

УДК 621.384.6 + 620.179

В.Л.ЧАХЛОВ, О.А.СИДУЛЕНКО

РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В НИИ ИНТРОСКОПИИ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В статье дан обзор основных направлений научных исследований и разработок НИИ интроскопии Томского политехнического университета. Приводятся наиболее значительные результаты многолетней деятельности института, намечены перспективы его дальнейшего развития.

Введение

За прошедшие после образования (1968) годы НИИ интроскопии ТПУ вырос в крупное научно-исследовательское учреждение с большим коллективом высококвалифицированных кадров, располагающее мощными техническими средствами для проведения фундаментальных и прикладных исследований.

Необходимость его создания связана в первую очередь с успешной разработкой теории и практики индукционного метода ускорения электронов ведущими учеными Томского политехнического университета А.А.Воробьевым, Л.М.Ананьевым, М.Ф.Филиповым, В.Н.Титовым, В.И.Горбуновым, В.А.Москалевым и др. С появлением первых индукционных ускорителей электронов – бетатронов – возникла перспектива их использования в практических целях, например, в дефектоскопии, активационном анализе, медицине и т.д. В эти же годы развитие получили магнитные методы неразрушающего контроля (И.Г.Лещенко, В.К.Жуков). Сочетание этих двух направлений явилось научной основой создания НИИЭИ (позже НИИИН).

В настоящее время структурно институт состоит из четырех отделов, одиннадцати лабораторий и трех центров на правах лабораторий. В его составе так же находятся хозяйственная и инженерная службы, администрация, опытное производство и транспортный отдел.

Одной из основных целей создания и деятельности института всегда являлось и является обеспечение учебного процесса Томского политехнического университета. Как показала практика, взаимопроникновение учебного и научного процессов дает положительные результаты. Использование научно-технических ресурсов института в учебном процессе позволяет значительно повысить качество подготовки специалистов любого уровня, от инженера до доктора наук. Примером многолетнего сотрудничества института с подразделениями университета является фактическое объединение с кафедрой физических методов и приборов контроля качества. Тесные контакты установлены с кафедрой промышленной и медицинской электроники и в целом с электрофизическим факультетом. Такой подход позволяет подготавливать специалистов «под ключ», когда они поступают работать в институт практически без стажировки.

Организационная структура института менялась и совершенствовалась по мере его развития. Основное научное направление «Исследование и разработка неразрушающих физических методов и приборов контроля качества» объединяет в себе практически все существующие на сегодняшний день основные виды неразрушающего контроля, в разработку которых внесли свой вклад ученые НИИИН. Здесь разрабатывались физико-технические основы, методы, средства и технологии неразрушающего контроля. Основные результаты в этом направлении были получены в 60 – 80-е годы, когда эти работы финансировались из средств, выделяемых военно-промышленному комплексу СССР. В это время был накоплен огромный опыт и запас знаний в изучении вопросов взаимодействия различных физических полей с веществом. Использование этих знаний сегодня позволяет институту сохранять уровень одной из ведущих организаций своего профиля в России.

Разработка и производство бетатронов в Томском политехническом университете

Разработка теории и практики индукционного метода ускорения электронов и, как результат, создание разнообразнейших типов индукционных ускорителей-бетатронов занимает в истории Томской науки особое место. Можно смело утверждать, что никакое другое научное направление не дало Томскому политехническому университету столь впечатляющих результатов. Оно обеспечило ТПУ и городу Томску уже в 50-х годах международную известность.

В 1946 г. по инициативе ректора ТПУ А.А.Воробьева был создан коллектив из специалистов разных отраслей науки и техники, который начал работу с нуля, так как вся информация в те годы по этим вопросам была закрытой. Уже в 1947 г. в стенах института был введен в действие первый советский бетатрон.

К концу 50-х годов это научное направление настолько разрослось, что возникла необходимость его деления на несколько самостоятельных ветвей: малогабаритные бетатроны, бетатроны на средние энергии и сильноточные бетатроны.

