

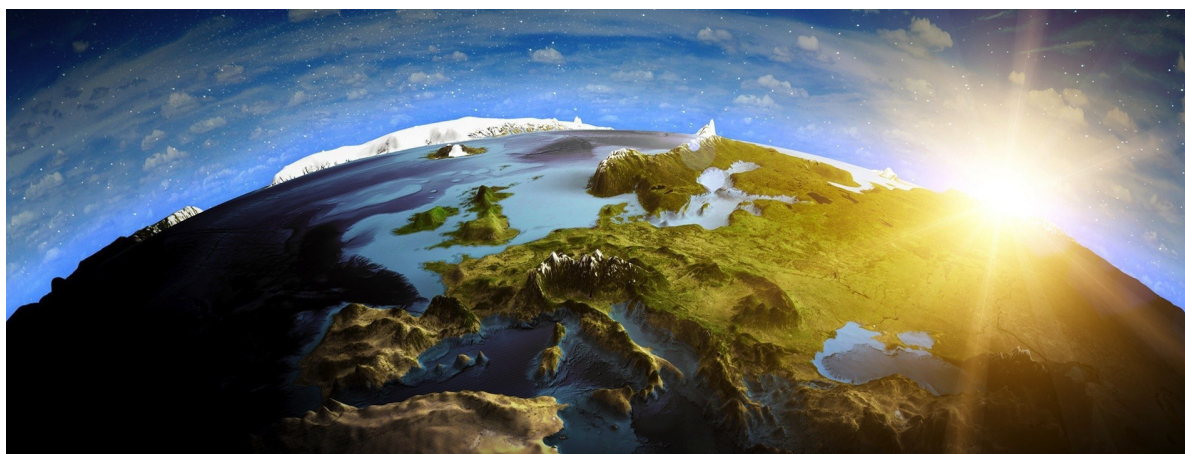
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА



А.П. СУРЖИКОВ,
*д. ф.-м. н., профессор,
заместитель директора
по научной работе
Института
неразрушающего
контроля*



А.Н. ЯКОВЛЕВ,
*к. ф.-м. н., директор
Института физики
высоких технологий*



Население планеты с каждым годом увеличивается, ресурсы ограничены, возникает необходимость освоения новых неблагоприятных и суровых территорий для человека. Сложность освоения и изучения сред и территорий с экстремальными условиями (низкие или высокие температуры, высокое давление, радиация и др.) определяется множеством факторов и демонстрирует уровень текущего технологического развития человечества. Это – космическое пространство с экстремальными значениями температур и радиацией, Крайний Север со своей спецификой климатических условий, энергетика, особенно атомная, обусловленная высокими температурами и радиационным воздействием. Функционирование конструкций и изделий в экстремальных условиях предъявляет особые требования к свойствам материалов, из которых они изготовлены.

Сегодня над созданием новейших материалов и покрытий для космоса, авиастроения, гидрокосмоса и Крайнего Севера

работают многие мировые университеты. В их числе – Массачусетский технологический институт (MIT), Университет Эдинбурга,

Университет Джонса Хопкинса, Стэнфордский и Токийский университеты, Институт физики (Китайская академия наук) и др.

NEW TECHNOLOGIES FOR HEALTH AND SAFETY

ANATOLIY SURZHIKOV

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Director of TPU Institute of Non-
Destructive Testing*

ALEXEY YAKOVLEV

*PhD in Physics, Director of TPU Institute
of High Technology Physics*

Since the world's population is rapidly increasing and resources are limited, we must explore new areas with harsh and severe environment. The exploration of such environments and lands (with extremely low or high temperature, high pressure, radiation, etc.) is challenging and depends on the technological achievements of mankind. These environments are the space with extreme temperatures and radiation, the Far North with its specific climate, and the energy production, especially nuclear, due to its high temperatures and exposure to radiation. Therefore, the systems and tools used there need to be made of special materials.

The researchers of the Institute of High Technology Physics (IHTP) at TPU are working at the international interdisciplinary network megaproject titled «MATERIALS FOR EXTREME CONDITIONS» within the Safe Environment cluster. The project is dedicated to the development of new composite materials and technologies for the products with longer service life, capable of working efficiently under extreme exposure during exploration of hydrospace, outer space and the Far North. Another goal is to create unique endurance test methods to control these materials.

The project faces a number of challenges, such as the development of compounds and technologies for the production of materials with different properties. For that purpose, TPU establishes the unique International Research and Education Centre for Endurance Tests and Technical Diagnostics of Products Designed for Extreme Conditions in cooperation with Instron Corporation, and launches the Double Degree Master's degree Programme «Manufacture of nanostructured materials» with Universit Joseph Fourier (UJF, Grenoble).

Major companies and state corporations are very much interested in the unique properties and characteristics of the production of composites which are looked upon as a priority in the development of automotive, aircraft and space equipment. Within this area, five researches are being currently carried out using the grants of the Russian Foundation for Basic Research. Two of these researches are implemented by young scientists. The research team headed by Prof. G.R. Remnev

is being supported by the Russian Scientific Fund. Two projects are funded under the Federal Target Program, another two are funded according to the state order in the field of scientific activity.

