

НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ И РАЗВИТИЕ УГАТУ

УДК 501

**И. В. АЛЕКСАНДРОВ, Н. А. АМИРХАНОВА,
В. В. ВОДОПЬЯНОВ, Р. К. ГАЗИЗОВ****ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ УНИВЕРСИТЕТА****Александров
Игорь Васильевич**

профессор, зам. зав. каф. общей физики УГАТУ, вед. науч. сотр. ИФПМ НИЧ УГАТУ. Дипл. физик (БГУ, 1976). Д-р физ.-мат. наук по физике твердого тела (ИФМ УрНЦ РАН, 1997). Заслуж. деятель науки РБ. Исследования в области физики прочности и пластичности материалов.

**Амирханова
Наиля Анваровна**

профессор, зав. каф. общей химии УГАТУ. Дипл. химик (КГУ, 1962), канд. хим. наук, д-р техн. наук по технологии электрохимических производств (Москва, ВИАМ, 1985). Заслуж. деятель науки Российской Федерации. Заслуж. химик Башкортостана. Исследования в области электрохимической обработки.

**Водопьянов
Владимир Васильевич**

декан естественно-научного факультета, профессор кафедры математики УГАТУ. Дипл. математик (Казанск. гос. университет, 1972). Канд. физ.-мат. наук по функциональному анализу (КГУ, 1980). Заслуж. работник народного образования РБ. Исследования в области функционального анализа и математического моделирования биологических процессов в нефтезагрязненных почвах.

**Газизов
Рафаил Кавыевич**

профессор, зав. кафедрой ВВТиС УГАТУ. Дипл. математик (БГУ, 1983). Д-р физ.-мат. наук (защ. в ИММ Уральск. отд. РАН, 1999). Заслуж. деят. науки РБ. Исследования в области группового анализа дифференциальных уравнений и высокопроизводительных вычислений.

Фундаментальная подготовка по дисциплинам естественно-научного профиля всегда отличала выпускников УГАТУ. Это в немалой степени определяется кадровой политикой руководства университета, состоящей в том, что основной состав преподавательских штатов кафедр математики, физики и химии составляют выпускники классических университетов, имеющие базовое физико-математическое или химическое образование и ведущие активные научные исследования.

Вместе с тем создание научной школы в любом направлении предполагает наличие лидера этой школы. Только наличие лидера может привести к созданию активного научного центра, результаты работы которого будут признаваться ведущими учеными России и мира. В конце 60-х и начале 70-х годов в УАИ приходят новые молодые ученые, среди которых особое место занимают И. С. Перельгин, Э. А. Мухачева, Н. А. Амирханова. Активно занимаясь научной работой, они вовлекают в сферу своих научных интересов многих других молодых ученых, создают свои научные школы, получившие общее признание.

В это же время в Уфу для научной работы приезжает известный математик А. Ф. Леонтьев. Вместе с ним в Уфу приезжают его ученики: В. В. Напалков, И. Ф. Красичков " = Терновский и др. Создание Отдела физики и математики АН СССР и приезд Леонтьева привлекло внимание и других известных математиков. Из Новосибирска приезжают уже известные ученые М. Д. Рамазанов, А. В. Шабат, Н. Х. Ибрагимов, А. М. Ильин и др. Такой мощный научный десант оказал определяющее влияние на научные исследования по математике, проводимые в УГАТУ (УАИ), на создание математических школ в УГАТУ.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ШКОЛЫ В УГАТУ

В разное время кафедры математического цикла возглавляли ученые, широко известные своими научными достижениями в стране и за рубежом. Одним из первых в этом списке стоит Н. Н. Боголюбов, возглавлявший кафедру высшей математики в 1942–1944 гг. в период эвакуации в Уфу Украинской академии наук. Известный математик и физик-теоретик, позже он стал академиком АН СССР, был директором Объединенного института ядерных исследований, возглавлял Математический институт им. В. А. Стеклова АН СССР. После Н. Н. Боголюбова кафедру высшей математики УГАТУ (тогда УАИ) возглавлял другой известный представитель АН УССР — профессор Г. И. Дринфельд.¹

Приглашение в последующие годы на должности заведующих кафедрами математического цикла профессоров Э. А. Мухачевой, Н. Х. Ибрагимова, Ю. С. Шаталова привело к созданию в УГАТУ известных школ по математическому обеспечению рационального раскрытия, дифференциальным уравнениям и математической физике, групповому анализу дифференциальных уравнений, функционально-интегральным уравнениям, математическому моделированию нелинейных процессов, которые оказывают влияние как на подготовку инженеров, так и на научные исследования, проводимые в университете.