Малогабаритные бетатроны

Малогабаритные бетатроны разрабатывались на кафедре промышленной электроники под руководством заведующего кафедрой Л.М.Ананьева и в лаборатории малогабаритных бетатронов, которая была создана как самостоятельное подразделение в 1967 г. в отделе техники ускорения НИИЯФ. Эта лаборатория была укомплектована сотрудниками кафедры промышленной электроники.

Руководителем лаборатории был назначен доцент кафедры Чахлов В.Л. В 1969 г. Чахлов В.Л. перешел работать в НИИЯФ. В 1979 г. лаборатория малогабаритных бетатронов была переведена в НИИ интроскопии ТПУ.

Основным научным направлением лаборатории являлось повышение удельных характеристик переносных малогабаритных бетатронов предназначенных для неразрушающего контроля в нестационарных условиях сварных соединений, строительных конструкций с эквивалентной толщиной по стали до 200 мм.

Первый переносной малогабаритный бетатрон на энергию 6 МэВ (ПМБ-6) имел классическое азимутально-однородное управляющее магнитное поле и простую резонансную схему возбуждения на частоте 50 Гц. Существенное уменьшение габаритов и массы ПМБ-6 было достигнуто за счет оптимизации всех узлов ускорителя и применения в схемах инжекции, сброса и системах управления полупроводниковых приборов. Мощность экспозиционной дозы ПМБ-6 составляла 0,3 Р/мин на расстоянии в 1 м, при этом масса не превышала 200 кг.

ПМБ-6 конструктивно состоял из трех блоков, которые вручную можно было транспортировать к объекту контроля. Разработанная система стабилизации питания обеспечивала устойчивую работу ускорителя при низком качестве питающего напряжения.

Первые испытания ПМБ-6, изготовленных в ТПУ, проведенные на промышленных предприятиях показали высокую надежность ускорителей и более высокую выявляемость дефектов при радиографическом контроле материалов эквивалентной толщиной по стали более 50 мм по сравнению с рентгеновскими аппаратами и дефектоскопами на основе изотопа Co^{60} . Это определило значительный спрос на этот ускоритель со стороны промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов.

Для обеспечения потребности в этих ускорителях был заключен договор о совместном производстве ПМБ-6 между НИИЯФ и приборным заводом г. Томска. Совместно заводом и институтом изготовлено более 60 ПМБ-6, которые были поставлены в организации СССР, а также через внешнеторговое объединение «Техснабэкспорт» были проданы в ГДР, Польшу, Чехословакию, Францию, Венгрию, Финляндию и др.

По выявляемости дефектов и массогабаритным характеристикам ПМБ-6 удовлетворял потребителей, но он имел существенный недостаток – низкую производительность контроля, которая обуславливалась малой мощностью экспозиционной дозы. Проведенный в лаборатории анализ по-

казал, что, используя классическое управляющее поле и простую резонансную схему, добиться существенного увеличения мощности дозы невозможно. Для существенного повышения мощности дозы малогабаритных бетатронов было предложено использовать импульсное питание электромагнита с повышенной частотой следования импульсов и управляющие поля с пространственной и временной вариацией.

Первым бетатроном, в котором были реализованы эти новые идеи, был малогабаритный бетатрон с импульсным питанием и энергией 4 МэВ (МИБ-4). Этот ускоритель разрабатывался и изготавливался совместно с приборным заводом по постановлению правительства. МИБ-4 при массе излучателя менее 50 кг генерировал мощность экспозиционной дозы 0,5 Р/мин на расстоянии в 1 м. Томским приборным заводом совместно с НИИЯФ было выпущено более 50 установок.

Эти новые идеи были использованы для создания малогабаритного импульсного бетатрона на энергию 6 МэВ МИБ-6, который при массогабаритных характеристиках, аналогичных бетатрону ПМБ-6, генерировал мощность экспозиционной дозы на порядок выше: 3 Р/мин на 1 м.

