПАО «Газпром нефть» при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Проект: Моделирование пенного гидроразрыва пласта

Индустриальный партнер: Научно-Технический Центр ПАО «Газпром нефть»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование производственных технологий и процессов» Центра НТИ СПбПУ (НОЦ «Газпромнефть-Политех»)

Руководитель проекта: Кривцов А.М., д. ф.-м. н., заведующий Лабораторией, директор НОЦ «Газпромнефть-Политех», член-корреспондент РАН, директор Высшей школы теоретической механики СПбПУ



ПОВЫШЕНИЕ КПД ТУРБОАГРЕГАТОВ

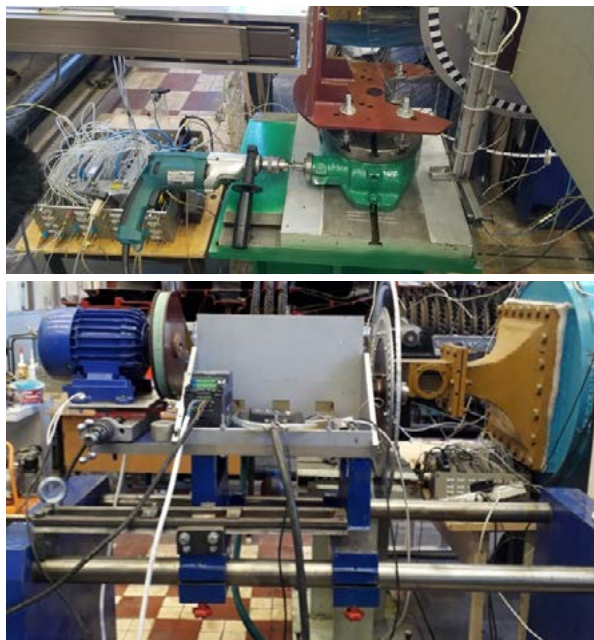
В лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» работают над повышением КПД турбоагрегатов максимально достижимой единичной мощности.

В настоящий период времени российская промышленность выпускает турбины мощностью 1000–1200 МВт. Повышение КПД турбоагрегатов даже в пределах 1,0–1,5% приводит к значительной экономии топлива и снижению негативного влияния на экологию. Основной путь повышения КПД энергетических установок – совершенствование аэродинамических характеристик проточных частей турбомашин. Важную роль в процессе проектирования проточных частей турбомашин играет как численный, так и физический эксперимент.

Целью проекта является разработка методики измерений параметров трехмерного нестационарного потока в проточной части турбомашин, которая учитывает влияние периодической нестационарности течения на показания пневмоприемников.

Задачи проекта:

- > модернизация существующего тарировочного стенда ТС-1 путем дополнения его генератором периодической нестационарности потока;
- > проведение экспериментов по тарировке пневмозондов при различных числах Маха в потоке с различными значениями характеристик периодической нестационарности течения (частоты, амплитуды и формы импульса возмущений в потоке);
- > получение новых тарировочных характеристик пневмонасадков, учитывающих параметры периодической нестационарности потока;
- > разработка алгоритма и программы перехода через новые тарировочные зависимости при обработке экспериментальных данных траверсирования трехмерного нестационарного потока в проточной части турбомашин.



Калибровочный стенд ТС-1М

Результатом решения проектных задач станет создание новой методики измерения параметров трехмерного нестационарного течения в проточной части турбомашин, обеспечивающей повышенную точность экспериментальных полей параметров потока.

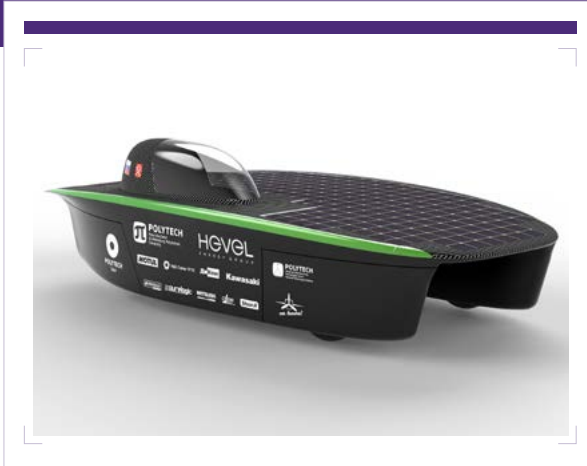
В числе дальнейших работ по проекту: проведение калибровки 3D-пневмозондов в периодически нестационарном потоке; разработка и валидация CFD-модели обтекания насадков 3D-пневмозондов; разработка методики калибровки 3D-пневмозондов в периодически нестационарном потоке; разработка и валидация CFD-модели струи калибровочного стенда ТС-1М.

Проект: Экспериментальные и численные исследования аэродинамики вариантов конструкции системы «Ступень – Диффузор» ГТЭ-65

Заказчик: ПАО «Силовые машины»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» Центра НИИ СПбПУ

Руководитель проекта: Черников В.А., д.т.н., профессор Высшей школы энергетического машиностроения СПбПУ



ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ СОЛНЦЕМОБИЛЬ

Молодежное конструкторско-технологическое бюро Инжинирингового центра СПбПУ разрабатывает **автомобильную платформу электромобиля на солнечных батареях** для эксплуатации на дорогах общего пользования.

При проектировании акцент делается на оптимизации расхода энергии, создании выгодной аэродинамической формы кузова и уменьшении массы конечного кастомизированного прототипа. Активное участие в проекте принимают участники консорциума Центра НТИ СПбПУ, в частности, *ГК «ХЕВЕЛ»* и *Средне-Невский судостроительный завод*.

1. Проведен глубокий реинжиниринг прототипа:

- > Разработаны новые *легкосплавные* силовые элементы задней подвески с применением топологической оптимизации и последующей адаптацией к локальной производственной базе.
- > Стальная силовая конструкция заменена на оптимизированную *алюминиевую*, что позволило снизить массу конструкции более чем на **20%**.
- > Спроектирована и произведена из *композитного материала* (углепластик) крышка кузова прототипа, на которой размещаются солнечные панели.

2. В солнцемобиле применены солнечные модули нового типа с КПД **23%**.

3. Разработаны программные продукты:

- > Программа для определения границ проезжей части на основе распознавания видеопотока.
- > Программа для вычисления оптимального плана использования электромобиля на солнечных панелях на основе *прогноза о приходящей и расходуемой энергии*.



3D-модель солнцемобиля

Одна из основных задач проекта – обучение молодых политехников передовым технологиями проектирования и производства автотранспорта, в числе которых: разработка цифрового двойника, вакуумная инфузия, литье пластика, 3D-печать металлом и другие.

«Проект является демонстратором ультрасовременных технологий проектирования и производства. Примененные технологии и использованные материалы будут массово интегрированы в автоиндустрию в ближайшие годы. Безусловно, предлагаемые технические решения могут привести новые качества в автомобильную индустрию», – считает руководитель проекта Евгений Захлебаев.

Проект: Разработка методов цифрового проектирования в рамках создания экспериментального образца первого российского солнцемобиля

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) Центра НТИ СПбПУ Молодежное конструкторско-технологическое бюро (Научная часть)

Руководитель проекта: Захлебаев Е.А., заместитель директора Молодежного конструкторско-технологического бюро Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ



ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специалистами Научно-технологического комплекса (НТК) «Новые технологии и материалы» разработаны новые методы тестирования инновационных материалов в нефтепромысловых условиях.

Разработанные методы основаны на физическом моделировании экстремальных условий эксплуатации, включающих коррозионное, коррозионно-эрозионное, коррозионно-механическое, механическое воздействие эксплуатационных условий на инновационные материалы покрытий нефтепромыслового оборудования.

Результаты работ:

1. Определены ключевые факторы, влияющие на надежную работу инновационных материалов в нефтепромысловых условиях и разработаны физические модели данных процессов.
2. Изучены механизмы диффузии газов для инновационных материалов разных классов.
3. Определены методы тестирования для достоверной оценки работоспособности инновационных материалов на основе металлокомпозитов, полимеров, силикатно-эмалевых материалов.
4. Разработаны критерии и усовершенствована нормативная база заказчика в отношении требований, методов тестирования, квалификационных критериев и безопасной эксплуатации изделий с инновационными материалами.



Автоклавы для испытаний

Заместитель директора НТК *Никита Шапошников*: «Методы физического моделирования экстремальных условий эксплуатации и глубокая аналитика полученных результатов позволяют нам прецизионно подойти к изучению жизненного цикла ответственного оборудования, изделия и материала. Эти подходы были разработаны и применены в рамках данного проекта для нефтепромыслового оборудования, где мы с нашим заказчиком разработали систему критериев, факторов надежности и классификатор инновационных материалов. Все это формирует инфраструктуру эффективного внедрения и обеспечения надежной эксплуатации изделий из инновационных материалов».

Результаты работ позволят снизить сроки проектирования добычного оборудования, выбрать адресное экономически и технологически эффективное решение, повысить качество технико-экономического обоснования при проектировании систем надежности, разработки инновационных материалов с заданными свойствами и их выбора для защиты нефтепромыслового оборудования в экстремальных условиях эксплуатации.