Естественным результатом проводимых работ явилось открытие в УГАТУ в 1993 г. новой специальности «Прикладная математика», одной из задач которой была подготовка специалистов в области математического моделирования физических явлений, протекающих в различных технических установках. Одним из инициаторов и организаторов открытия этой специальности был д-р техн. наук, проф. Ю. С. Шаталов, возглавлявший в те годы кафедру математики.

В целях активизации привлечения студентов специальности «Прикладная математика» к научным исследованиям в различных областях математики в УГАТУ в 1996 году была организована новая кафедра «Специальных глав математики» (зав. кафедрой директор Института математики с ВЦ УНЦ РАН член-корреспондент РАН В. В. Напалков), сотрудниками которой в основном являются сотрудники Института математики. В настоящее время на естественно-научном факультете работают три кафедры математического профиля: кафедра математики (зав. кафедрой д-р физ.-мат. наук, проф. В. А. Байков), кафедра специальных глав математики (зав. кафедрой чл.-кор. РАН В. В. Напалков), кафедра высокопроизводительных вычислительных технологий и систем (зав. кафедрой д-р физ.-мат. наук Р. К. Газизов). Сегодня можно выделить четыре основных направления исследований в области прикладной математики в УГАТУ:

¹Интересным является тот факт, что позже, в 1978–1981 гг., его сын, будущий лауреат Филдсовской премии В. Г. Дринфельд, после окончания аспирантуры МГУ также работал в Уфе преподавателем кафедры алгебры и геометрии Башкирского государственного университета.

- прикладной групповой анализ;
- математическое моделирование физических процессов;
- математическое обеспечение оптимального раскроя;
- теория вероятности и ее приложения.

Необходимо также отметить, что привлечение к тесному сотрудничеству на кафедре специальных глав математики ведущих математиков Уфы расширило список направлений научных исследований в УГАТУ, активизировались исследования в области теории функций и функционального анализа, асимптотических методов исследования дифференциальных уравнений, новых методов решения задач математической физики.

ПРИКЛАДНОЙ ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ

Групповой анализ дифференциальных уравнений является одним из направлений современной теории дифференциальных уравнений, берущих свое начало с работ знаменитого норвежского математика Софуса Ли (1862–1899). Ли был первым, кто применил концепцию групп к интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка. В нашей стране интерес к изучению симметричных свойств дифференциальных уравнений был инициирован работами акад. Л. В. Овсянникова, показавшего в своих исследованиях, что знание допускаемой группы уравнения позволяет строить широкие классы его точных решений. Под влиянием Овсянникова в Новосибирске образовалась школа группового анализа дифференциальных уравнений, из которой вышли многие известные в России и за рубежом математики и механики.

В Уфимском авиационном институте исследования в области группового анализа начались в 70-е годы с приходом на кафедру высшей математики выпускников аспирантуры Новосибирского университета доцентов А. В. Жибера и С. В. Хабирова. Новый этап начался с приходом в институт другого представителя Новосибирской школы, одного из ближайших учеников и сотрудников Л. В. Овсянникова проф. Н. Х. Ибрагимова. Будучи заведующим кафедрой прикладной математики (1984–1987), он собрал в УАИ группу молодых исследователей, которые начали работы по развитию новых методов группового анализа дифференциальных уравнений. Одним из результатов исследований явилось развитие конструктивного метода построения нелокальных симметрий, называемых квазилокальными, для уравнений, обладающих преобразованиями Беклунда типа дифференциальных подстановок.

В 1987 году в УГАТУ начались исследования по теории приближенных симметрий дифференциальных уравнений с малым параметром. Методы теории приближенных групп преобразований представляют собой синтез методов классического группового анализа с методами теории возмущений. В отличие от классического группового анализа, где рассматриваются преобразования (или, другими словами, замены переменных), в точности сохраняющие вид уравнения, для уравнений с малым параметром дополнительно рассматриваются преобразования, зависящие от малого параметра и такие, которые сохраняют вид уравнения с точностью, с которой рассматриваемое уравнение описывает изучаемый процесс. В настоящее время приближенные группы преобразований стали хорошо зарекомендовавшим себя аппаратом современного группового анализа, широко используемым специалистами в области математической физики, механики и прикладной физики.