Together with the Saint Petersburg State Polytechnic University (the head organisation) and the Skolkovo Institute of Science and Technology, TPU is realising the project «Development of an integrated system of computer-aided design and engineering for the additive production of light and reliable structures for key high-tech industries.» We also signed an agreement with the Fund for Infrastructure and Educational Programmes, under which we prepared the professional development programme and the training materials for the application of nanostructured composite ceramics products, both commissioned by NEVZ-Ceramics.

The training programme «Technologies of nanostructured composite oxide and non-oxide ceramic materials» (research manager O.L. Khasanov) was awarded the medal «Winner of the All-Russia Exhibition Centre» at the Russia's largest educational exhibition «Modern Education



В кластере «Безопасная среда обитания» Институтом физики высоких технологий ТПУ (ИФВТ) выполняется сетевой междисциплинарный международный мегапроект «Материалы для экстремальных условий». Целью проекта является разработка новых композиционных материалов и технологий получения изделий с увеличенным сроком эксплуатации, способных эффективно работать в условиях экстремального воздействия, для освоения новых территорий гидрокосмоса, космического пространства и Крайнего Севера, а также создание уникальных методик ресурсных испытаний для контроля этих материалов.

Реализация проекта предполагает решение целого ряда непростых задач – от разработки составов и технологий получения различных по свойствам материалов до создания на базе ТПУ (совместно с корпорацией Instron) не имеющего аналогов в России Международного научно-образовательного центра ресурсных испытаний и технической диагностики изделий и конструкций для экстремальных условий и открытия совместно с Университетом Джозефа Фурье (UJF, Гренобль) магистерской программы Double Degree «Производство изделий из наноструктурных материалов».

Участниками проекта являются:

1. Институт физики высоких технологий:

- кафедра наноматериалов и нанотехнологий;
- лаборатория №1;
- Учебно-научная межотраслевая междисциплинарная лаборатория «Моделирование физико-химических процессов в современных технологиях»;
- кафедра материаловедения в машиностроении;
- кафедра лазерной и световой техники;
- кафедра теоретической и прикладной механики;
- кафедра биотехнологии и органической химии;
- кафедра общей и неорганической химии;
- кафедра технологии силикатов и наноматериалов.

2. Институт природных ресурсов:

- кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов.

3. Физико-технический институт:

- кафедра технической физики (№ 23).

4. Институт неразрушающего контроля:

- Международная научно-образовательная лаборатория неразрушающего контроля

В качестве партнеров к реализации мегагранта «Материалы

для экстремальных условий» приглашен целый ряд ученых с мировым именем. Юджин Олевски (Eugene Al Olevsky), профессор Государственного университета Сан-Диего (SDSU, Калифорния), провел первый цикл интенсивных лекций по материаловедению порошковых материалов для магистрантов и аспирантов ТПУ. Жиндрих Мусил (Jindřich Musil), профессор Университета Западной Богемии (University of West Bohemia, Пльзень), Владимир Углов, профессор Белорусского государственного университета, и Игорь Севостьянов, профессор Государственного университета Нью-Мексико (New Mexico State University, США), совместно с учеными ТПУ проводят исследования по моделированию свойств материалов и разрабатывают метод формирования высокоэластичных наноструктурированных защитных функциональных покрытий высокой твердости. Ведется совместная работа над созданием новых методик и оборудования для ресурсных испытаний материалов, работающих в экстремальных условиях, с Сундером Рамасуббу (Sunder Ramasubbu), директором компании Biss Ltd. (холдинг Instron, Индия). Крупные компании и госкорпорации проявляют большой интерес к уникальным свойствам и особенностям производства ком-



Нобелевский лауреат, председатель Международного научного совета ТПУ Дан Шехтман в Международной научно-образовательной лаборатории «Композиционные материалы и покрытия»



Космонавт, дважды Герой Советского Союза, генерал-майор авиации Владимир Джанибеков знакомится с разработками для космической отрасли

Technologies 2014.» The project «Development of radiation-resistant nanocomposites» is included in the investment financing plan of Concern Vega JSC for 2014–2015 within Skolkovo's space cluster.

The outcomes of the project «Materials for extreme conditions» will include the technologies for production of unique materials to be used in space, hydrospace and the Far North, the equipment for production of such materials and test procedures, in particular, additive technologies (the so-called 3D-printing), and end products made from composite materials.

This mega-project should embrace five areas:

1. **Modelling properties and compositions of materials for extreme conditions**
2. **Materials and hardening coatings**
3. **Technologies**
4. **Equipment**
5. **Testing and quality control**

By the order of the Government No. 218, research teams of the

Institute of High Technology Physics and Institute of Non-Destructive Testing are performing a joint project with the Institute of Strength Physics and Materials Science RAS and Energy JSC titled «Development and implementation of high technology of active/passive quality control of compounds produced by friction stir welding for the manufacture of the body elements of new generation space and missile systems.»

Another project is aimed at the development and delivery of the equipment for non-destructive examination of ITER products. The project was commissioned by Rosatom and is performed on a contractual basis.

A large-scale and long-term project «Development of technology and equipment for cleaning and decontamination of industrial waters» is being carried out for OAO Gazprom Transgaz Tomsk as part of research, development and technological work and implementation of resource efficient technologies.