Проект: Разработка новых методов тестирования и физического моделирования для внедрения инновационных материалов с целью защиты и повышения ресурса нефтепромыслового оборудования

Заказчик: Научно-Технический Центр «Газпром нефти»

Исполнитель: Научно-технологический комплекс (НТК) «Новые технологии и материалы» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Шапошников Н.О., заместитель директора НТК Центра НТИ СПбПУ



КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И КИБЕРУСТОЙЧИВОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сотрудниками Специализированного центра защиты информации реализуется проект, нацеленный на решение проблемы обеспечения кибербезопасности и киберустойчивости Цифровых фабрик в рамках концепции «Индустрия 4.0».

Проект стартовал в 2018 году и направлен на развитие технологического базиса кибербезопасности и функционально-структурной киберустойчивости цифрового производства и автоматизированных компонентов управления киберфизических систем Цифровых фабрик.

Результатами проекта являются имитационные модели безопасности сетевой инфраструктуры Цифровой фабрики, комплексы методов и алгоритмов активной киберзащиты IIoT, интеллектуальные методы обнаружения и предупреждения актуальных киберугроз, направленных на нарушение непрерывного функционирования сред обмена и управления цифровыми моделями изделий (цифровых двойников), методы оценки киберустойчивости инфраструктуры и систем управления на основе анализа больших данных, программные средства и прототипы создаваемых решений, сопроводительная документация и новые учебно-методические материалы.

В рамках проекта впервые разработаны:

- > новые гибридные нейросетевые модели, используемые для выявления киберугроз в распределенной инфраструктуре Цифровой Фабрики Будущего в реальном масштабе времени с высокой точностью до 99%;
- > комплекс методов и алгоритмов распределенного сбора, предварительной обработки и эвристического анализа для обнаружения аномалий в больших данных широкополосной сетевой инфраструктуры Цифровой Фабрики Будущего при пропускной способности сетевых интерфейсов до 1 Тбит/с;

- > комплекс природоподобных гомеостатических моделей, методов и алгоритмов адаптивного управления функциональной структурой Цифровой Фабрики Будущего объемом до 10 000 объектов.

Эффект заключается в обеспечении защиты от киберугроз в промышленных сетях, в повышении эффективности и надежности M2M (межмашинных) коммуникаций, сокращении простоев оборудования в результате кибератак на критически важные киберсреды.

«Уникальность результатов проекта обеспечивается сплавлением в единое решение таких новейших технологий, как искусственный интеллект, гибкие самоорганизующиеся сети, киберустойчивость и природоподобные алгоритмы. Впервые такой симбиоз позволяет заявить о новом уровне защиты в цифровой промышленности, что очень востребовано при создании новых безоператорных производств», – комментирует руководитель проекта Дмитрий Зегжда.

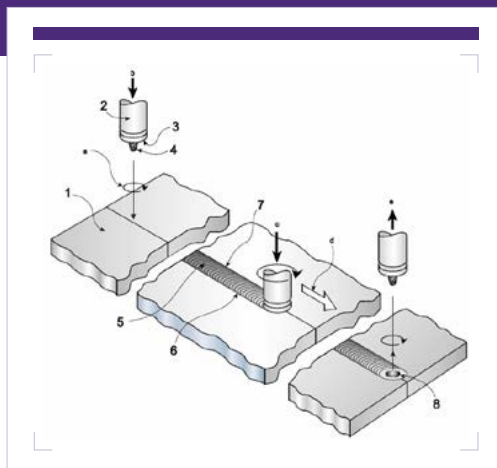
На следующем этапе планируется создание комплекса методов и средств управления функциональной структурой киберфизических систем Цифровой фабрики с использованием принципов архитектурного гомеостаза и саморегулирующихся сетей адаптивной топологии.

Проект: Кибербезопасность и киберустойчивость новых производственных технологий

Заказчик: Газпромнефть, Информинвестгруп, ООО «НеоБИТ», Bosch AG, LG Electronics

Исполнитель: Специализированный центр защиты информации Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Зегжда Д.П., д.т.н., профессор РАН, директор Высшей школы кибербезопасности и защиты информации СПбПУ



ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СВАРКИ ТРЕНИЕМ

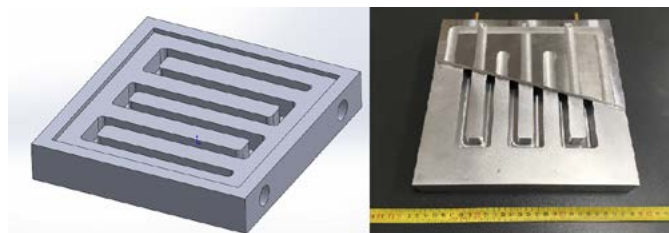
Специалисты лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» разрабатывают проект, объединяющий преимущества двух современных ресурсосберегающих технологий создания материалов и конструкций нового поколения для авиационной и космической отраслей промышленности, судостроения и энергетики.

Аддитивное электродуговое выращивание (WAAM) и сварка трением с перемешиванием (FSW) с использованием средств цифровой обработки позволяют наладить производство крупногабаритных элементов изделий из алюминиевых сплавов в различных отраслях. В проекте в качестве материалов используются проволоки из алюминиевых сплавов четырех систем легирования: *Al-Si*, *Al-Mg*, *Al-Mg-Si*, *Al-Mg-Mn*. Это позволяет изучить в рамках одного проекта возможность производства деталей, традиционно изготавливаемых из литых, деформируемых и термоупрочняемых сплавов.

В области аддитивного электродугового выращивания решены следующие задачи:

- > разработаны оптимальные высокопроизводительные режимы наплавки;
- > разработаны алгоритмы построения траектории перемещения робота с учетом пространственного положения как детали, так и самого робота, перекрытия валиков и прохождения углов и сложных участков;
- > выращены детали с учетом температурных режимов;
- > произведена оценка механических свойств и структуры выращенного металла.

Значения механических свойств выращенного по технологии WAAM металла всех систем легирования не уступают свойствам, заявленным в стандартах *ГОСТ 1583-93*, *ГОСТ 21631-76* и *ГОСТ Р 56371-2015*, а в ряде случаев значительно превосходят их.



Проточный теплообменник, изготовленный при помощи метода FSW, для отвода тепла деталей, выращиваемых методом электродугового выращивания

В области сварки трением с перемешиванием решены следующие задачи:

- > отработаны высокоскоростные режимы сварки соединений различных толщин;
- > исследованы особенности структуры металла сварного соединения;
- > разработана технология и произведены опытные образцы конструкции проточного теплообменника (в том числе используется для нужд WAAM);
- > разработаны цифровые трехмерные модели расходуемого инструмента, созданы опытные образцы двух видов для FSW, получен патент на полезную модель.

Анализ макро- и микроструктуры сварных соединений методом FSW показывает существенное измельчение зерна в ядре шва по сравнению с основным материалом (меньше в 5-8 раз, чем в основном материале).

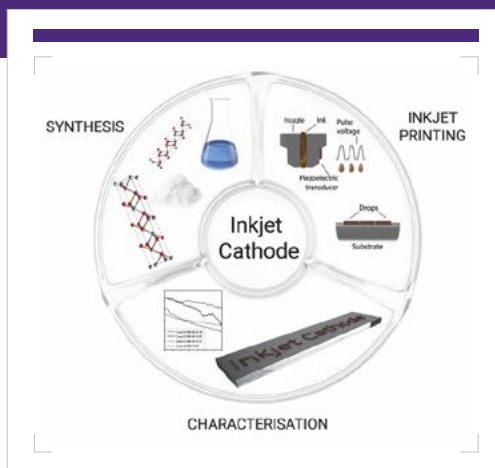
Проект: Разработка научно-технологических основ цифрового производства крупногабаритных элементов изделий из алюминиевых сплавов аддитивным электродуговым выращиванием и последующим их соединением методом сварки трением с перемешиванием

Источник финансирования: Министерство науки и высшего образования РФ (Соглашение № 14.575.21.0155 от 26.09.2017 г., УИП RFMEF157517X0155)

Индустриальный партнер: АО «Балтийская промышленная компания»

Исполнитель: Лаборатория «Синтез новых материалов и конструкций» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Попович А.А., д.т.н., профессор, научный руководитель Лаборатории



СТРУЙНАЯ ПЕЧАТЬ 3D-ЭЛЕКТРОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ГИБКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Специалистами лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» разрабатывается технология изготовления методом струйной печати миниатюрных литий-ионных аккумуляторов для биосенсоров, носимой электроники, устройств интернета вещей (IoT) и других гибких электронных устройств.

Для питания миниатюрных устройств используются литий-ионные аккумуляторы, изготовленные по традиционной технологии. Из-за технологических ограничений дальнейшее снижение их размеров невозможно. К числу возможных решений относятся, в частности, методы, используемые при изготовлении интегральных микросхем, а также различные способы печати.

Экспериментальные данные показали, что синтезированный катодный материал с повышенным содержанием лития, допированный калием, является наиболее перспективным для изготовления чернил. Частичное замещение лития на калий приводит к расширению диффузионных каналов и, таким образом, улучшает разрядные характеристики при повышенных скоростях циклирования.

Для получения печатных составов чернил с подходящими реологическими параметрами и предотвращения засорения сопла во время процесса струйной печати, состав чернил был оптимизирован путем добавления поверхностно-активных веществ. ВУК-9077 использован для коллоидной стабилизации компонентов чернил. Максимальная концентрация активного катодного материала в чернилах (0,03 мас.%) соответствовала требованиям, предъявляемым к чернилам. Вязкость коллоидных чернил регулировали добавлением PVDF (Solef - 5130).