Сегодня УГАТУ — один из центров группового анализа, признанный в России и за рубежом. Поэтому не удивительно, что дважды за последние годы (в 1991 и в 2000 годах) регулярные Международные конференции MOGRAN (Modern Group Analysis) проводились на базе УГАТУ. В университете работает Международная лаборатория «Современный групповой анализ», являющаяся филиалом Международного института математического моделирования и группового анализа (директор ин-та и науч. рук. лаборатории лауреат Государственной премии СССР, д-р физ.-мат. наук, проф. Н. Х. Ибрагимов). Сотрудники лаборатории поддерживают тесные научные контакты с учеными университетов Швеции, ЮАР, других стран, регулярно приезжающими в УГАТУ для совместной научной работы.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Исторически решение задач математического моделирования различных физических и технических процессов является одним из направлений научной деятельности кафедр математики

ческого профиля УГАТУ. В немалой степени это инициировалось научными исследованиями, проводимыми на технических кафедрах УГАТУ. Особенно активизировались эти работы с приходом на кафедру математики д-ра техн. наук, проф. Ю. С. Шаталова, возглавлявшего кафедру математики в 1987–1998 гг. Выпускник факультета авиационных двигателей УГАТУ, он защитил кандидатскую диссертацию по интегрально-дифференциальным уравнениям, и в последующие годы его научные интересы находились на стыке математики, теплофизики и авиадвигателестроения. Под руководством проф. Шаталова в Уфе проводились работы в области решения проблем идентификации характеристик теплопереноса, совместно с учениками им был разработан метод интегральных характеристик восстановления теплофизических свойств твердых тел. Также под его руководством проводились работы по численному моделированию трехмерных неизотермических турбулентных течений вязкого сжимаемого газа и по теории горения.

В 2000 г. при кафедре математики УГАТУ был создан Научно-образовательный центр математического моделирования процессов нефтедобычи (руководитель центра заведующий кафедрой математики, д-р физ.-мат. наук, проф. В. А. Байков). Он организован в рамках генерального соглашения между УГАТУ и Уфимским филиалом «ЮганскНИПИнефть» с целью проведения совместных научных исследований по разработке математического аппарата и программного обеспечения для моделирования процессов добычи и транспортировки нефти. Научно-исследовательская деятельность Центра развивается в трех направлениях: управление заводными процессами, интерпретация исследований скважин и построение постоянно действующих моделей месторождений.

Центр привлекает к сотрудничеству студентов, специализирующихся как на кафедре математики, так и на других кафедрах УГАТУ. Кроме этого, центр занимается подготовкой кадров высшей квалификации на базе университета для последующей работы в Уфимском филиале «ЮганскНИПИнефть», других научно-исследовательских учреждениях и предприятиях, связанных с добычей и переработкой нефти, а также экспресс-подготовкой специалистов в области моделирования для предприятий НК «ЮКОС».

Научные исследования в области математического моделирования различных физических процессов, проводимые в УГАТУ, инициировали внедрение высокопроизводительных вычислительных технологий в процесс моделирования. В 1999–2000 гг. в рамках федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки» в УГАТУ был создан Башкирский региональный центр высокопроизводительных вычислений. Важнейшей составной частью создания и внедрения высокопроизводительных технологий является существенное расширение компьютерного образования и подготовка квалифицированных специалистов в этой области. Подготовка специалистов по организации высокопроизводительных вычислений началась в УГАТУ в 2001 году в рамках специализации «Математическое и программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем» специальности «Прикладная математика». В рамках этой специализации предполагается подготовка дипломированных специалистов по прикладной математике, умеющих ставить и решать задачи математической физики, требующие проведения масштабных численных экспериментов с использованием сети суперкомпьютеров.

Еще одним направлением математического моделирования являются исследования по моделированию биологических процессов в нефтезагрязненных почвах, проводимых последние 10 лет В. В. Водопьяновым совместно с кафедрой биохимии и биотехнологии БашГУ. В этих работах построены модели разложения нефти под действием биологических факторов, кинетики ферментативных реакций и др.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСКРОЯ

Под задачами раскроя-упаковки понимается широкий класс проблем, допускающих различные толкования. Общим для этих задач является наличие двух групп объектов, между элементами которых устанавливается соответствие. Основная задача — оценить оптимальность установленного соответствия.