Regarding the development

of Non-Destructive Testing and Diagnostics technologies, in 2014 the Institute of Non-Destructive Testing launched a megaproject titled «Technology and complexes for new generation tomography non-destructive testing.» Tomography is a state-of-the-art effective inspection tool. It is the highest level of non-destructive testing providing the reconstruction of a three-dimensional image of the examined item with detailed representation of its internal structure. The project uses approaches and solutions based on the integrated use of both new physical principles of the internal structure reconstruction (betatrons, thermography, electromagnetic radiation) and the upgraded conventional methods (ultrasound and X-rays). Tomsk Polytechnic University developed the thermal tomography method based on diffusion processes of heat transfer (as opposed to the classical computer tomography). This new and promising method of control using the characteristics of electromagnetic radiation is based on the phenomenon of pulsed generation of electromagnetic fields by non-metallic materials which was discovered in our University. The project proposes the use of phased array antennas, the robotic imaging and special signal processing algorithms that, in contrast to existing techniques, will allow obtaining real-time three-dimensional images of the item with complex geometry. We propose an import-substituting, affordable and improved analytical tomograph with spatial and density resolution of control corresponding to the highest standards. As a result, in course of the project we will create a prototype sophisticated



Летчик-космонавт, Герой Советского Союза, Герой России Сергей Крикалев в ТПУ

позитов, за которыми будущее в развитии приоритетов авто-, авиа-, космической техники.

Разработками ТПУ в области композиционных материалов интересуются не только представители промышленности и бизнеса, но и известные люди, получившие глубокие знания поведения и проблем со средой обитания в космосе.

Так, в ТПУ приезжали для знакомства, обмена опытом и чтения лекций летчики-космонавты Владимир Джанибеков и Сергей Крикалев.

Владимир Джанибеков предложил проводить космические эксперименты по материалам и технологиям ТПУ непосредственно в космосе: на борту станций и в открытом космосе.

На сегодняшний день в рамках реализации мегагранта выполняются 5 грантов Российского фонда фундаментальных исследований, в том числе 2 молодежных. Научная группа под руководством профессора Г.Е. Ремнева получила поддержку Российского научного фонда. Два проекта поддержаны в рамках Федеральной целевой про-

граммы, два – в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности.

Совместно с Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом (головная организация) и Сколковским институтом науки и технологии реализуется проект «Разработка интегрированной системы компьютерного проектирования и инжиниринга для аддитивного производства легких и надежных композитных конструкций ключевых высокотехнологичных отраслей промышленности».

Заклучен договор с Фондом инфраструктурных и образовательных программ, в рамках которого по заказу

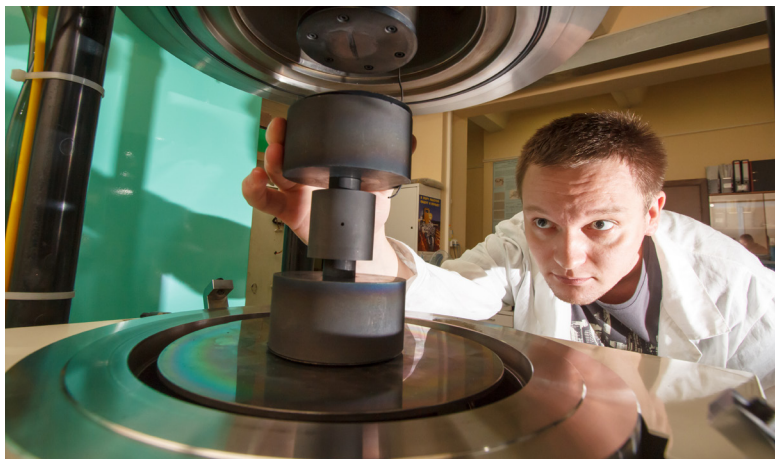
«НЭВЗ-Керамикс» разработаны образовательная программа повышения квалификации и учебно-методический комплекс в области применения изделий из наноструктурированной композиционной керамики.

Образовательная программа повышения квалификации «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов» (руководитель проекта О.Л. Хасанов) отмечена медалью «Лауреат Всероссийского выставочного центра» крупнейшей образовательной выставки России «Современные образовательные технологии – 2014». В рамках программы прошли обучение 25 специалистов.

Проведено моделирование составов композитов, изготовлены установки, позволяющие получать покрытия с уникальными свойствами. Модернизирована установка по напылению сложных радиационно- и износостойких эластичных покрытий высокой твердости. Разработан новый метод формирования многослойных алмазных пленок с использованием принудительной вторичной нуклеации алмазных зародышей ионной бомбардировкой.

Проведена унификация методик испытаний для оценки ре-

В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ПРОШЛИ ОБУЧЕНИЕ 25 СПЕЦИАЛИСТОВ.