Специально для малогабаритных бетатронов разработан автоматический радиационный экспонетр, который повышает производительность контроля и позволяет экономить рентгеновскую пленку.

В последнее время для малогабаритных бетатронов разработана полностью автоматизированная система управления, использующая последние достижения микропроцессорной техники. Система управления обеспечивает ввод исходных данных (частоты работы, энергии ускоренных электронов, дозы излучения, времени экспозиции), диагностику состояния узлов бетатрона и его включение, настройку на максимум излучения и отключение бетатрона после набора заданной дозы рентгеновской пленкой. Кроме этого, система обеспечивает аварийное отключение установки при отклонении контролируемых параметров от рабочих значений.

Опыт продаж бетатронов типа ПМБ-6 и МИБ-4 на экспорт показал, что расширение экспорта затруднено, так как производители бетатронов не могли обеспечить своевременное сервисное обслуживание. Поэтому в 1986 г. было заключено соглашение с фирмой «Джон Маклеод Электроникс» (Великобритания) о совместном производстве и сервисном обслуживании малогабаритных бетатронов. По этому соглашению российская сторона изготавливает наиболее ответственные узлы бетатрона: излучатель, высоковольтный блок инжекции с ускорительной камерой, выносной детектор излучения. Фирма по переданным ей схемам изготавливает блок питания и пульт управления, а также осуществляет сервисное обслуживание проданных бетатронов.

За 30 лет было разработано 8 типов различных малогабаритных бетатронов и изготовлено около 170 экземпляров, из которых 37 поставлены на экспорт.

Малогабаритный бетатрон достиг высокой степени совершенства. За это время без увеличения размеров и веса мощность дозы излучения была увеличена в 20 раз. Применение малогабаритных бетатронов обеспечило высокопроизводительный рентгенографический контроль строительных конструкций из бетона толщиной до 1200 мм и сварных соединений до 300 мм в стационарных условиях, при высокой выявляемости дефектов. Основные технические характеристики разработанных бетатронов приведены в табл. 1.

Наряду с разработкой и созданием малогабаритных бетатронов для промышленной дефектоскопии началась разработка малогабаритных бетатронов с выведенным электронным пучком для медицины. Было показано, что магнитные поля с азимутальной вариацией обеспечивают более высокую эффективность вывода.

При разработке и создании малогабаритных бетатронов было получено более 50 авторских свидетельств на изобретения, часть изобретений была запатентована в США, Англии, ФРГ, Франции, Японии, всего 24 патента.

Большой вклад в разработку малогабаритных бетатронов внесли сотрудники лаборатории малогабаритных бетатронов и сотрудники кафедры промышленной электроники: Ю.П.Ярушкин, М.М.Штейн, Ю.А.Отрубянников, В.А.Касьянов, А.А.Гейзер, А.А.Филимонов, В.Г.Волков, Я.С.Пеккер, Г.Л.Чахлов, Ю.Н.Бельтяев, В.С.Пушин, В.С.Логинов, Г.В.Ерофеева, В.В.Романов, А.А.Звонцов, С.Г.Чернышова, В.В.Кашковский. Все они успешно защитили кандидатские диссер-

тации по этой тематике. Значителен вклад в производство малогабаритных бетатронов старших инженеров Ю.Д.Зрелова, А.П.Носенко и др.