Оптимальные параметры печати были определены экспериментально: расстояние между каплями – 15 мкм, скорость струи – 8 м/с (средняя скорость осаждения – 0,46 мкм на слой). По результатам электрохимических исследований печатных электродов в сравнении

с электродами, изготовленными по намазной технологии, выяснено, что полученные удельные разрядные емкости напечатанных катодов (240 мАч/г) сопоставимы со значениями разрядной емкости для электродов (255 мАч/г), изготовленных по стандартной технологии.

«Для разработки технологии печати электродов с заданными характеристиками необходимо проведение подбора параметров процесса, который требует решения множества задач, с привлечением исследователей, обладающих различными компетенциями, – комментирует ведущий научный сотрудник лаборатории Максим Максимов. – В результате комплексного исследования была показана возможность изготовления электродов на основе перспективного обогащенного литием и марганцем катодного материала с применением струйной печати. Установлено, что энергоемкость материала в составе напечатанного электрода и электрода, изготовленного по традиционной технологии, близки».

В ближайшем будущем планируется проведение исследований, результаты которых обеспечат дальнейшее увеличение энергоемкости напечатанных электродов и разрабатываемого экспериментального образца литий-ионного аккумулятора.

Проект: Разработка научно-технологических основ струйной печати 3D-электродов литий-ионных аккумуляторов для гибких электронных устройств

Заказчик: Zhejiang Changxing CHN-RUS New Energy and Material Technology Research Institute Co., Ltd., Китай

Исполнитель: Лаборатория «Синтез новых материалов и конструкций» Центра НТИ СПбПУ совместно с коллегами из Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (ИТМО) и Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе (ФизТех)

Руководитель проекта: Максимов М.Ю., ведущий научный сотрудник Лаборатории



ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специалисты лаборатории «Синтез новых материалов и конструкций» разрабатывают функционально-градиентные материалы и конструкции с переменной структурой, химическим составом и плотностью методами аддитивных технологий, а также цифровые технологии их моделирования.

Полученные результаты позволят снизить импортозависимость в части установок для аддитивного производства, решить сложившиеся системные проблемы в части создания опережающего научно-технического задела в области разработки, внедрения в серийное производство энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий изготовления и переработки конструкционных и функциональных материалов, включая комплексные системы защиты, с применением математического моделирования и компьютерного конструирования, обеспечивающих переход промышленности и экономики к следующему технологическому укладу при разработке глобально конкурентоспособных высокотехнологичных изделий.

Возможные потребители ожидаемых научных и научно-технических результатов: Объединенная двигателестроительная корпорация (в том числе АО «ОДК-Климов», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Авиадвигатель» и др.); Госкорпорация «Роскосмос»; Госкорпорация «Росатом» и другие.



Изготовленное сопло для выращивания функционально-градиентных материалов

Некоторые результаты 1–3 этапов проекта:

- > Сопло для газопорошкового прямого лазерного выращивания (ГППЛВ) функционально-градиентных материалов и конструкций.
- > Модернизированная установка ГППЛВ с защитной камерой, наклонно-поворотной системой и системами циркуляции, фильтрации и вентиляции защитного газа.
- > Прототип функционально-градиентной детали газотурбинного двигателя.
- > Компактные образцы функционально-градиентных материалов: материалы с градиентной плотностью, изготовленные методом ГППЛВ и сверхзвуковым лазерным напылением; структурно-градиентные материалы, изготовленные прямым лазерным выращиванием из проволоки.
- > Компактные образцы для конструкции имплантата медицинского назначения с градиентной плотностью.
- > Эскизная конструкторская документация на оснащение установки газопорошкового прямого лазерного выращивания функциями контроля и обратной связи.

Проект: Новые цифровые технологии моделирования и создания функционально-градиентных материалов и конструкций для аддитивного производства деталей и узлов с переменной структурой, химическим составом и плотностью

Источник финансирования: Министерство науки и высшего образования РФ (Соглашение 14.578.21.0245 от 26.09.2019 г., УИП RFMEFI57817X0245)

Индустриальный партнер: АО «Балтийская промышленная компания»

Исполнитель: Лаборатория «Синтез новых материалов и конструкций» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Попович А.А., д.т.н., профессор, научный руководитель Лаборатории



ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАСТОМИЗИРОВАННЫХ ИМПЛАНТОВ

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) участвуют в разработке методики цифрового проектирования и производства индивидуальных ортопедических имплантов на основе аддитивных технологий.

Инициативный проект реализуется совместно со специалистами НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, инженерами Центра НТИ СПбПУ и исследователями НИЛ «Биомеханика» ТиПМ ИГЭУ. В числе ключевых задач – разработка методики создания «умных» цифровых моделей кастомизированных эндопротезов высокой степени адекватности с возможностью отслеживания эволюции системы «сустав – имплант» на всем протяжении жизненного цикла.

На текущем этапе завершены основные расчеты прочностных свойств нескольких типов имплантов, подтверждена адекватность разработанных эндопротезов, подготовлены рекомендации по оптимизации конструкций. В рамках данного проекта магистрант Института передовых производственных технологий СПбПУ, сотрудник Центра НТИ СПбПУ и участник проекта *Илья Зелинский* защитил магистерскую диссертацию, посвященную оценке напряженно-деформированного состояния системы «скелет – эндопротез» после установки индивидуального эндопротеза при ревизионной операции; три студента ИГЭУ защитили бакалаврские выпускные работы и продолжают научно-исследовательскую работу в магистратуре.

С 2015 по 2020 гг. в НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена под руководством директора, д.м.н., профессора *Рашида Муртузалиевича Тихилова* проведено около 200 операций по имплантации индивидуальных конструкций.

«Мы начали с цифрового моделирования имплантов и расчетов их прочности, – говорит руководитель проекта от Центра НТИ СПбПУ *Михаил Жмайло*. – Теперь, когда базовая задача решена, необходимо сформировать методику, позволяющую значительно ускорить расчетные проверки импланта

(с шести месяцев до одного), а также снизить стоимость эндопротеза как в проектировании, так и в производстве, чтобы технология могла использоваться «на потоке».

Одним из основных барьеров для широкого применения технологии является трудоемкость разработки и отсутствие необходимых специалистов в клиниках, а также дороговизна лицензий специального программного обеспечения.

«Подобные разработки – очень наукоемкие, сложные, требующие кропотливой работы при подготовке цифровых моделей, – комментирует *Леонид Маслов*, доктор физ.-мат. наук, заведующий кафедрой ТиПМ ИГЭУ, ведущий научный сотрудник Центра НТИ СПбПУ. – Сейчас тестируется ПО нового уровня, использующее бессеточный численный метод, который пока не применяется в России. Это позволит повысить качество моделей, ускорить расчеты и значимо удешевить технологию».



Ацетабулярный компонент кастомизированного титанового эндопротеза, произведенный с применением аддитивных технологий

Проект: Цифровое проектирование и аддитивное производство кастомизированных имплантов (период: 2015-2020 гг.)

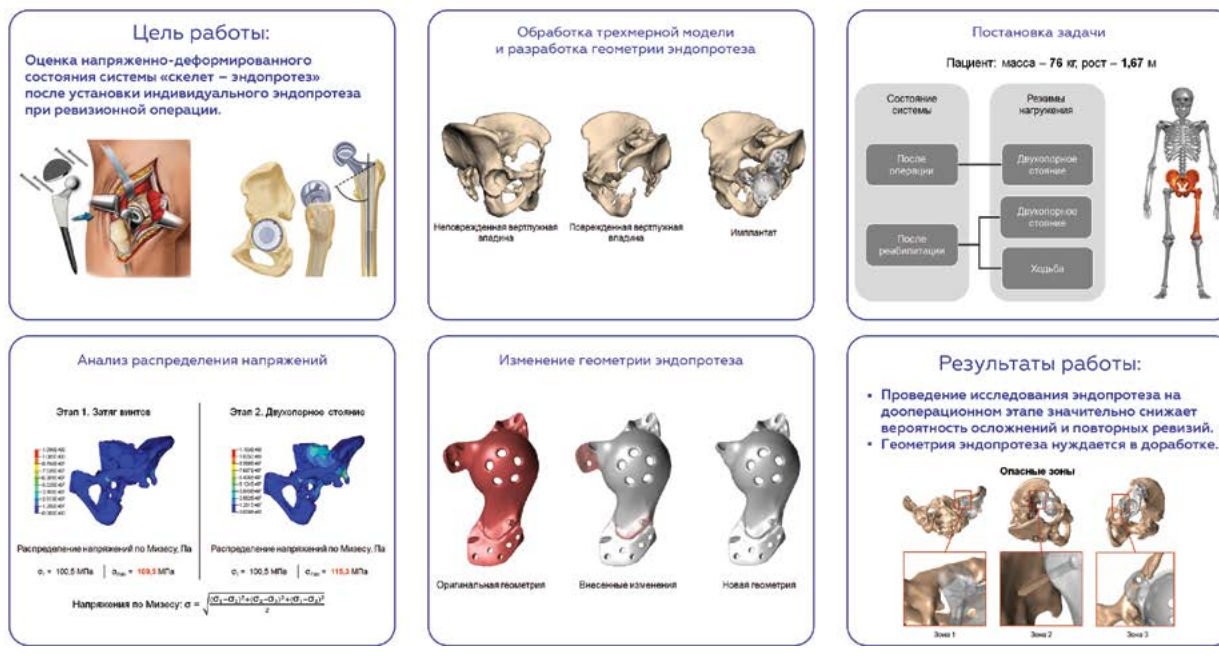
Заказчик: Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена

Исполнители: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) (ИЦ «ЦКИ») Центра НТИ СПбПУ; кафедра теоретической и прикладной механики Ивановского государственного энергетического университета (ТиПМ ИГЭУ)

Руководитель проекта от Центра НТИ СПбПУ: Жмайло М.А., ведущий инженер, руководитель направления топологической оптимизации и аддитивного производства

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 15.04.03 «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА» (магистерская программа 15.04.03_07 «Компьютерный инжиниринг и цифровое производство») «Конечно-элементное моделирование и исследование механики тазобедренного сустава при установке индивидуального эндопротеза», СПб, СПбПУ, 2018, 63 стр.