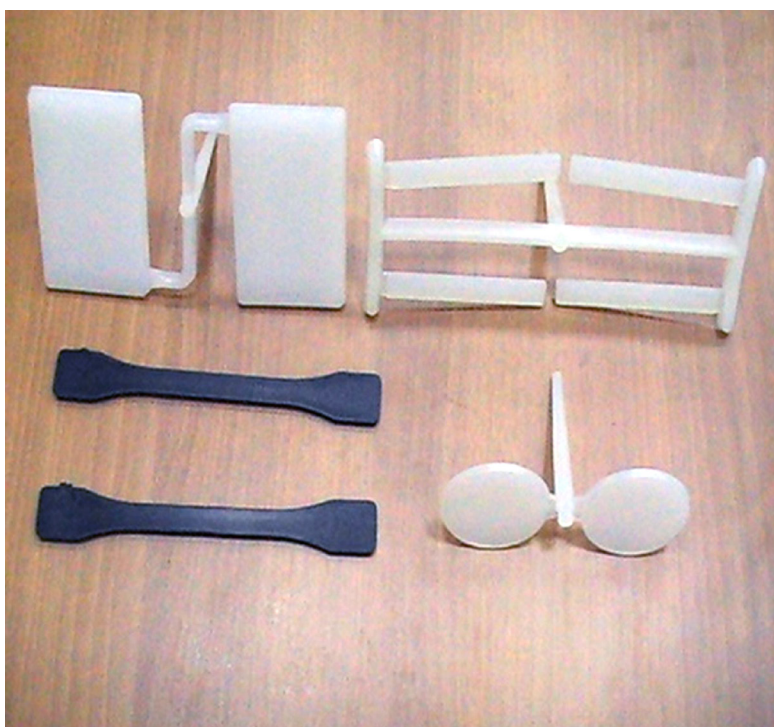
complex tomographic system of a new type based on the newest methods of non-destructive testing and diagnostics of materials and products, significantly improving their performance and applicability, reliability, functionality and consumer appeal.

In cooperation with Moscow State Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation, our Institute created a prototype system for the inspection of vehicles. The developed inspection complex costs less than the alternative products, with the equivalent functionality. With the betatron applied as a radiation source, it is possible to use special methods of X-ray control to determine the types of materials in the examined item and detect the presence of toxic, explosive and narcotic substances. As a result, the relevant agencies will be equipped with domestically-made mobile inspection complexes at a lower price and with less operating costs than their foreign alternatives. The complex is also used in training programmes for technical specialists in the field of inspection technologies, and for training and retraining of specialists in non-destructive testing and radiation safety of operation of devices generating ionizing radiation.

Processing of industrial and domestic waste is a pressing global problem both in terms of environmental protection and their use as secondary resources. TPU is carrying out a number of projects in this field.

1. Disposal of sulphate calcium industrial waste

A series of research is dedicated to studying the properties of sulphate calcium industrial waste



Образцы теплопроводящих полимерных материалов

as a by-product of hydrogen fluoride production and the problems of neutralisation of acid granular waste materials in the same production technology and the process of unification of technogenic anhydrite. Within this research, our specialists developed innovative resources and energy saving technology for production and unification of anhydrite binder from fluoroanhydrite (this process of neutralization of fluoroanhydrite also involves carbide lime slurry - another calcium-containing chemical waste). We also developed the special technology for production of building materials and products, such as anhydrite slag blocks, sheets of Pano dry anhydrite plaster, anhydrite filler, anhydrite frame-monolithic building modules and anhydrite-polystyrene thermal and sound insulation of building products.

2. Research work on recycling of wastes of agricultural enterprises with produced biogas as an energy resource.

The project is committed to obtaining breakthrough scientific and practical solutions and enabling technology that will create significant technological reserve and boost the development of agriculture in Russia in the near future. With the support of the Tomsk Oblast Administration and the Fund «Energy without Borders,» we launched the project «Technology of high-speed processing of biomass into biomethane to generate heat and electricity in response to growing demands for environmental processing of 3-4 hazard class biological waste» and started the construction of a pilot mobile biogas plant.

Creation of materials for extreme conditions, non-destructive testing and diagnostics and waste management are the most important components of the Safe Environment cluster, and the University holds a leading position in this field.

сурса работы металлических композиционных материалов в экстремальных условиях. Изготовлены лабораторные установки для контроля качества композиционных материалов и изделий из углепластиков.

Проект «Разработка радиационно-стойких нанокompозитов» включен в инвестиционный план финансирования ОАО «Концерн «Вега» на 2014–2015 гг. в рамках космического кластера Сколково.

Для оценки эффективности реализации мегапроекта «Материалы для экстремальных условий» проводится международная экспертиза и дальнейшая защита результатов проекта перед Международным научным советом ТПУ (МНС), который делает оценку и имеет право продлить выполнение проекта или остановить его. На фотографии показана работа МНС летом 2014 г.

Итогом проекта «Материалы для экстремальных условий» станут технологии получения уникальных материалов для работы в условиях космоса, гидрокосмоса и Крайнего Севера, создание

ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕГАПРОЕКТА «МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ» ПРОВОДИТСЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭКСПЕРТИЗА И ДАЛЬНЕЙШАЯ ЗАЩИТА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА ПЕРЕД МЕЖДУНАРОДНЫМ НАУЧНЫМ СОВЕТОМ ТПУ (МНС).

оборудования для их получения, методик испытания, в частности с применением аддитивных технологий (так называемой 3D-печати), готовых изделий из композиционных материалов.

К основным результатам мегапроекта следует отнести 5 направлений:

1. Моделирование свойств и составов материалов для экстремальных условий:

- Впервые предложены и численно реализованы модели осаждения многослойных покрытий, синтеза композиционных материалов и расчета их эффективных свойств, которые используются для выбора и обоснования условий, необходимых для получения материалов, работающих в экстремальных условиях.

- Разработана методика моделирования и экспериментальной верификации процессов консолидации композитов (Al+B4C+W).