Таблица 1

Характеристика	Модель							
	ПМБ-6	Обь	МИБ-4	Абразив	МИБ-6 (РХВ-6)	Краб	Ульяновск	МИБ-7,5 (РХВ-7.5)
Максимальная энергия, МэВ	6	4	4	4	6	10	5	7,5
Мощность дозы тормозного излучения, сГр/мин	0,3	0,6	1,0	3,0	3,0	2,0	4,5	6
Размер фокусного пятна, мм	0,5×1,5	0,5×1,5	0,5×1,5	0,5×1,5	0,3×1,2	0,5×2	0,5×1,5	0,3×1,2
Частота следования циклов ускорения	50	200	200	300	200	100	300	50, 100, 200
Потребляемая мощность, кВт	1,8	1,8	1,5	2,5	3,0	5,0	3,0	2,5
Максимальная просвечиваемая толщина, мм								
Сталь	200	130	150	150	250	350	150	250
Бетон	600	600	800	800	1000	1500	800	1200
Относительная рентгенографическая чувствительность, %	1	1	1	1	0,6	1	1	0,6
Масса (кг) блоков установки:								
Излучатель	100	41	56	55	97	275	64	111
Блок питания	65	40	75	63	70	120	52	51
Пульт управления	20	12	12	12	15	15	14	12
Год разработки	1965	1979	1982	1988	1989	1991	1995	1996
Выпущено, шт.	60	42	20	3	35	4	1	2
Экспорт, шт.	8	-	8	-	20	-	-	1

Бетатроны на средние энергии (9-35 МэВ)

Направление по использованию электронных ускорителей для дефектоскопии промышленных изделий и заготовок возглавил В.И.Горбунов. Исследования этого периода были обобщены и опубликованы в монографии Л.М.Ананьева, А.А.Воробьева, В.И.Горбунова «Индукционный ускоритель электронов – бетатрон» (1961).

За период деятельности в НИИ интроскопии коллективом лаборатории выполнен большой комплекс работ по исследованию и созданию оригинальных конструкций бетатронов на энергии 9 – 35 МэВ различных типов и назначения. Краткие технические характеристики этих ускорителей приведены в табл. 2.

При разработке новых и усовершенствовании ранее созданных ускорителей основное внимание уделялось повышению мощности дозы излучения, улучшению их удельных характеристик, совершенствованию узлов ускорителей, повышению их надежности, упрощению управления и обслуживания.

Практика применения ускорителей для дефектоскопии изделий на промышленных предприятиях показала, что производительность контроля существенно зависит от вспомогательного времени. С целью сокращения этих потерь были разработаны и введены в эксплуатацию автоматизированные бетатронные дефектоскопы, оснащенные механизмами перемещения излучателя, перемещения контролируемого изделия, механическими устройствами подачи, маркировки и сброса рентгено-кассет, системой дистанционного управления операциями контроля. Дефектоскоп может работать в режимах ручного и автоматического управления. Такие дефектоскопы были созданы на базе бетатронов Б-25/10 и Б-35-500.

Таблица 2

Наименование характеристики	Модель бетатрона								
	Б-30	Б-9	Б-30/2	Б-25/10	Б-18,5	Б-35/8	Б-32	Б-18-30	Б-35-500
Категория бетатрона	Стационарный	Стационарный	Стационарный двухлучевой	Стационарный	Передвижной	Стационарный	Стационарный	Передвижной	Стационарный
Назначение бетатрона	Дефектоскопия Исслед. цели	Исслед. цели	Дефектоскопия	Дефектоскопия Исслед. цели Медицина	Дефектоскопия	Дефектоскопия	Медицина	Дефектоскопия	Дефектоскопия
Максимальная энергия, МэВ	30	9	30	25	18,5	35	32	18	35
Пределы регулировки энергии, МэВ	5-30	3-9	10-30	5-25	6-18,5	10-35	9;15;20;25;32	9-18	15-35
Мощность дозы тормоз- ного излучения на рас- стоянии 1м от мишени, сГр/мин	150	4	2х150	40	10	300	150	60	600
Частота следования цик- лов ускорения, 1/с	50	50	50	50	100	50	50	150	100
Электропитание	Сеть 50 Гц, 220/380 В	Сеть 50 Гц, 220 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В	3-фазн. Сеть, 50 Гц 220/380 В
Потребляемая мощность, кВт	20	5	20	12	8	30	30	18	24
Тип магнитопровода	Ш-образ.	Ш-образ.	Ш-образ.	10-стоечн.	6-стоечн.	8-стоечн.	6-стоечн.	6-стоечн.	8-стоечн.
Масса излучателя, т	5,3	1,0	5,3	2,5	0,5	4,0	4,5	0,6	4,0
Габаритные размеры из- лучателя, мм	1580×1225×1020	1020×700×700	1580×1225×1020	1200×1200×1250	835×605×395	1500×1400×1000	1580×1630×1880	800×1120×550	1500×1400×1000
Диапазон просвечиваемых толщин (сталь), мм	50-400	---	50-400	50-350	50-300	50-450	---	50-350	50-450
Относительная радиогра- фическая чувствитель- ность, %	1,0	---	1,0	1,0	1,0	1,0	---	1,0	1,0