Выполнил студент **Зелинский И.А.**
Руководители:
доцент, к.т.н. **Немов А.С.**,
ведущий инженер **Жмайло М.А.**



Ключевые физико-биологические вызовы, стоящие перед разработчиками, заключаются в необходимости замены имплантов по истечении определенного периода времени, уникального для каждого пациента. Если в большинстве случаев при неосложненных повреждениях и заболеваниях сустава возможно стандартное протезирование, то при повторных операциях («вторичное эндопротезирование»), особых нарушениях развития, последствиях сложных травм, обширных разрушениях костей необходимо индивидуальное моделирование с учетом анатомии пациента. Особую категорию составляют пациенты, перенесшие хирургическое вмешательство в связи с онкологическими заболеваниями, при котором стандартные эндопротезы неприменимы из-за большого объема удаленной костной основы.

Кроме того, в эндопротезировании встал вопрос на порядок более сложный: возможно ли моделирование поведения не только конструкций, но и костных тканей в условиях циклической нагрузки? Несмотря на то, что эта область выходит за пределы собственно инженерных задач, участники разработки остаются частью проектной команды.

«Целесообразно объединять смежные области: биомеханику, технологии захвата движения, инжиниринг, а в перспективе – биологию, гистологию и другие медицинские субспециальности, – уверен Антон Коваленко, к.м.н., врач травматолог-ортопед, научный сотрудник лаборатории трехмерного прототипирования НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена. – Любые эндопротезы имеют определенный ресурс, у части пациентов их приходится менять. Наиболее упрощенный пример – пломбы в тканях зубов. Другое дело – иметь возможность установить эндопротез не просто титановый или полимерный, а биологический, обладающий, как живая ткань, свойствами к восстановлению в условиях износа. Такие задачи направлены далеко в будущее. В настоящее время целью является восстановление сустава с помощью уже доступных технологий с обеспечением его максимально длительного функционирования. Тем не менее текущее исследование – это один из шагов по направлению к идеальному варианту разрешения проблемы. Необходим поиск таких решений в связке академической и прикладной науки – в том числе на основе наших результатов, которые во многом для России уникальны».



ИННОВАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Специалисты лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» (МТП и ПЭО) реализовали проект, демонстрирующий новые возможности создания турбокомпрессорных блоков энергетических углекислотных установок.

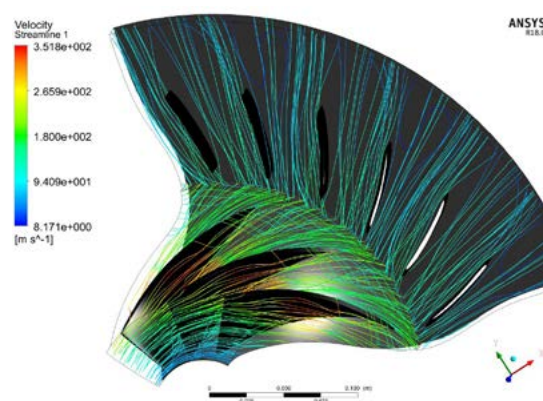
Исследования углекислоты как возможного рабочего тела замкнутых газотурбинных установок были начаты еще в 1960-х годах, однако до последнего времени не имелось технологий получения конкурентоспособных установок. Основными достоинствами углекислоты как рабочего тела энергетических установок (ЭУ) являются высокие значения КПД при относительно низких температурах (до 700° С), а также компактность турбомашин и других элементов тепловой схемы.

В последнее десятилетие интерес к углекислотному теплоносителю существенно возрос – в теплоэнергетике, ядерной энергетике и энергетике на основе возобновляемых источников. При этом основное внимание уделено термодинамическим циклам при сверхкритическом давлении рабочего тела. Аналогичные работы проводятся в Канаде, Японии, Корею, Китае, США, странах Евросоюза.

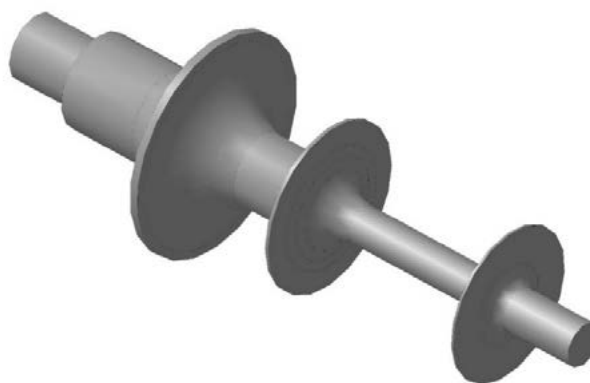
Специалистами лаборатории МТП и ПЭО на основе полученных теоретических чертежей и 3D-моделей, созданных с учетом расчетной оптимизации, были выполнены компоновки турбокомпрессорных блоков, включающих высокооборотные малорасходные турбины, высокооборотные компрессоры, подшипниковые узлы и уплотнения.

«Работы по созданию утилизационных и котло-турбинных углекислотных энергоустановок – настоящий вызов самым современным теплоэнергетическим технологиям, включая парогазовые и угольные установки со сверхкритическими параметрами пара и газификацией топлива, – говорит руководитель проекта Виктор Рассохин. – Подобные разработки помогут осуществить технологический прорыв по созданию нового поколения энергетического оборудования, чтобы получать дешевую и экологически чистую энергию».

Дальнейшие расчетно-экспериментальные исследования позволят увеличить значения электрической мощности рассматриваемых установок.



CFD-расчет радиально-осевого компрессора



Ротор углекислотной установки

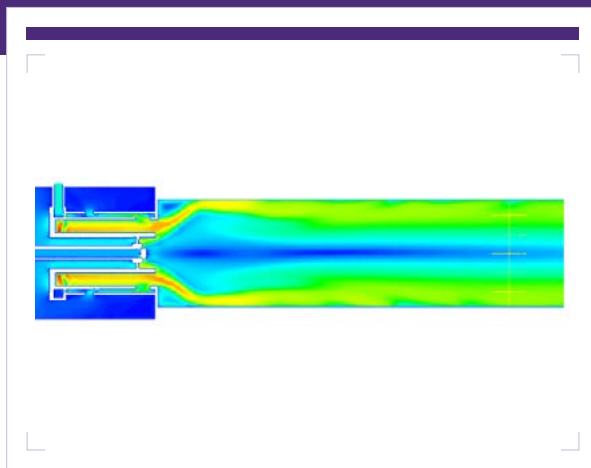
Проект: Выполнение предварительных (оценочных) газодинамических и прочностных расчетов компрессоров и турбин с определением геометрических параметров элементов проточной части и массогабаритных характеристик компрессоров и турбин для опытно-промышленной и утилизационной CO₂-ЭУ

Заказчик: ОАО «НПО ЦКТИ им. И.И. Ползунова»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Рассохин В.А., д.т.н, проф., ведущий научный сотрудник Лаборатории

Ответственный исполнитель: Барсков В.В., к.т.н., старший научный сотрудник Лаборатории

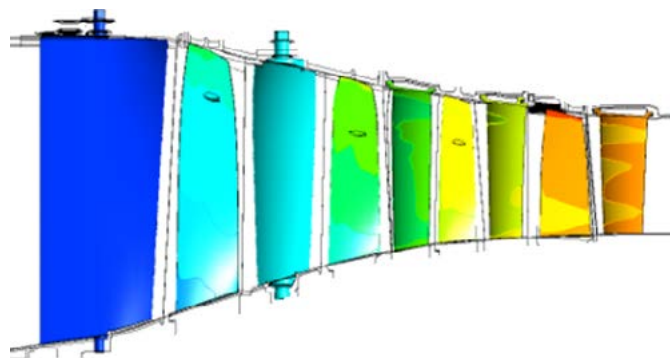


ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Инженеры Центра НТИ СПбПУ завершили первый этап проекта по разработке глобально конкурентоспособных газовых турбин мощностью 25 МВт для газоперекачивающих агрегатов.

Задачей проекта стала разработка технических решений и прототипов устройств – камеры сгорания (КС) и компрессора низкого давления (КНД) – для создания газовых турбин на основе цифровых двойников разрабатываемых устройств со снижением выбросов CO и NOx на выходе из КС до уровня 25–30 PPM, а также повышением КПД КНД на 1–2% с сохранением запасов устойчивости.

Ранее в рамках работ с АО «Казанское моторостроительное производственное объединение» (КМПО) и АО «ОДК-Климов» решались аналогичные задачи по расчетам характеристик компрессоров, разработке мероприятий по снижению эмиссии в КС и созданию цифровых двойников двигателей НК-38СТ и ТВ7-117СТ.