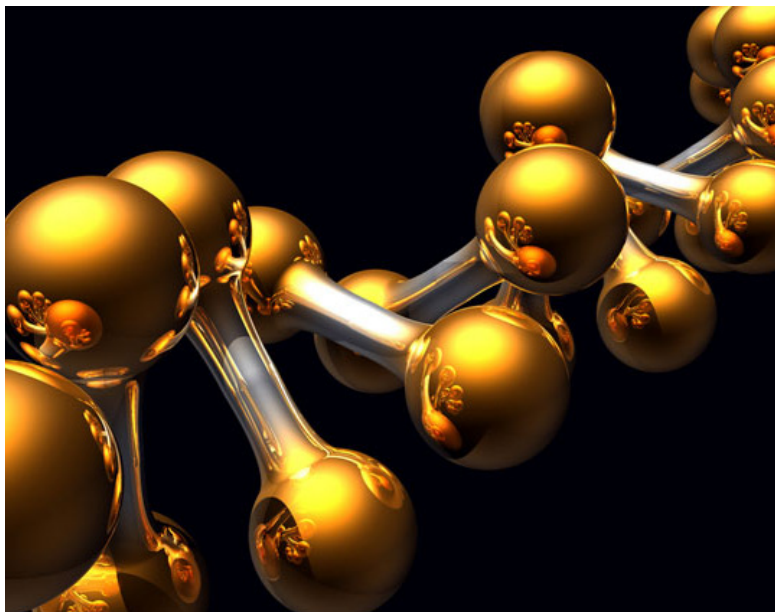
- Построены конечно-элементные и физические модели гомогенных порошковых полидисперсных композиций состава (Al+ нанопорошки W и B4C), эволюции их уплотнения без связок и пластификаторов применительно к условиям спарк-плазменного спекания (SPS).

2. Материалы и упрочняющие покрытия:

- Получены опытные образцы не имеющих мировых аналогов легких алюминий-матричных композитных материалов с добавками нанопорошков вольфрама и карбида бора для создания



Профессор Г.Е. Ремнев демонстрирует членам Международного научного совета ТПУ комбинированную установку для осаждения покрытий из газовой фазы



радиационно-защитных корпусов микросистемных модулей ракетно-космической техники.

- Разработаны составы наполненных теплопроводящих полимерных материалов на основе полиэтилена с техническими характеристиками, превосходящими зарубежные аналоги и отработана технология получения изделий методом 3D-печати. Максимальный коэффициент теплопроводности изделий более чем в 25 раз превышает таковой для полимерной основы.
- Разработаны составы уникальных износостойких композиций на основе СВМПЭ с введением политетрафторэтилена (до 10 вес. %), которые могут эффективно использоваться для узлов трения в отсутствие смазочной среды ($f_{тр} = 0,1$) в условиях низких температур ($-70...+70$ °С).
- Получены экспериментальные образцы армированных угле- и стеклотанью композиционных материалов на основе полидициклопентадиена, обладаю-

щих высокими значениями модулей упругости на разрыв и изгиб, термической стойкостью в диапазоне температур ($-70...+150$ °С), для изготовления корпусных деталей подводных и космических аппаратов. Физико-механические показатели образцов сравнимы с показателями углепластиков на основе эпоксидных смол.

- Разработано защитное многослойное покрытие на основе линейной сверхрешетки TiN/AlN, обладающее высокими механическими свойствами и радиационной стойкостью, для применения в парах трения на космических аппаратах.

3. Технологии:

- Разработан принципиально новый метод формирования многослойных алмазных пленок, позволяющий наносить сверхтвердые (>80 ГПа), теплоотводящие (>1000 Вт/мК) алмазные слои с низкой шероховатостью (< 300 нм) независимо от толщины покрытия. Данное покрытие обладает исключительной стойкостью

к химической коррозии (кислоты, щелочи, морская вода) и к радиационному воздействию (рентген, нейтроны, гамма-излучение), что позволяет использовать для повышения износостойкости узлов космических и подводных аппаратов.

- Впервые разработан метод модификации поверхности наночастиц железа органическими структурами, содержащими мономерные фрагменты и показана возможность их использования для получения 3D-армированных полимерных материалов методом полимеризации суспензий наночастиц в мономере. Получены образцы сшитых полимеров с заданным процентным наполнением наночастицами. Предложены основные принципы формования готовых изделий методами 3D-печати.

4. Оборудование:

- Проведена комплексная модернизация двух установок для нанесения покрытий методами высоковакуумного распыления и газофазного осаждения, позволившая вести исследовательские работы по синтезу покрытий, работающих в экстремальных условиях.
- Созданы экспериментальные установки для отработки аддитивных технологий получения изделий методами селективного лазерного спекания и электронно-лучевой послойной наплавки металлических порошков композиционного состава.
- Ведется разработка не имеющего аналогов 3D-принтера для печати корпусов РКТ из полимерных материалов с трехмерным непрерывным армированием.

5. Испытания и контроль качества:

- В соответствии с требованиями ТПУ компанией BiSS Ltd. изготовлена и поставлена уникальная испытательная машина для ресурсных испытаний, позволяющая выполнять до миллиона циклов нагружений за три часа. Разработана аналитическая модель роста трещины в материале и методики испытаний при высокочастотном циклическом нагружении для оценки ресурса работы изделий из композиционных материалов.
- Разработана конструкция и изготовлена лабораторная установка для контроля качества композиционных материалов методом цифровой широкографии.
- Для контроля структурной целостности изделий на основе композиционных материалов разработан и собран лабораторный стенд, действия которого основано на использовании сети распределенных ультразвуковых датчиков (волны Лэмба).