Наряду с повышением производительности радиографического контроля автоматизированные дефектоскопы позволяют выполнять контроль объектов в условиях значительного радиационного фона, когда операторы-дефектоскописты не могут непосредственно производить подготовительные работы. Бетатронный дефектоскоп для выборочного контроля состояния «горячих» тепловыделяющих сборок и отдельных ТВЭЛов в процессе эксплуатации атомного реактора, в котором в качестве источника излучения применен ускоритель Б-18-30, разработан совместно с сотрудниками Мангышлакского энергокомбината (Казахстан).

Созданные в лаборатории бетатронные дефектоскопы для контроля качества сварных соединений атомного энергетического оборудования внедрены на ПО «Ижорский завод» (г. Ленинград), ПО «Атоммаш» (г.Волгодонск). Дефектоскопические установки для контроля сварных соединений толстостенного котельного, химического и нефтегазового оборудования работают на ПО «Сибэнергомаш» (г.Барнаул), ПО «Уралмаш», ПО «Волгограднефтемаш», ПО «Казтяжпром-арматура». Специализированные бетатронные установки для неразрушающего радиационного контроля используются в НПО «Алтай» (г.Бийск), НПО «Искра» (г.Пермь), Люберецком НПО «Союз», НИИ прикладной химии (г. Загорск).

Электронные ускорители успешно применяются и в медицинской практике. На основе бетатронов Б-25/10, Б-30 и Б-32 были разработаны медицинские варианты источников излучения на энергии 25,30,32 МэВ, предназначенные для лучевой терапии.

Следует также отметить, что первыми бетатронами, поставленными ТПУ за рубеж, были бетатроны именно этого класса.

Индукционные ускорители электронов являются сложными электрофизическими установками. Их исследование, разработка, изготовление, наладка и внедрение требуют привлечения специалистов различных профилей. Исследования проводились коллективом лаборатории с привлечением специалистов кафедр ТПУ, Ленинградского объединения электронного приборостроения «Светлана», заводов г.Томска. Наиболее значимый вклад в успешное создание и внедрение бетатронных установок на различных этапах деятельности лаборатории внесли ее сотрудники Ю.М.Акимов, В.Н.Алексеев, Г.Д.Браславский, И.К.Васьковский, А.П.Григорьев, Г.А.Куницын, В.А.Кононов, В.М.Морозов, Ю.А.Отрубянных, Б.Л.Частоколенко.

По материалам исследований, выполненных при создании этих ускорителей, были защищены 10 кандидатских и 1 докторская диссертации (В.И.Горбунов, А.П.Григорьев, Ю.Н.Зеленов, Г.А.Куницын, В.М.Морозов, Ю.А.Отрубянных, В.Л.Рябухин, О.В.Соколов, В.И.Соломатин, Б.Л.Частоколенко).

Результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок докладывались на международных, всесоюзных и региональных конференциях, симпозиумах и совещаниях. Они нашли свое отражение в 2 монографиях, целом ряде статей, опубликованных в центральных и местных изданиях, учебных пособиях, авторских свидетельствах на изобретения.

Перспективным направлением на ближайший период является исследование бетатронов как генераторов мягкого рентгеновского излучения. Для оценки возможности создания и определения параметров такого излучения американская фирма «Adelphi Technology Inc» предложила провести совместно с НИИ ядерной физики эксперименты по многократному прохождению пучка ускоренных электронов с энергией 18 – 35 МэВ через специальные мишени и выделила для этого часть необходимых средств. Успешное завершение этих экспериментов может привести к созданию нового источника мягкого излучения, качественно превосходящего используемые в настоящее время. Эти источники найдут широкое применение для решения ряда актуальных прикладных задач и в медицине.