Распределение температур металла по лопаткам КНД

В результате реализации 1 этапа проекта:

1. Разработан виртуальный испытательный стенд (ВИС) КНД, проведены виртуальные испытания исходной конструкции КНД с целью определения его аэродинамических характеристик, теплового и напряженно-деформированного состояний.
2. Разработан ВИС КС, проведены виртуальные испытания исходной конструкции КС с целью определения ее газодинамического и теплового состояний с учетом процессов горения, а также эмиссии вредных веществ.
3. Проведена валидация разработанных ВИС по экспериментальным данным, показана удовлетворительная сходимость виртуальных и натурных экспериментов.

В рамках проекта использовались ресурсы Суперкомпьютерного центра «Политехнический» – каждое из более чем 140 виртуальных испытаний требовало

по 12 часов на 280 ядрах СКЦ (суммарно ~500 тыс. ядро-часов).

Всего за 2 месяца выполнено сопряженное моделирование аэродинамики, теплового состояния и процессов горения в трехмерной постановке. Осуществлено детальное моделирование характеристики компрессора с учетом радиальных зазоров, отборов, надроторных устройств и антивибрационных полок, а также автоматическое построение характеристики компрессора на базе массива CFD-расчетов.

«Основной задачей второго этапа работ станет разработка методики и оптимизации конструкции КНД и КС с целью обеспечения их параметров в соответствии с техническим заданием, – комментирует ответственный исполнитель проекта, заместитель руководителя отдела кросс-отраслевых технологий Центра НТИ СПбПУ Алексей Тихонов. – В дальнейшем разработанная методика может применяться для оптимизации как камер сгорания, работающих на природном газе, так и любых высоконагруженных осевых компрессоров».

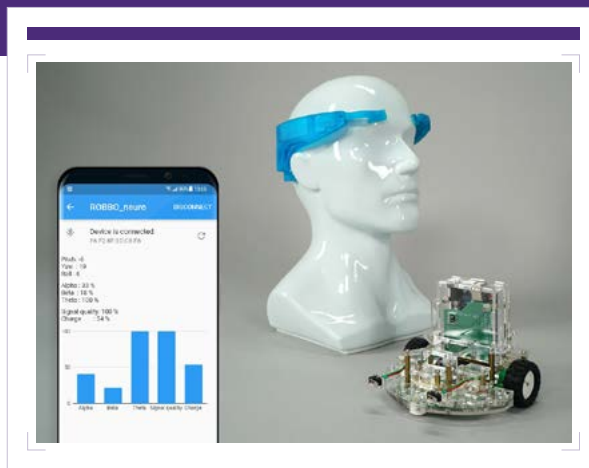
Проект: Разработка технических решений и прототипов устройств – камера сгорания, компрессор низкого давления для создания конкурентоспособных газовых турбин мощностью 25 МВт для газоперекачивающих агрегатов на основе цифровых двойников разрабатываемых устройств

Заказчик: Минобрнауки России (ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы»)

Индустриальный партнер: ОКБ им. А. Люльки (ПАО «ОДК-УМПО»)

Исполнители: Центр НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Боровков А.И., проректор по перспективным проектам СПбПУ, руководитель Центра НТИ СПбПУ



ОТКРЫТАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕЙРОТРЕНАЖЕРОВ И НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ

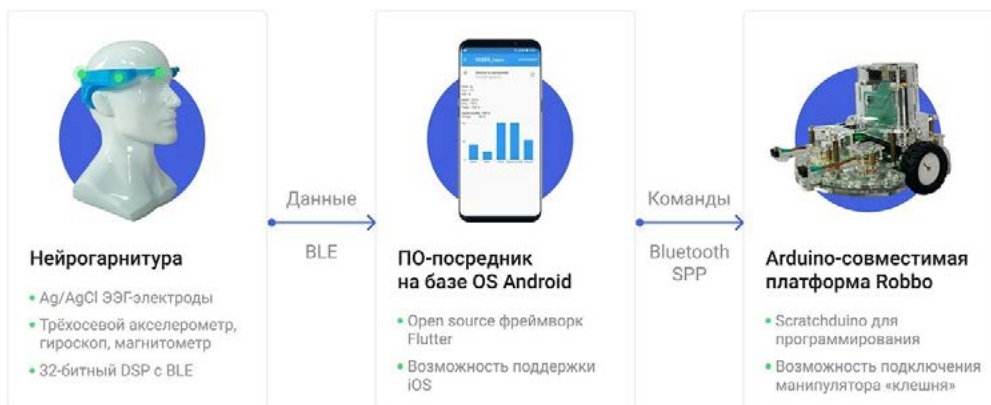
Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД) разработала аппаратно-программный комплекс для снятия сигналов мозга и генерации на их основе управляющего воздействия на внешнее устройство.

Снятие, предварительная обработка и анализ сигналов производятся на аппаратной части нейрогарнитуры, а управление роботизированной платформой осуществляется путем беспроводной передачи по Bluetooth с использованием BLE-модуля. Для связи и транслирования команд реализовано собственное приложение на OS Android, обеспечивающее прием и передачу данных от гарнитуры к устройству.

Аппаратно-программный комплекс создан для образовательных целей в сфере робототехники и будет актуален как для школьников и студентов, так и для разработчиков, решающих задачи по созданию нейроинтерфейсов и нейротренажеров. Открытое программное и аппаратное обеспечение позволит пользователям детально разобраться в работе этого устройства и создавать свои на основе данного конструктора, используя уже отлаженные программные и аппаратные модули.

«Платформа найдет применение не только в образовательной, но и в социальной и коммерческой сферах, – считает заведующая лабораторией ПСПОД Центра НТИ СПбГУ Марина Болсуновская. – К примеру, есть интерес со стороны организаций, работающих с людьми с ограниченными возможностями здоровья. Нейрогарнитура позволяет управлять техническими средствами передвижения с помощью сигналов головного мозга».

Проект реализован в сотрудничестве с коммерческим партнером – компанией «Линукс Формат» – при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям. Запуск производства намечен на второй квартал 2020 года. Первым заказчиком нейроконструктора станет международная сеть школ робототехники «РОББО Клуб», в которую входит 130 кружков в России и за границей. Разработка будет использоваться для обучения детей созданию систем управления роботами с помощью сигналов мозга.



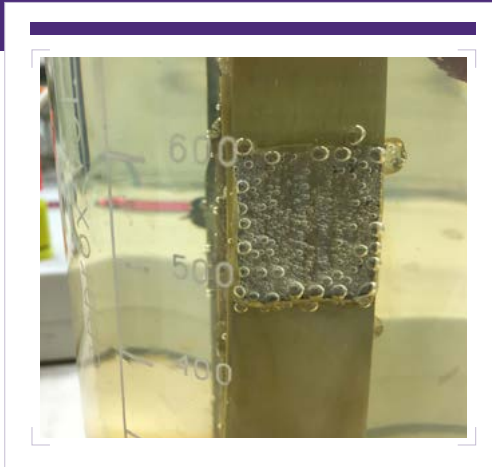
Принцип работы аппаратно-программного комплекса

Проект: Разработка открытой платформы для создания нейротренажеров и нейроинтерфейсов

Заказчик: ООО «Линукс Формат» (Linux Format)

Исполнитель: Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбГУ

Руководитель проекта: Болсуновская М.В., к.т.н., доцент, заведующая Лабораторией



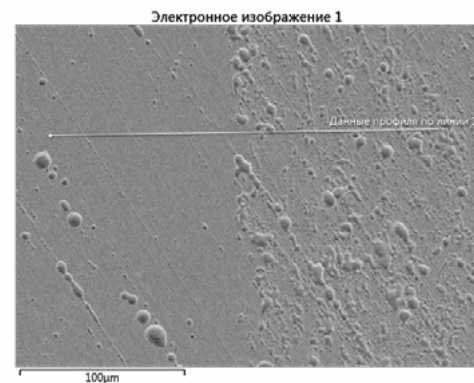
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В рамках научно-технологического сотрудничества с ПАО «Северсталь» специалисты Научно-технологического комплекса (НТК) «Новые технологии и материалы» разрабатывают **инновационные функциональные покрытия**.

Разработка ведется с применением технологий холодного газодинамического напыления порошковых материалов, сверхзвукового газопламенного напыления и электро-химического осаждения на основе дисперсий железо-хромовых сплавов и углеродных материалов (графен, модифицированные сажи, наночастицы). Данные покрытия являются инновационными как по составу, так и по методам нанесения и разрабатываются с целью повышения эксплуатационной надежности оборудования и материалов, работающих в экстремальных природных условиях нефтегазовых месторождений, Арктических регионов, зон вечной мерзлоты.

В настоящий момент получены уникальные покрытия на основе композиции *Ni* (никеля) и *Co* (кобальта), проведены глубокие исследования и показаны существенные технологические преимущества, в том числе по значениям *коррозионной стойкости*, более чем в 6 раз превосходящим соответствующие значения применяемых сегодня материалов (13Cr). Разработанные функциональные покрытия технологически и экономически эффективны при производстве оборудования для разработки и обустройства нетрадиционных запасов, коррозионного фонда, морских нефтегазовых месторождений.

За счет оптимального сочетания химического состава и технологий нанесения достигается высокая устойчивость данных покрытий к различным факторам внешней среды. Разработанная система покрытий отличается одновременным повышением коррозионной стойкости, износостойкости – как процессам трения, так и эрозионному износу, перепаду давлений и температур – с сохранением механической прочности. Таким образом, разработанные покрытия повышают технологичность и надежность существующего оборудования



Электронное изображение слоев покрытия из разных металлов

из традиционных материалов и обеспечивают необходимые технические характеристики при относительно невысокой, по сравнению с применяемыми высоколегированными материалами, стоимости.