В области контроля качества материалов, изделий и внедрения ресурсосберегающих технологий ТПУ выполняет крупные проекты с госкорпорациями Роскосмос, Росатом, Газпром, в том числе в рамках реализации постановления Правительства РФ № 218 о кооперации вузов и предприятий.

зается проект по разработке и поставке комплекса ультразвукового контроля изделий ИТЭР.

В области развития НИОКР и внедрения ресурсоэффективных технологий для ОАО «Газпром Трансгаз Томск» выполняется крупный и долгосрочный проект «Разработка технологии и обо-

В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТПУ ВЫПОЛНЯЕТ КРУПНЫЕ ПРОЕКТЫ С ГОСКОРПОРАЦИЯМИ РОСКОСМОС, РОСАТОМ, ГАЗПРОМ.

По постановлению Правительства РФ № 218 коллективами ИФВТ и ИНК ТПУ выполняется совместный проект с ИФПМ СО РАН и ОАО РКК «Энергия», «Разработка и внедрение высокоэффективной технологии активно-пассивного контроля качества соединений, полученных методом сварки трением с перемешиванием, для изготовления корпусных элементов ракетно-космической техники нового поколения», руководитель член-корр. РАН, зав.каф. ФВТМ ИФВТ, проф. С.Г. Псахье.

По заказу «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова» (Росатом) в рамках хоздоговорных работ реали-

зирования очистки и обеззараживания промышленных вод».

В развитии технологий «Не разрушающий контроль и диагностика» в 2014 году стартовал мегапроект ИНК ТПУ «Технологии и комплексы томографического неразрушающего контроля нового поколения».

Стремительные темпы развития и внедрение во все сферы деятельности современных технических систем, непрерывный рост их структурной сложности и размерности, специализированные условия применения и требования к безотказности выполняемых аппаратурой функций определяют актуальность проблемы надежности, качества и безопасности эксплуатации технических объектов. Большое значение в успешном решении этих задач принадлежит методам и средствам неразрушающего контроля и диагностики.

Современным мощным средством обследования объектов является томография – наивысший уровень неразрушающего контроля, заключающаяся в реконструкции объемного изображения исследуемого объекта с подробной визуализацией внутренней структуры.



В силу многомиллиардного населения Земли (практически абсолютно анатомически идентичных объектов контроля) медицинская томография получила широкое применение, поскольку здесь уместно тиражирование методов и аппаратуры.

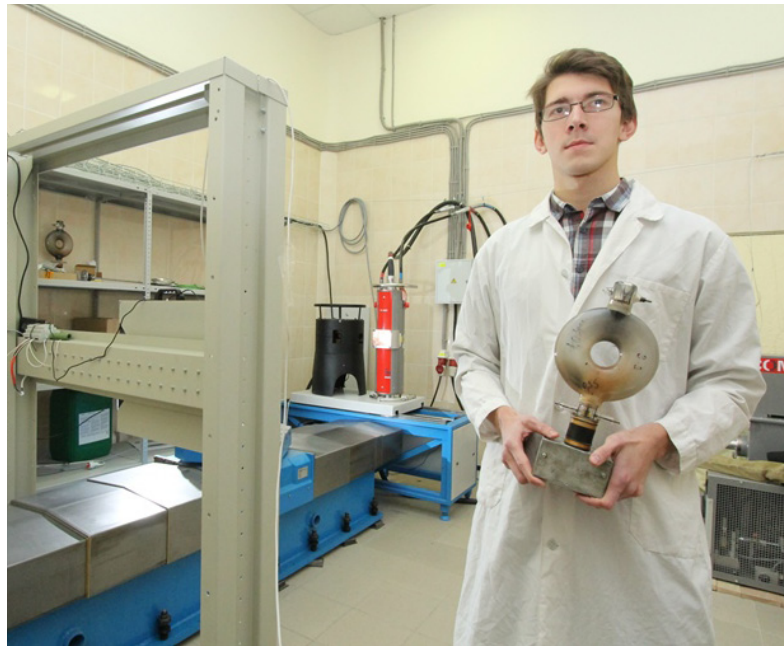
Многомиллиардная же разнообразность технических устройств сегодня требует в каждом случае отдельного решения как по методу контроля, так по аппаратурному исполнению.

Поэтому крайне актуальна разработка и создание томографического многопрофильного комплекса, обеспечивающего качественный контроль и диагностику самой широкой гаммы веществ, материалов, изделий, процессов и среды.

В основу проекта заложены подходы и решения, основанные на комплексном использовании различных, в том числе новых, для томографии физических принципов реконструкции структуры объекта (бетатроны, термография, электромагнитное излучение), и модернизации существующих (ультразвук и рентгеновское излучение).

Такой подход позволяет создать систему томографов, взаимодополняющих друг друга и «перекрывающих» границы их применения. Как результат – обеспечение томографического контроля практически всей, самой широкой гаммы веществ, материалов, изделий, процессов и среды.

Разрабатываемые в университете малогабаритные циклические ускорители электронов позволяют при минимальных габаритах и простоте эксплуатации генерировать высокопроникающее излучение до десятков МэВ с симметричным фокусным пятном порядка 0,3 мм при высокой мощности экспозиционной дозы, обеспечивающие



абсолютные преимущества по толщине контролируемого объекта (до 1,5 м), по массе (до 1,5 т) и по пространственному разрешению (до 100 мкм).