Сильноточные бетатроны и стереобетатроны

Работы по созданию высокоинтенсивных бетатронов, названных позднее сильноточными, начались в 1957 г., когда в ТПИ обратились уральские физики с предложением рассмотреть вопрос о возможности сооружения импульсного бетатрона на 25 МэВ, мощность дозы излучения которого превышала бы в 1000 или более раз мощность дозы любого из существовавших как в СССР, так и за рубежом бетатронов. Результатом переговоров стало заключение соответствующего договора на разработку и поставку на Урал импульсного двухкамерного стереобетатрона с указанными выше параметрами. Для выполнения договора на базе лаборатории № 4 ТПИ, занимавшейся разработкой и изготовлением бетатронов, при поддержке ректора ТПИ проф. А.А.Воробьева был сформирован творческий коллектив под руководством тогда еще молодого кандидата наук В.А.Москалева. В первый состав этого коллектива вошли инженеры Б.В.Окулов, Ю.М.Скворцов, Ю.А.Отрубянников, Л.Т.Станислав, В.Н.Бизенков, А.Е.Ерзылев. Теоретические вопросы получения управляющего поля сильноточных бетатронов были разработаны Б.Н.Родимовым и П.А.Черданцевым.

При экспериментальном исследовании процесса ускорения пучка электронов уже в первом сооруженном ускорителе было обнаружено явление поперечной неустойчивости циркулирующего электронного пучка, которое возникало в сформированном пучке спустя значительное время после окончания процесса инжекции и выражалось в периодическом возрастании амплитуды вертикальных колебаний на радиусе равновесной орбиты до вертикального размера ускорительной камеры. Таким образом впервые при создании бетатронов был достигнут предельный ток электронов, составляющий до $(2 - 3) \cdot 10^{12}$ частиц/имп., который может быть ускорен при заданных параметрах магнитного поля ускорителя. Предельный ток ограничивается возникновением поперечной неустойчивости пучка, обусловленной взаимодействием пучка с проводящим покрытием стенок камеры. Увеличение числа захваченных в ускорение частиц не приводит поэтому к увеличению числа частиц, доводимых до конца цикла ускорения и, следовательно, не увеличивает мощность дозы тормозного излучения. После объяснения данного явления за разрабатываемой серией бетатронов этого направления укрепился термин «сильноточные бетатроны».

В результате проведенных исследований была разработана целая гамма сильноточных бетатронов на энергии от 15 до 50 МэВ, в том числе оригинальная конструкция индукционного ускорителя – двухкамерный стереобетатрон. Он генерирует одновременно два скрещивающихся пучка излучения с расстоянием между источниками свыше 100 см, что обеспечивает хорошо выраженную стереоскопичность получаемых снимков. Отличительная особенность такого бетатрона – общий магнитный поток для двух ускорительных систем. В мировой практике стереобетатрон аналогов не имеет. Основные технические характеристики некоторых сильноточных бетатронов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры	СБС-15	КБС-25	БС-50
Максимальная энергия, МэВ	15	25	50
Мощность дозы тормозного излучения на расстоянии 1 м от мишени, Гр/мин	4,2	30	220
Пределы плавного регулирования энергии излучения, МэВ	-	4-30	5-50
Частота следования импульсов излучения	50	100	50
Длительность импульса тормозного излучения, мкс	5-20	5-20	10-20
Потребляемая мощность, кВт	20	60	80
Масса излучателя, т	4	3,6	11
Габариты излучателя, м	1,9×1,0×1,1	1,6×1,6×0,8	2,5×2,5×1,2

Бетатрон СБС-15 разрабатывался для исследования быстротекущих процессов и был выполнен в стереоварианте.