«Рынок диктует необходимость разработки экономически эффективной продукции, обладающей высоким эксплуатационным ресурсом. Для определенной категории природных условий, характеризующейся большим набором внешних факторов, влияющих на ресурс и надежность, мы реализуем направление, связанное с адресной разработкой инновационных функциональных покрытий. Одним из таких примеров являются работы с компанией «Северсталь», – комментирует Никита Шапошников, заместитель директора Научно-технологического комплекса «Новые технологии и материалы» Центра НТИ СПбПУ.

Проект: Создание инновационных металлизационных покрытий из перспективных материалов для эксплуатации в экстремальных природных условиях

Заказчик: ПАО «Северсталь»

Исполнитель: Научно-технологический комплекс «Новые технологии и материалы» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Шапошников Н.О., заместитель директора Научно-технологического комплекса «Новые технологии и материалы»



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ АДГЕЗИИ БИТУМА К ЩЕБНЯМ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Специалисты группы аппаратной разработки лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» (ПСПОД) создали **аппаратно-программный комплекс и методику для определения адгезии битума к щебням различной природы.**

Проект направлен на разработку аппаратно-программного комплекса (АПК) для автоматизации оценки площади покрытия битумом щебней различной природы. АПК представляет собой закрытый лабораторный прибор с выдвижным лотком, в котором размещаются образцы, а также методику количественного определения степени адгезии битумного материала к щебню, которое осуществляется посредством измерения площади остаточного покрытия битумом щебня после проведения испытаний. Измерение производится с применением *технологии машинного зрения.*

На сегодняшний день на рынке отсутствуют полные аналоги разработанного АПК. Существующие в России и за рубежом программные решения применяются лишь в научных лабораториях и определяют площадь покрытия битумом щебня с различной точностью, что не дает репрезентативной выборки. Разработанный АПК унифицирует получаемые результаты, что позволит проводить корреляцию результатов, полученных на приборах, расположенных в разных точках мира.

Александр Болдырев, руководитель службы ИТ ЗАО «Амдор»: «Адгезионные свойства битума при производстве асфальтобетона являются важным фактором, определяющим качественные и эксплуатационные характеристики дорожных покрытий и их долговечность. По существующим ГОСТам адгезионные свойства определяются как степень покрытия щебня битумом после кипячения в воде или вращения в бутылках с водой по EN-методам. Эти методы основаны на визуальной оценке степени покрытия щебня и являются качественными методами, не дающими возможности получать количественную оценку с достаточной надежностью. В связи с этим была поставлена задача, которую до нас никто не ставил: разработать новый АПК по оценке показателя степени покрытия щебня битумом. Группой компаний «Амдор» было принято решение разрабатывать такой прибор совместно с лабораторией ПСПОД, и задача была успешно выполнена. Данный прибор позволит в будущем усовершенствовать лабораторные методы оценки, появится возможность сравнивать различные каменные материалы и битумы по показателю сцепления с существенно меньшей погрешностью, чем на данный момент».

Преимущества АПК

- > соответствие ГОСТ 12801-98 и EN 13614:2011;
- > исключение человеческого фактора при визуальной оценке площади покрытия, как следствие – существенное снижение погрешности измерений (с 20 до 5%);
- > высокая точность и повторяемость результата экспериментов (98–100 %);
- > постоянный доступ к результатам экспериментов;
- > единовременная оценка группы образцов (до 10 шт.);
- > сокращение времени на оценку площади покрытия (до 2 минут);
- > портативность комплекса.

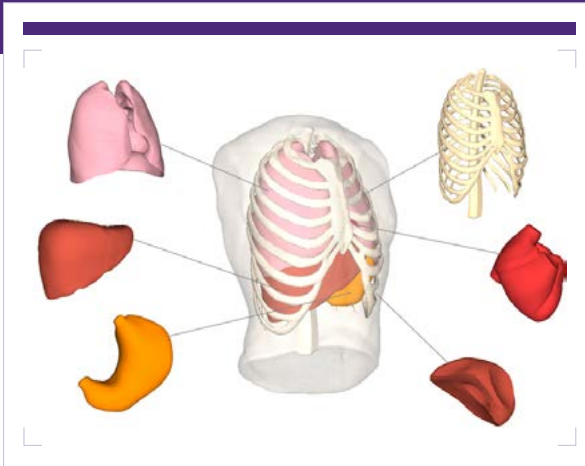
Проект: Разработка методики и аппаратно-программного комплекса для определения адгезии пленки битума на щебнях различной природы

Заказчик: ЗАО «Амдор»

Исполнитель: Лаборатория «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ

Соисполнитель: ООО «Тетракуб»

Руководитель проекта: Лексахов А.В., технический руководитель Лаборатории

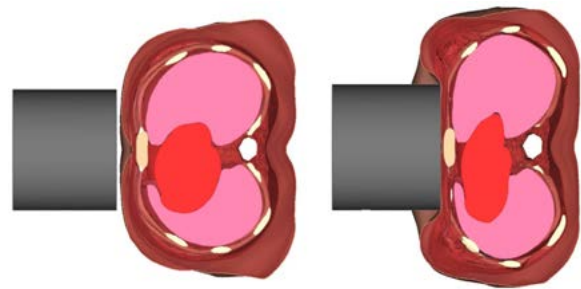


МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ТОРСА ПРИ ВНЕШНЕМ МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

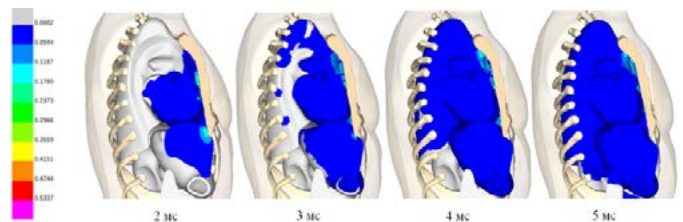
Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) разработали полномасштабную **расчетную модель человеческого торса** для оценки поведения внутренних органов при внешнем механическом воздействии.

В ходе проекта на основе данных обследования МРТ были созданы расчетные модели внутренних органов и костей, математические модели биологических материалов, разработан и реализован алгоритм обработки графиков давлений и ускорений, проведено более 100 численных испытаний, позволяющих сформировать критерии оценки тяжести травм внутренних органов при обстреле поражающими элементами. Разработана программа, позволяющая автоматизировать проведение соответствующих виртуальных испытаний и их оценку.

«Разработка средств индивидуальной защиты человека всегда была и будет задачей с высоким приоритетом, – говорит руководитель проекта, заместитель начальника отдела разработки автомобилей и техники ИЦ «ЦКИ» СПбПУ Николай Харалдин. – По мере развития науки появляется высокий спрос на проведение большого количества дорогостоящих, а иногда и невыполнимых натуральных экспериментов – в особенности когда речь идет о здоровье человека, вовлеченного в эти испытания. Цифровое проектирование открывает новые возможности для проведения испытаний и позволяет существенно сократить сроки на разработку новых прототипов и уменьшить материальные затраты на всех этапах разработки».



Моделирование удара цилиндрическим импактором в область грудной клетки



Результат цифрового моделирования: распределение поля напряжений внутри основных органов торса человека при ударе сферическим импактором в область грудной клетки

Дальнейшие этапы проекта

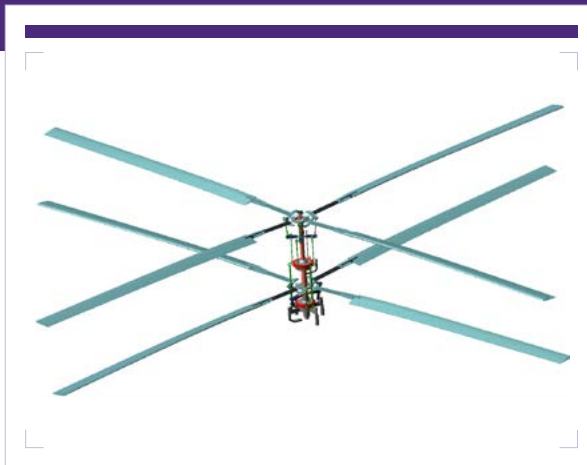
- > использование разработанной цифровой модели торса человека для оптимизации защитных структур;
- > оценка эффективности новых образцов бронезащиты с помощью разработанных критериев тяжести заброневого травмы;
- > увеличение детализации расчетной модели;
- > дополнительная проработка геометрической модели;
- > проработка математических моделей биоматериалов;
- > дальнейшее развитие критериев оценки травм человека.

Проект: Моделирование поведения внутренних органов торса человека при обстреле поражающими элементами

Заказчик: ООО «Специальная и Медицинская Техника»

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) (ИЦ «ЦКИ») Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Харалдин Н.А., заместитель начальника отдела разработки автомобилей и техники ИЦ «ЦКИ»



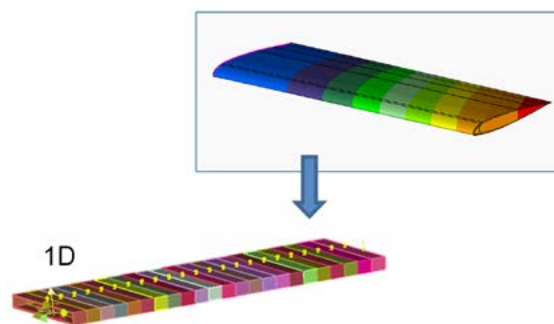
ВИРТУАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН «ВЕРТОЛЕТ»

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) разработали виртуальный испытательный полигон (ВИП) «Вертолет» для автоматизации работ по балансировке режимов полета вертолета.