Принцип тепловой томографии, основанный (в отличие от классической компьютерной томографии) на диффузионных процессах теплопередачи, предложен в Томском политехническом университете. Программное обеспечение, включая программы моделирования и обработки данных по методу томографии, не имеют мировых аналогов и представляют интерес как отдельные коммерческие продукты.

Основные имеющиеся мировые публикации по тепловой томографии принадлежат авторам из ТПУ.

Новое, перспективное направление контроля по характеристикам электромагнитного излучения, основано на обнаруженном в университете явлении генерации импульсных электромагнитных полей деформируемыми неметаллическими материалами. Форма, амплитудно-частотные спектры электромагнитных импульсов излучения и закономерности их

формирования во времени несут информацию об изменениях напряженно-деформированного состояния, прочностных свойствах объектов контроля, а также о степени его дефектности.

Основные имеющиеся мировые публикации по электромагнитной томографии также принадлежат сотрудникам университета.

Ультразвуковая томография известна и довольно широко применяется в контроле простых конструкций. В проекте предлагается использование фазированных антенных решеток, роботизированной системы томографии и специальные алгоритмы обработки сигнала, что в отличие от существующих методик и аппаратуры позволит получать трехмерные изображения объекта контроля самой сложной геометрии в реальном времени. Это вообще изменяет современные представления о возможностях такого вида томографии.

Рентгеновская томография также известна, аппаратура (в основном импортная) на рынке присутствует. Предлагается разработка импортозамещающего, недорогого и усовершенствованного аналитического томографа с пространствен-

ным и плотностным разрешением контроля на уровне мировых стандартов. Будут реализованы механизмы формирования трехмерных моделей объектов, обработка изображений, анализ пространственных и плотностных характеристик дефектов. Все это позволяет использовать его для исследований в материаловедении, геологии, биологии и медицине.

В рамках реализации данного проекта разрабатываются альтернативные способы и усовершенствуются существующие технологии получения томографических изображений с одновременным или разновременным использованием различных видов источников излучения.

Результатом проекта будет создание экспериментального образца современной комплексной томографической системы нового типа, основанного на мировых достижениях в методах неразрушающего контроля и диагностики состояния материалов и изделий и существенно улучшающих характеристики и возможности их применения, достоверность, многофункциональность и потребительскую привлекательность.

ПРЕИМУЩЕСТВАМИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ДОСМОТРОВОГО КОМПЛЕКСА ПО СРАВНЕНИЮ С АНАЛОГАМИ ЯВЛЯЕТСЯ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕВЫСОКАЯ СТОИМОСТЬ ПРИ АНАЛОГИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ.

Разрабатываемый комплексный томограф найдет высокий спрос в промышленности России, ближнего и дальнего зарубежья, т. к. в настоящее время отдельные его составляющие, имеющие более низкий уровень от предполагаемого, находят широкий и устойчивый сбыт. Кроме того, комплексный томограф может быть легко разделен и продаваться его составными частями. Это обстоятельство существенно повышает его инновационный и рыночный потенциал.

Институт неразрушающего контроля имеет большой опыт создания источников тормозного излучения для радиометрических и дефектоскопических систем. В институте разработаны и производятся различные бетатроны и рентгеновские аппараты, в том числе и для досмотровых систем. Так, к настоящему времени институт изготовил и поставил фирме "Smith Heimann" более 100 малогаба-

ритных бетатронов на энергию 2500 кэВ. Мобильные досмотровые системы с использованием этого источника излучения, производство которых было начато в 2002 году, успешно работают во многих странах мира.

В 2006 году начались поставки бетатронов на энергию 7,5 МэВ для использования в досмотровом комплексе фирмы SAIC. Поставка осуществляется через западноевропейского дилера НИИ интроскопии – фирму John Macleod Electronics Ltd. (Великобритания).

В последние годы институт меняет свою маркетинговую стратегию и перенаправляет свои усилия с поставки источников излучения для досмотровых систем на разработку и поставку самих таких высокотехнологических систем. В этом направлении усилиями нашего института и Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики создан прототип системы для досмотра транспортных средств.

Преимущества разрабатываемого досмотрового комплекса по сравнению с аналогами является относительно невысокая стоимость при аналогичных характеристиках. Применение бетатрона в качестве источника излучения позволяет применить специальные методы рентгенографического контроля, которые позволяют определять типы веществ, входящих в состав объекта контроля, и выявлять наличие токсичных, взрывчатых и наркотических веществ.

Тот факт, что все компоненты комплекса производятся на одном предприятии, позволит



своевременно производить регулярное сервисное обслуживание оборудования досмотрового комплекса по всей территории РФ, а также при возникновении технических неполадок устранять их и их причины в течение 48 часов.

Ожидаемая цена реализации комплекса при мелкосерийном производстве может составить 35–40 млн руб. Экспертная оценка рентабельности производства составляет 35–50 %. Стоимость аналогичных зарубежных досмотровых комплексов с аналогичными возможностями составляет не менее 70 млн руб., а в среднем 100–120 млн руб.

Следует учесть, что при оснащении соответствующих служб отечественными досмотровыми комплексами эксплуатационные

затраты существенно ниже, чем в случае использования импортной техники, так как зарубежные поставщики зачастую поставляют комплексы практически ниже себестоимости, в дальнейшем поставляя оригинальные запасные части по многократно завышенным ценам.