На заре появления проблемы раскроя Л. В. Канторовичем и В. А. Залгаллером было предложено использовать для их решения методы линейного программирования (1951), вернее — непрерывную релаксацию для решения целочисленных задач раскроя. Это позволило разработать ряд эффективных методов расчета линейного и гильотинного раскроя в условиях мас-

сового производства. В современных условиях линейное программирование применяется как предварительный этап решения задачи.

В УГАТУ под руководством Э. А. Мухачевой были разработаны новые точные методы (метод секущих плоскостей, метод ветвей и границ), приближенные алгоритмы и метаэвристики для решения задач прямоугольного раскроя и размещения геометрических объектов сложной формы. Созданы теоретические базы (блок-структуры и динамический перебор) развития алгоритмов, проводятся численные эксперименты. Исследования поддерживаются грантами РФФИ. По результатам работ в последние пять лет были защищены две докторские и девять кандидатских диссертаций.

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Вероятностные модели составляют методологическую основу современных исследований в естественных науках, в частности, в статистической и квантовой механике, в задачах передачи информации, радиоэлектроники, теории кодирования. Исследования в области теории вероятностей проводятся на факультете уже в течение 20 лет Н. К. Бакировым и Ф. С. Насыровым, их аспирантами и студентами.

Основные исследования, проводимые Н. К. Бакировым, в основном связаны с математической статистикой и актуарной математикой. Им были получены важные результаты в теории проверки непараметрических гипотез многомерных данных, вероятностных неравенств, различных асимптотических задач теории вероятностей. Известно, что большинство статистических функций представляют собой комбинацию линейных и квадратических форм от наблюдений. Бакировым были проведены исследования по различным задачам, которые связаны со свойствами распределений квадратических форм от случайных величин. Это позволило обнаружить новые свойства статистики Стьюдента и других статистик, построить новые критерии проверки классических непараметрических гипотез для многомерных данных и получить неулучшаемые неравенства для распределений квадратических форм от гауссовских случайных величин.

Научные интересы Ф. С. Насырова связаны с теорией случайных процессов, теорией функций вещественной переменной и со стохастической финансовой математикой. Им был внесен значительный вклад в теорию локальных времен, которая оказалась эффективным инструментом исследования недифференцируемых функций и случайных процессов. Известно, что теория стохастических интегралов Ито и Стратоновича является основой современного стохастического анализа, однако такого вида интегралы могут быть построены для достаточно узкого класса процессов. Насыровым был построен новый тип интеграла типа Стилтгеса, который является обобщением стохастического интеграла Стратоновича, и развита теория потраекторных стохастических дифференциальных уравнений на основе этого интеграла.

ФИЗИЧЕСКИЕ ШКОЛЫ В УГАТУ

Исторически первым из ныне существующих на кафедре общей физики научных направлений является направление, связанное с исследованиями в области спектроскопии конденсированного состояния вещества: «Исследование взаимодействий и динамики молекул и ионов в жидком состоянии вещества методами колебательной спектроскопии». Это научное направление является основой при фундаментальных исследованиях природы и особенностей межчастичных взаимодействий, реализующихся в веществе, и чрезвычайно важным для многих разделов естествознания. Оно было создано и развивалось на кафедре с 1965 г. под руководством заслуженного деятеля науки РФ, академика РАН, д-ра хим. наук, проф. И. С. Перельгина (1937–2002). Под его руководством на кафедре была создана научно-исследовательская лаборатория молекулярной спектроскопии, оснащенная современными научными приборами. В настоящее время исследованиями в данном научном направлении руководит канд. физ.-мат. наук, доц. А. С. Краузе.