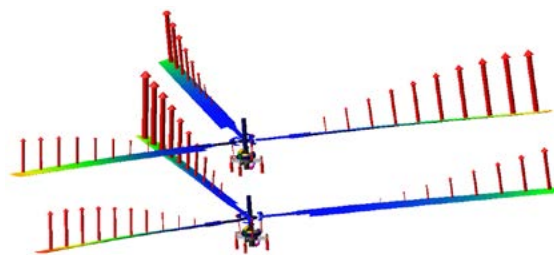
Инициативный проект включил в себя создание программных модулей автоматизации построения и обработки математической модели в динамике твердых тел несущего винта соосного вертолета. Разработка предполагает возможность внесения параметрических изменений в математическую модель несущего винта в случае изменения узловых точек или деталей несущей системы без потери работоспособности модели, а также преобразования данных, выводимых из ВИП, в удобный формат для построения полярных диаграмм аэродинамических нагрузок на сечения лопасти, что значительно облегчает изучение и проверку полученных режимов в процессе балансировки.

В сравнении с традиционными методами проектирования создание ВИП позволило значительно сократить время и стоимость разработки, повысить точность данных, учитывать упругость частей несущей системы при расчете полетных режимов и автоматически рассчитывать ее прочность.

«Создан инструмент, который позволяет индустрии вертолетостроения перейти к *Simulation based design*, – поясняет руководитель проекта, руководитель Отдела исследования и проектирования механизмов ИЦ «ЦКИ» СПбПУ Луис Леоро. – Сегодня при проектировании несущей системы вертолета и анализе его динамики сначала создается CAD-модель, а затем формируются математические модели. Наш продукт позволяет провести анализ динамики вертолета и его проектирование без CAD-моделей. В будущем рассматривается возможность дополнения разработанных модулей так называемой «динамической балансировкой». В отличие от традиционных методов (сравнение базы данных установившихся режимов) речь идет о проведении балансировки с учетом инерции вертолета вплоть до свободного полета при помощи математических моделей динамики твердых тел».



Расчет свойств пакетов композиционных материалов, используемых в рукаве лопасти винта



Расчет аэродинамических нагрузок на лопасти винта

В настоящий момент российские вертолетные компании не располагают универсальной автоматизированной методикой определения нагрузок на несущую систему соосного вертолета. Есть заинтересованность в создании программного модуля, способного в автоматизированном режиме создавать несущую систему и определять нагрузки на ее элементы для последующего расчета прочности.

Проект: Создание виртуального испытательного полигона «Вертолет»

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) (ИЦ «ЦКИ») Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Леоро Мендоза Хосе Луис, руководитель Отдела исследования и проектирования механизмов ИЦ «ЦКИ»



ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СТРУКТУР

Международный научно-образовательный центр «Балтико-ЛВМ-Политехник» завершил первый этап научно-исследовательской работы «Обзор и анализ алгоритмов для оптимизации веса ферменных конструкций с ограничением по прочности».

Основной задачей проекта является разработка программного обеспечения для оптимизации стержневых и вспомогательных конструкций внутри полых вытянутых тел сложной геометрии.

Результаты первого этапа работ:

- > проведено исследование методов стержневой и параметрической оптимизации;
- > составлен обзорный отчет о преимуществах и недостатках существующих методов стержневой оптимизации;
- > разработана программа для совместной оптимизации стержневых и вспомогательных конструкций.

Внедрение оптимизации в процесс проектирования изделий из дорогостоящих материалов позволит значительно снизить стоимость производства. Основным направлением развития программы на данный момент является оптимизация конструкции лопастей ветрогенераторов, что снизит их стоимость и позволит получать более дешевую экологически чистую энергию.

«Несмотря на широкое распространение коммерческого программного обеспечения для оптимизации конструкций, на практике далеко не любую задачу удастся решить в желаемой постановке. Одним из примеров таких задач является оптимизация стержневой структуры композитных конструкций, изготавливаемых немецкой компанией Baltico: если описывать все варианты этой структуры с помощью параметров, их получается слишком много для получения решения в разумные сроки. Реализованные в существующем программном обеспечении методы топологической оптимизации также оказываются не применимыми в полной



Оптимизация опорных пластин, областей крепления стержней лопастей ветрогенераторов

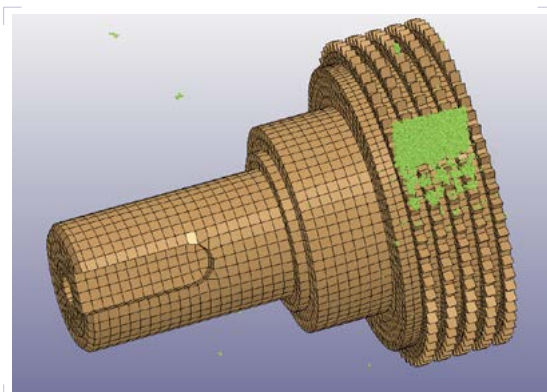
мере, так как не учитывают особенности конструкции и присутствующие ограничения. Для решения этих задач мы разрабатываем программное обеспечение, в которое включаем наиболее приспособленные для этого алгоритмы, адаптируя их под специфику проблемы и комбинируя между собой», – комментирует проект участник команды разработчиков, ведущий научный сотрудник УНИЛ «Вычислительная механика» (CompMechLab®) Александр Немов.

Проект: Development of a software tool for truss structures optimization – Разработка программного обеспечения для оптимизации стержневых структур

Заказчик: Baltico GmbH

Исполнитель: МНОЦ «Балтико-ЛВМ-Политехник» Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Карандашев А.Н., директор МНОЦ «Центр превосходства «Балтико-ЛВМ-Политехник»



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

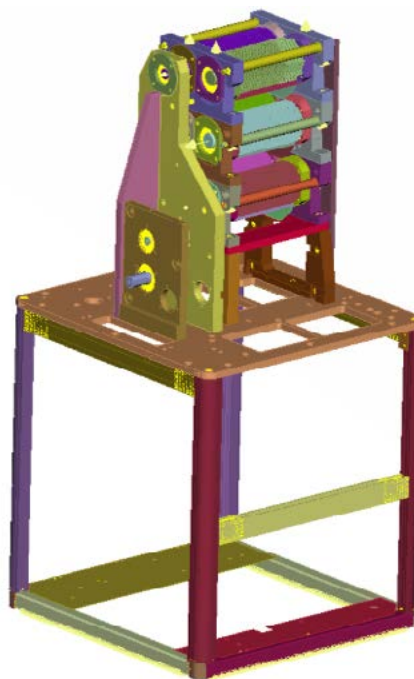
Сотрудники Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) провели научно-исследовательские работы по созданию **цифровой модели измельчителя** твердых носителей информации для ОАО «Ленполиграфмаш».

Задача НИР состояла в поиске причины заклинивания режущих валов в процессе измельчения CD. Решение задачи поможет ОАО «Ленполиграфмаш» выйти на отечественный и зарубежный рынки измельчителей офисного назначения с высоким классом секретности.

В результате реализации проекта:

- > создана цифровая модель измельчителя;
- > проведено численное моделирование процесса измельчения твердых носителей информации с помощью метода дискретных элементов;
- > создана кинематическая модель измельчителя;
- > проведено моделирование работы изделия в условиях заклинивания механизма резки;
- > проведена оценка жесткости и прочности конструкции измельчителя под действием сил сопротивления в процессе резки;
- > получены свойства измельчаемого объекта для моделирования с помощью метода дискретных элементов;
- > сформированы рекомендации к доработке конструкции изделия.

«В процессе создания цифрового двойника измельчителя применялись передовые технологии цифрового проектирования и виртуальных испытаний, – говорит руководитель проекта, заместитель начальника отдела ИЦ «ЦКИ» СПбПУ Центра НТИ СПбПУ Николай Харалдин. – Многолетний опыт и знания, накопленные и сконцентрированные в нашем Инжиниринговом центре, позволили в достаточно короткие сроки – за полтора месяца – решить поставленную задачу и предоставить уникальный способ моделирования процесса разрушения материала в подобных условиях».



Цифровая модель измельчителя твердых носителей информации

Оптимизация конструкции измельчителя на основе рекомендаций, выработанных специалистами Инжинирингового центра, позволяет обеспечить заданные технические характеристики изделия и тем самым повысить его конкурентоспособность по сравнению с аналогами.

В перспективе проекта – моделирование измельчения бумажных носителей информации, более детальное моделирование разрушения USB-накопителей и валидация соответствующих процессов.

Проект: Математическое моделирование динамической работы измельчителя твердых носителей информации

Заказчик: ОАО «Ленполиграфмаш»

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) (ИЦ«ЦКИ») Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Харалдин Н.А., заместитель начальника отдела ИЦ «ЦКИ»



СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Специалистами лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» (МТПиПЭО) спроектирован, изготовлен и запущен стенд **ЭЦК-55** для испытания моделей **центробежных компрессоров**.

Экспериментальный стенд ЭЦК-55 воплощает современные подходы проектирования и изготовления экспериментальных установок: высокоскоростной прямой электропривод с частотным регулированием, прецизионные подшипники качения, измеритель крутящего момента (торсиометр) для определения потребляемой мощности, высокоточные преобразователи-измерители давления.