Реализация проекта позволит оснастить соответствующие службы отечественными мобильными досмотровыми комплексами, имеющими по сравнению с зарубежными аналогами меньшую стоимость и меньшие эксплуатационные расходы.

Основные технические характеристики ИДК:

- Энергия источника излучения 9 МэВ.
- Количество детекторов 512.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ПОЗВОЛИТ ОСНАСТИТЬ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ СЛУЖБЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ МОБИЛЬНЫМИ ДОСМОТРОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ, ИМЕЮЩИМИ, ПО СРАВНЕНИЮ С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ, МЕНЬШУЮ СТОИМОСТЬ И МЕНЬШИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ.

- Расстояние от источника излучения до линейки детекторов 8,5 м.
- Высота сканируемого объекта до 3 м.
- Размер кристалла детектора 6×6×20 мм³.
- Разрешение 4,5 мм в центр сканируемого объекта.
- Проницаемость по стали 220 мм.
- Чувствительность по сталь-





- ной проволоке 0,8 мм.
- Контрастное разрешение 3 мм (стальная пластина толщиной 3 мм различима на фоне стального поглотителя толщиной 100 мм).
- Чувствительность по проволочному кольцу толщиной 6 мм (кольцо из стальной проволоки 6 мм радиуса 100 мм различимо за стальным поглотителем толщиной 100 мм).
- Скорость сканирования, при которой гарантируется достижение предельных параметров, – 0,2 м/с.

В образовательной части комплекс используется для реализации программ подготовки технических специалистов в области досмотровых технологий, а также повышения квалификации и переподготовки специалистов в области неразрушающих ме-

тодов контроля и радиационной безопасности эксплуатации устройств генерирующего ионизирующего излучения.

Во всем мире остается острой проблемой переработка различных промышленных и бытовых отходов не только с точки зрения защиты экологии, но и их использование в качестве вторичных ресурсов.

В ТПУ в этом направлении выполняется ряд проектов.

1. Утилизация сульфаткальциевых промышленных отходов.

Цикл разработок посвящен изучению свойств сульфаткальциевых промышленных отходов, образующихся в технологии получения фтороводорода, а также вопросам обезвреживания кис-

лых гранулообразных отходов материалов указанной технологии, процессам унификации техногенного ангидрита. В рамках данной тематики разработаны инновационные ресурсо- и энергосберегающие технологии получения и унификации ангидритового вяжущего из фторангидрита (причем попутно вовлекается в процесс переработки при нейтрализации фторангидрита еще один кальцийсодержащий отход химической промышленности – карбидный ил), технологии строительных материалов и изделий: получения ангидритовых шлакоблоков, листов сухой ангидритовой штукатурки «ПАНО», ангидритовой шпаклевки, ангидритовых каркасно-моноклитных модулей помещений и ангидрито-полистирольных тепло- и звукоизолирующих строительных изделий.

Проведены лабораторные и полупромышленные испытания закладочных шахтных смесей по контракту с ОАО «ЗФ ГМК Норильский никель». В настоящее время проводится рабо-

В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКС ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ДОСМОТРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

та по заключению договоров с ТОО «Ульба-фторкомплекс», г. Усть-Каменогорск, ОАО «ГаллоПолимер Пермь», г. Пермь и ОАО «СХК», г. Северск.

2. Научно-исследовательские работы по переработке отходов предприятий агропромышленного комплекса с получением энергетического ресурса – биогаза.

Эффективная система управления отходами крайне важна для успешного ведения конкурентоспособного бизнеса в агропромышленном секторе. В настоящее время в России наблюдается рост темпов строительства и реконструкции животноводческих хозяйств и птицеводческих комплексов, однако хозяйств, оснащенных современными системами сбора и утилизации отходов, из-за высокой стоимости реконструкции вкупе с мягкими экологическими нормами, единицы.

Активное развитие технологий очистки возможно после адаптации технологии к особен-

ностям Российского климата. На данном этапе исследований требуются научные и технические подходы, позволяющие получить высокие скорости переработки биомассы. Это требует качественного нового подхода к разработке технологии, адаптированной к российским реалиям, а также междисциплинарного подхода к решению задачи. Необходимо создать совместные научные группы исследователей – химиков, физиков, медико-биологов, материаловедов и технических специалистов для комплексного решения данной задачи. Цель проекта – получить опережающие научно практические результаты и новую технологию такого уровня, который позволит создать существенный технологический задел и дать толчок развитию сельского хозяйства России в самом ближайшем будущем.

В Томске усилиями ряда научных организаций создана научная группа, включающая в себя специалистов различного направления и способная успешно решать

поставленную в данной тематике задачу. В указанную группу входят специалисты и ученые Томского политехнического университета, Томского центра ресурсосбережения и энергоэффективности, а также представители бизнес-сообщества, которые заинтересованы в результатах успешной реализации НИР. При поддержке администрации Томской области и фонда «Энергия без границ» начата реализация проекта «Технология скоростной переработки биомассы в биогаз с получением тепловой и электрической энергии в условиях возрастающих требований к экологической переработке биологических отходов 3-4 класса опасности», запущено строительство опытно-промышленной мобильной биогазовой установки.

Создание материалов для экстремальных условий, неразрушающий контроль и диагностика, утилизация отходов – важнейшие составляющие кластера «Безопасная среда обитания» – позволяют университету занимать лидирующее положение в этом направлении.