Группой исследователей, работающих в данном направлении, разработана методология исследования межчастичных взаимодействий и их влияния на динамику частиц в конденсированном состоянии вещества. Для этих целей развиты и используются методы теоретической и экспериментальной спектроскопии. Методами экспериментальной инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния исследованы межмолекулярные, ион-молекулярные и межйонные взаимодействия, колебательная и ориентационная релаксация моле-

кул различной физико-химической природы и ионов различной геометрии в большом наборе жидкостей. Исследовано влияние природы среды и ионов на характер взаимодействий и колебательную релаксацию молекул и ионов. Получена качественная и количественная информация о структуре и многообразии комплексов, реализующихся в жидком состоянии вещества, установлены механизмы колебательной и ориентационной релаксации молекул и ионов. Разработан оригинальный комплекс программ для обработки спектральной информации и расчета параметров динамики в жидкой фазе с использованием аппарата временных корреляционных функций. Теоретические исследования природы механических взаимодействий базируются на современных методах расчёта электронных состояний и теории колебаний многоатомных молекул. Разработанный на кафедре комплекс программ позволяет проводить расчёты отдельных структурных элементов в сложных по составу комплексах.

В рамках этого научного направления получены принципиально новые фундаментальные результаты как по совершенствованию методов теоретической и экспериментальной спектроскопии применительно к исследованию межчастичных взаимодействий, так и по выявлению их особенностей в конкретных системах. Эти научные исследования вносят определенный вклад в развитие учения о строении и свойствах конденсированного состояния вещества.

Выполненные в данном научном направлении исследования представлены в ведущих научных зарубежных и российских изданиях (более 350 опубликованных статей) и на научных форумах международного уровня (около ста докладов). Изданы две монографии в соавторстве с проф. И. С. Перельгиным. По результатам исследований защищено 18 кандидатских диссертаций. Среди защитивших диссертации ныне работают на кафедре и составляют большую часть преподавательского состава кафедры доценты А. К. Хайретдинова, М. А. Климчук, В. С. Осипов, А. С. Краузе, Г. П. Михайлов, С. А. Шатохин, Л. В. Рабчук, С. В. Тучков.

Другим научным направлением, развиваемым на кафедре с 2002 года и так же, как и первое, вошедшим в перечень важнейших научно-технических направлений, является направление «Физика наноструктурных состояний» (научный руководитель — заслуж. деятель науки РБ, д-р физ.-мат. наук, проф. И. В. Александров). Развитие данного направления связано с приходом на кафедру чл.-кор. АН РБ д-ра физ.-мат. наук, проф. Р. З. Валиева и д-ра физ.-мат. наук, проф. И. В. Александрова. Эти ученые совмещают преподавательскую деятельность на кафедре с НИР в Институте физики перспективных материалов (ИФПМ), где активно проводятся исследования объемных наноструктурных материалов.

Институт физики перспективных материалов как структурное подразделение УГАТУ образован в 1995 году на базе проблемной лаборатории и научно-исследовательского отдела СКТБ «Тантал».

Основная тематика Института — это развитие нового научного направления в физическом материаловедении, связанного с разработкой и исследованиями объемных наноструктурных материалов (НСМ), получаемых интенсивной пластической деформацией в условиях приложения высоких и сверхвысоких давлений. Пионерские работы в этом направлении были выполнены под руководством проф. Р. З. Валиева в Уфе в начале 90-х годов и в последние годы вызвали большой международный интерес.

В результате исследований, проведенных сотрудниками Института и кафедры, показано, что получаемые в результате интенсивной пластической деформации наноструктуры весьма специфичны. При этом в чистых металлах и ряде сплавов интенсивные пластические деформации обеспечивают формирование наноструктур с чрезвычайно мелким размером зерен, равным $100 \div 200$ нм и менее.

За прошедший год к исследованиям в рамках научного направления «Физика наноструктурных материалов» привлечен ряд преподавателей кафедры общей физики. С другой стороны, часть молодых перспективных сотрудников ИФПМ стала преподавателями кафедры. Они работают над завершением диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. На кафедре ведется также подготовка докторантов и аспирантов по профилю данного научного направления.

ХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА В УГАТУ

В УГАТУ активно развивается научный центр по «Электрохимической и химической обработке материалов». Исследования в данном направлении ведутся многие годы на кафедре общей химии под общим руководством заслуженного деятеля науки РФ, заслуженного химика

РБ, члена Нью-Йоркской академии, д-ра техн. наук, проф. Н. А. Амирхановой. Для проведения исследований создана материальная база, позволяющая проводить эксперименты с привлечением современных и оригинальных методик. Частично исследования ведутся совместно с Межкафедральной учебно-научно-производственной лабораторией электрических методов обработки (научный руководитель — д-р техн. наук, проф. А. Н. Зайцев).