На базе ускорителя КБС-25 была создана мобильная бетатронная установка для радиационной визуализации динамических процессов и дефектоскопии в полевых условиях. Излучатель, схемы питания и контроля размещены в перевозимом отапливаемом стальном боксе объемом $6 \times 3 \times 2,5 \text{ м}^3$. Полная масса бокса с оборудованием 20 т. Для наблюдения за технологическими процессами используются флуоресцентные экраны большого размера, изображение с которых с помощью видеотелевизионной аппаратуры записывается на магнитную ленту.

На основе бетатрона БС-50 создана автоматизированная лаборатория активационного анализа. Ускорительная камера бетатрона оборудована специальным «карманом» для внутрикамерного облучения образцов большими дозами. Транспортировка образцов от ускорителя в лабораторию осуществляется пневмопочтой.

Для отработки вопросов создания и удержания больших токов в 80-х годах был разработан, изготовлен и запущен на излучение экспериментальный образец цилиндрического бетатрона на энергию 30 МэВ. При проведении опытно-конструкторских работ были отработаны методика расчета ускорителя и, что особенно важно, методы компьютерного моделирования нестационарных процессов инжекции, захвата в ускорение и динамики электронного пучка. Моделирование проводилось с учетом как взаимодействия частиц, так и с учетом собственного электромагнитного поля пучка.

В теоретическом плане прорабатывались вопросы, связанные с разработкой высокоэнергетического индукционного ускорителя. Для повышения предельной энергии, до которой возможно ускорение электронов в бетатроне, был предложен и разработан способ компенсации потерь энергии ускоряемыми электронами на синхротронное излучение. С учетом последних достижений в практике бетатроностроения была проведена оценка основных параметров бетатрона на 500 МэВ. В качестве магнитной системы такого бетатрона выбрана система ведущего поля слабофокусирующего синхротрона, модифицированная путем введения тороидального и стеллараторного магнитных полей. В связи с огромной мощностью ускорителя для питания электромагнита использован генератор импульсов тока на основе ударного генератора с индуктивным накопителем.

Сильноточные бетатроны Томского политехнического университета были установлены на промышленных предприятиях и в научных учреждениях Ленинграда, Челябинска, Бийска, Ташкента и других городов России. Теоретические, опытно-конструкторские и экспериментальные результаты, связанные с созданием сильноточных бетатронов, обобщены в монографиях, в докторской диссертации В.А.Москалева, в кандидатских диссертациях В.Г.Шестакова, Б.В.Окулова, Ю.М.Скворцова, В.Н.Кудрявченко, В.В.Шашова, В.Я.Гончарова, Г.И.Сергеева, Ю.А.Громова, В.В.Васильева и др. Изложению теории удержания больших токов посвящена докторская диссертация Б.Н.Родимова. По результатам исследований опубликовано более 200 статей в центральных и зарубежных периодических изданиях и трудах конференций.

Активное участие в разработке отдельных узлов и блоков ускорителя принимали в разное время инженеры А.М.Слупский, Ю.В.Акимочкин, Ю.М.Акимов, В.Л.Николаев, А.В.Цимбалист, Г.В.Милютин, Ю.П.Суриков, Н.Е.Федосенко и др.

Нейтронные методы контроля

Лаборатория нейтронных методов контроля была организована в составе отдела корпускулярной дефектоскопии в 1968г. В 1971г. лаборатория была преобразована в самостоятельный отдел нейтронных методов контроля. С момента основания руководителем лаборатории, а затем и отдела, был Пекарский Григорий Шлемович. В состав первого коллектива вошли В.Б.Елагин, В.Н.Курапов, Ю.П.Пахомов, С.И.Дуринов, В.П.Шабалин, В.И.Шмыглев, Н.Н.Числов, Ю.Я.Кацман, П.В.Ефимов, Г.А.Кучер, Ю.А.Волченко.