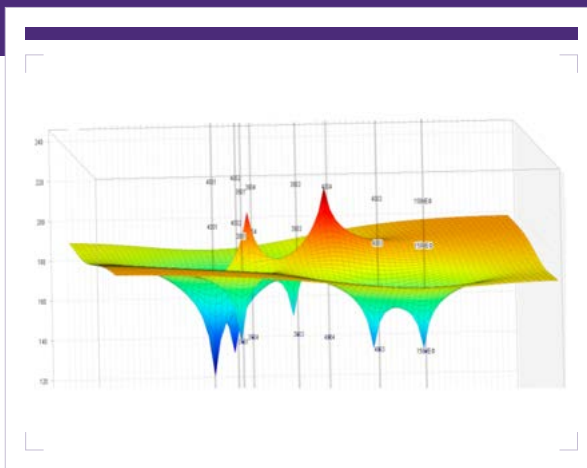
Стенд предназначен для определения газодинамических характеристик модельных ступеней: КПД, коэффициентов политропного и внутреннего напоров. Испытания могут проводиться на модельных ступенях промежуточного типа с условным числом Маха – 0,5, коэффициентом теоретического напора – 0,55, условным коэффициентом расхода в диапазоне от 0,015 до 0,15.

По сравнению с традиционными экспериментальными стендами, имеющимися сегодня в России, погрешность в точности проведения эксперимента на стенде составляет 0,1%, время проведения эксперимента по снятию одной газодинамической характеристики составляет 90–120 минут. Модульная конструкция стенда позволяет провести его модернизацию для испытания ступеней концевой типа.

Заведующий лабораторией МТПиПЭО Центра НТИ СПбПУ *Владимир Ядыкин*: «Возможности стенда позволяют проводить эксперименты с моделями дозвуковых центробежных компрессоров во всем диапазоне параметров проектирования. На стенде проводятся научные работы по исследованию газодинамических характеристик ступеней существующих центробежных компрессоров: по экспериментальной проверке наших разработок, по созданию базы данных характеристик модельных ступеней для проектирования новых компрессоров, по накоплению эмпирической информации для верификации математических моделей. На этом же стенде ведутся разработки новых модельных ступеней центробежных компрессоров в интересах ПАО «Газпром», ПАО «НОВАТЕК» и других предприятий и организаций нефтегазовой и химической отраслей промышленности».



Рабочее колесо модельной ступени центробежного компрессора конструкции лаборатории МТПиПЭО Центра НТИ СПбПУ



ПРОКСИ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛЕЖИ

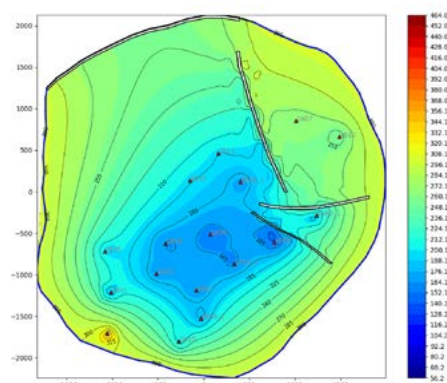
Специалисты лаборатории «Моделирование производственных технологий и процессов» (НОЦ «Газпромнефть-Политех») разрабатывают программный модуль, предназначенный для автоматизированного построения прокси-моделей для моделирования полей пластовых давлений и проводимости на основе учета фильтрации флюида в пласте.

В настоящее время карты пластовых давлений и проницаемости строятся без учета моделирования фильтрации в пласте и условия согласованности пластовых давлений и проницаемости. Разрабатываемый цифровой инструмент позволит не только в кратчайшие сроки строить согласованные карты по всем основным объектам картопостроения, но и дополнит недостающую информацию о межскважинной зоне.

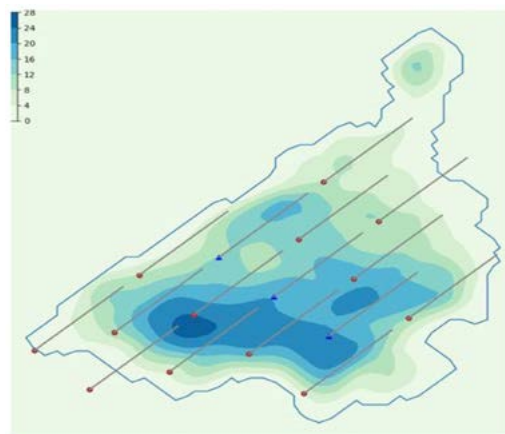
«От реализации проекта ожидается существенное повышение эффективности мониторинга и контроля разработки месторождений, – рассказал куратор проекта от НТЦ «Газпром нефти» Виктор Котежков. – В первую очередь, это увеличение добычи нефти за счет повышения эффективности ГТМ и создание расчетной библиотеки для детализированного построения прокси-моделей по результатам промысловых измерений».

Первый этап работ по поиску и оценке реализуемых технологий завершился в конце февраля 2020 года, в настоящее время проект находится на стадии разработки и тестирования прототипа программного модуля. Внедрение программного комплекса планируется в 2021 году.

«Мы провели тестирование прототипа на синтетических данных и на реальных данных Ореховского месторождения, – отметила ответственный исполнитель проекта Светлана Краева. – Также продолжим тестирование на данных, предоставленных дочерними сообществами компании «Газпром нефть». В частности, в ближайшее время планируется провести моделирование карт для крупных месторождений «Газпромнефть-Хантос», «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» и «Газпромнефть-Оренбург».



Поле давлений



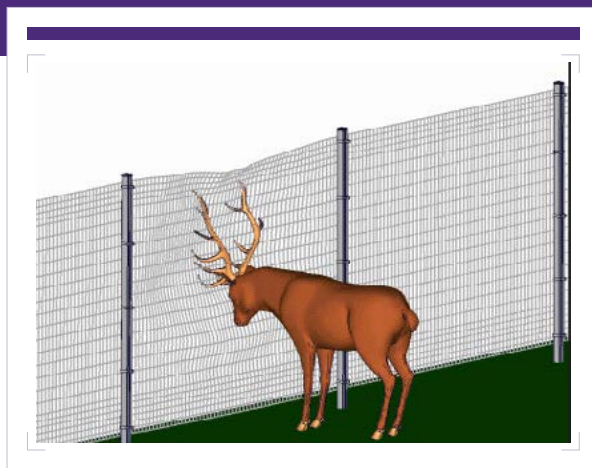
Прокси-модели полей пластовых давлений

Проект: Разработка программного модуля автоматизированного построения прокси-моделей для моделирования полей пластовых давлений и проводимости на основе учета фильтрации флюида в пласте

Заказчик: ООО «Газпромнефть НТЦ»

Исполнитель: Лаборатория «Моделирование производственных технологий и процессов» (НОЦ «Газпромнефть-Политех») Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Кривцов А.М., доктор физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН, заведующий Лабораторией



ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ЗАЩИТНЫХ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Специалисты Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) завершили проект, позволяющий внедрить на объектах транспортной инфраструктуры **эффективные конструктивные решения защитных дорожных ограждений** от несанкционированного выхода людей и диких животных.

Результаты проекта позволят снизить количество дорожно-транспортных происшествий и непроизводительного травматизма граждан. Применение разработанных конструктивных решений позволит снизить экономические потери государства.

В результате реализации проекта:

- > впервые проведено совместное с заказчиком исследование, результатом которого стало определение случаев воздействия на конструкции ограждения животных и человека;
- > разработана расчетная модель конструкции ограждения для проведения расчетных проверок;
- > выполнена антивандальная оценка конструкций;
- > проведена расчетная оценка влияния на конструкции природных воздействий для различных климатических зон (снег, наледь, ветровая нагрузка);
- > выполнена расчетная оценка влияния совместных воздействий на конструкцию (природных и антропогенных);
- > проведена многовариантная и многокритериальная оптимизация конструкции ограждения с учетом всех воздействующих факторов и целевых показателей.

Николай Харалдин, заместитель начальника отдела ИЦ «ЦКИ» Центра НТИ СПбПУ: «Нами применялись предоставленные ООО «ОКСО» уникальные исследования и статистика для определения технических характеристик безопасности, детально учитывающих поведение диких животных и антропогенный фактор. Затем проводились испытания на производстве с целью валидации полученных расчетных моделей. Результаты



Цифровое моделирование для проведения антивандальной оценки конструкции ограждений

показали высокую сходимость характеристик цифровой модели и реального изделия. Примененные в рамках проекта подходы позволили оценить технико-экономические показатели продукта на стадии конструирования и разработки проектной документации».

Юрий Данилов, генеральный директор ООО «ОКСО»: «Для реализации проекта были применены передовые технологии цифрового проектирования и виртуальных испытаний, в эффективности которых мы смогли убедиться. Опыт и знания специалистов Инжинирингового центра позволили оперативно выполнить поставленную задачу, подтвердить высокие технические характеристики нашего изделия и усилить его конкурентную привлекательность».

Проект: Многокритериальная оптимизация конструкции защитных дорожных ограждений с учетом природных и антропогенных воздействий

Заказчик: ООО «ОКСО» (ген. директор Данилов Ю.В., рук. тех. департамента Шестак К.М.) при участии ген. директора ООО «Геолойт» Шиковского В.С.

Исполнитель: Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) (ИЦ «ЦКИ») Центра НТИ СПбПУ

Руководитель проекта: Харалдин Н.А., заместитель начальника отдела ИЦ «ЦКИ»