В этих работах исследованы кинетические закономерности анодного растворения жаропрочных никельхромовых сплавов при высоких плотностях тока и разработаны теоретические основы данного процесса. На примере бинарных и многокомпонентных жаропрочных авиационных сплавов показано значительное влияние на скорость анодного растворения и формирование поверхности следующих факторов: фазового и химического составов, структуры сплавов, природы электролита и режима обработки. Учет влияния этих факторов позволяет оптимизировать и прогнозировать процесс электрохимической обработки сплавов. Установлено, что и при высоких плотностях тока процесс анодного растворения осуществляется стадийно, т. е. последовательным отщеплением первого, второго и т. д. электронов. При наличии барьерного слоя оксидов при поляризации в растворах нитрата натрия и аммония большая часть низковалентных ионов окисляется электрохимически. Впервые с помощью оригинальной методики определены анодные потенциалы, при которых осуществляется электрохимическая обработка исследуемых сплавов. Установлено, что для многих сплавов при отсутствии концентрационной поляризации анодные потенциалы в большинстве случаев незначительно повышаются с плотностью тока и значения их определяются природой сплава и электролита. Поэтому управление процессом анодной обработки, т. е. обеспечение растворения сплава в активной, анодно-анионной, транспассивной областях можно осуществлять, создавая целенаправленно оптимальный состав электролита. Получены также другие интересные научные результаты.

Изучены поверхностные пленки, образуемые в процессе ЭХО более 20 никельхромовых сплавов, титановых и ниобиевых сплавов, композиционных материалов типа W-Cu, Al-W. Совместно с проф. А. Н. Зайцевым изучены катодные осадки, образующиеся в процессе ЭХО, и предложен наиболее вероятный механизм их образования.

Достаточно трудная задача определения достоверной величины электродного потенциала при больших поляризациях решена совместно с проф. Зайцевым и аспирантом Т. Идрисовым. Определены кинетические закономерности ионизации металлов и сплавов при больших плотностях тока.

Ряд работ по электрохимическому растворению и пассивации, электрополированию носят экологический характер. Сотрудниками кафедры исследованы послеэлектролизные изменения в электролитах и разработаны способы нейтрализации и корректировки электролитов, удаления токсичного шестивалентного хрома. Проведен ряд исследований по утилизации шламов, образующихся после ЭХО никельхромовых, титановых сплавов.

Выявлены особенности ионизации материалов в УМЗ и нанокристаллическом состоянии в зависимости от природы материалов, их структуры. Изучены коррозионные и электрохимические свойства меди, титана, алюминиевого сплава в УМЗ состоянии в сравнении с кристаллическим (А. Г. Балянов, Е. Ю. Черняева, С. Л. Адашева, Ю. Б. Кутнякова).

На кафедре исследуются химические и электрохимические процессы удаления жаропрочных покрытий с лопаток ГГД для создания ремонтной технологии при активном участии доцента Р. Р. Невьянцевой. Создана установка, позволяющая контролировать процесс удаления слоя жаропрочного покрытия с тем, чтобы не допускать травления подложки. Новизна исследований закреплена восемью патентами. Изучается механизм удаления жаропрочных покрытий для управления процессом. По результатам работ защищена кандидатская диссертация, опубликовано около 20 работ.

Доцент В. И. Попов выполняет исследования механизма электрокристаллизации покрытий металлами и сплавами с заданными свойствами при трибоактивации и в нестационарных условиях, при получении модифицированных смазок и износостойких покрытий на основе железа, никеля, хрома, сплавов хром-железо, цинк-кадмий, композиционных покрытий хром-карбида титана и бора. Совместно с кафедрой АТС (доц. О. К. Акмаев) разработана технология гальваномеханического осаждения износостойких покрытий хромом и железом при повышенной скорости формирования покрытий с требуемыми износостойкостью и коррозионной стой-

костью. Опубликовано 12 статей, материалы докладывались на международных и Российских конференциях.

По результатам работ в 2002 году выпущена монография «Особенности высокоскоростного растворения никельхромовых сплавов» под редакцией проф. Амирхановой. Опубликовано 45 статей в центральной и международной печати, получено 12 патентов. За последние 15 лет под руководством проф. Амирхановой защитили кандидатские диссертации Н. З. Гимаев, С. П. Павлович, Л. В. Вотинцева, А. С. Квятковская, Т. М. Тимергазина, В. В. Саяпова, О. А. Дмитриева, А. Г. Балянов.

Разработаны технологические рекомендации по ЭХО лопаток из никельхромовых сплавов, колес турбин, титановых сплавов и жаростойких сталей, молибденового сплава, сплава, содержащего молибден и рений.

На основе научных исследований подготовлено учебное пособие «Теоретические основы электрохимической размерной обработки», (Н. А. Амирханова), и учебное пособие «ЭХО в машиностроении» (Н. А. Амирханова, А. Н. Зайцев, Р. А. Зарипов).

Приведенные ниже публикации [1–19] являются ключевыми по рассмотренным научным направлениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Baikov V. A., Gazizov R. K., Ibragimov N. H.** Approximate transformation groups and deformations of symmetry Lie algebras // CRC Handbook of Lie Group Analysis of Differential Equations. Chap. 2. Vol. 3. New Trends in Theoretical Developments and Computational Methods. Edited by N. H. Ibragimov. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1996. P. 31–67.
2. **Proceedings of the NATO ARW on Investigations and Applications of Severe Plastic Deformation (Moscow, Russia).** NATO Sci. Series. Eds. T. C. Lowe and R. Z. Valiev. Kluwer Publ., 2000. 80.
3. **Recent Advances in Nanostructured Materials Produced By Severe Plastic Deformation / R. Z. Valiev, A. V. Korznikov, I. V. Alexandrov (eds.)** // Ann. Chim. Sci. Mat. 2002. Vol. 27, No 3.
4. **Valiev R. Z., Islamgaliev R. K., Alexandrov I. V.** Bulk nanostructured materials obtained through SPD // Progress in Material Science. 2000. V. 45, No 2. P. 102–189.
5. **Амирханова Н. А.** Теоретические основы электрохимической размерной обработки. Уфа: УГАТУ, 1999.
6. **Амирханова Н. А., Зайцев А. Н., Зарипов Р. А.** ЭХО в машиностроении. Уфа, 2003.
7. **Амирханова Н. А., Исламова Р. С., Саяпова В. В. и др.** Особенности электрохимической обработки никельхромовых сплавов. Уфа: Гилем, 2002. 250 с.
8. **Ахатов И. Ш., Газизов Р. К., Ибрагимов Н. Х.** Нелокальные симметрии. Эвристический подход // Итоги науки и техники. Сер. «Современные проблемы математики. Новейшие достижения». М.: ВИНТИ, 1989. Т. 34. С. 3–83.
9. **Байков В. А., Газизов Р. К., Ибрагимов Н. Х.** Методы возмущений в групповом анализе // Итоги науки и техники. Сер. «Современные проблемы математики. Новейшие достижения». М.: ВИНТИ, 1989. Т. 34. С. 85–147.
10. **Валиев Р. З., Александров И. В.** Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. 272 с.
11. **Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Мифтахова А. М.** Биологическая активность нефтезагрязненных почв. Уфа: Гилем, 2001. 356 с.
12. **Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Новоселова Е. И. и др.** Микробиологическая рекультивация нефтезагрязненных почв. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2001. 41 с.
13. **Колобов Ю. Р., Валиев Р. З., Грабовецкая Г. П. и др.** Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов. Новосибирск: Наука, 2001. 232 с.
14. **Крестов Г. А., Перельгин И. С., Новоселов Н. П. и др.** Ионная сольватация. М.: Наука, 1987. 320 с.
15. **Мухачева Э. А.** Рациональный раскрой промышленных материалов: Применение в АСУ. М.: Машиностроение, 1984. 176 с.
16. **Мухачева Э. А., Верхотуров М. А., Мартынов В. В.** Модели и методы расчета раскроя–упаковки геометрических объектов. Уфа: УГАТУ, 1998. 215 с.
17. **Мухачева Э. А., Рубинштейн Г. Ш.** Математическое программирование. Новосибирск: Наука, 1987. 272 с.
18. **Перельгин И. С., Кимтис Л. Л., Чижик В. И. и др.** Экспериментальные методы химии растворов: спектроскопия и калориметрия. М.: Наука, 1995. 380 с.
19. **Шаталов Ю. С.** Функционально-интегральные уравнения теплофизических характеристик. М.: Наука, 1996. 305 с.