Основное научное направление — исследование переноса нейтронов в различных средах и изделиях применительно к задачам неразрушающего контроля. Заказчиками работ, выполнявшихся коллективом отдела, являлись Министерство обороны, Министерство общего машиностроения, Министерство химического машиностроения, ряд предприятий Министерства химической про-

мышленности, Министерства промышленности строительных материалов, Миннефтегазпрома и Министерства геологии. В результате исследований, выполненных коллективом отдела, были созданы, успешно испытаны и выпущены отдельные образцы и опытные партии приборов, использующих излучение изотопных источников быстрых нейтронов: нейтронный радиометрический дефектоскоп – толщиномер для контроля Рв, W и их сплавов, нейтронный радиометрический дефектоскоп для контроля сварных соединений толщиной свыше 400 мм, нейтронный радиометрический дефектоскоп НД10Р для контроля протяженных дефектов, нейтронный дефектоскоп для контроля железобетонных изделий, нейтронная установка для обнаружения льда и снега в загрузочных мульдях металлургического производства, нейтронный обнаружитель мест закупорки в технологических трубопроводах НО4ОЗТ, нейтронный толщиномер стальных стенок трубопроводов и резервуаров ТН-4, нейтронный концентратомер битума в пробах свежеприготовленной асфальтобетонной смеси КБН-20, нейтронные влагомеры проб сыпучих и пластических материалов НИ10ВШ, НИ10ВА, НИ20ВБ, анализатор кернов нефтеносных пород АНКР-1, радиоизотопный прибор для технологического контроля плотности и массовой доли жидкой фазы буровых растворов в трубопроводах высокого давления НИ10ВП, ручной нейтронный поисковый прибор для обнаружения взрывчатых и наркотических веществ за металлическими стенками «Сверчок».

Наиболее значительным результатом научной деятельности отдела являются исследования переноса нейтронов в средах ограниченных размеров, имеющих различные неоднородности и переменный химсостав, на базе которых были разработаны методики расчета и проектирования различных нейтронных приборов и установок, упомянутых выше. Наибольший вклад в эти исследования внесли: Г.Ш.Пекарский, Ю.Я.Кацман, Ю.А.Волченко, П.В.Ефимов, А.И.Безуглов, Н.Н.Числов.

По результатам исследований опубликовано более 300 статей и докладов, получено более 40 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

В настоящее время отдел нейтронных методов контроля преобразован в отдел радиационных методов контроля, т.к. при создании компьютеризированных комплексов экспрессного измерительного контроля параметров различных технологических процессов используется не только нейтронное излучение, но и другие виды (гамма-излучение, электромагнитное излучение и др.).

Наиболее значительной последней разработкой является опытный образец «Комплекса средств экспрессного измерительного контроля параметров бурового раствора при строительстве скважин (КИБР)», подтвержденная потребность в котором только для нефтяных компаний, расположенных в Тюменской области, составляет 600 штук. Приоритетной задачей отдела в настоящее время является организация серийного производства комплекса КИБР для насыщения потребности нефтяных компаний России, а также организация сервисного обслуживания эксплуатируемых комплексов.

Кроме создания комплекса КИБР отдел занимается разработкой других приборов для экспрессного неразрушающего контроля, как например, прибор для анализа кернов нефтеносных пород АНКР-2М, плотномер-влагомер бетонов и почво-грунтов для контроля качества строительства автодорог и аэродромных взлетных полос.

Электромагнитные методы контроля

Лаборатория электромагнитных методов контроля является ровесником НИИ интроскопии. Кадровую основу лаборатории составили преподаватели кафедры информационно-измерительной техники факультета автоматики и вычислительной техники ТПУ к.т.н. доцент В.К.Жуков и старшие преподаватели Б.А.Добнер и А.М.Панасюченко

Первой крупной работой лаборатории был заказ Западно-Сибирского металлургического завода (г. Новокузнецк) на разработку электромагнитного дефектоскопа для контроля прутков диаметром 10 – 30 мм в процессе их прокатки. Трудность задачи заключалась в том, что скорость движения прутка в зоне контроля доходила до 10 м/с, а его температура превышала 900°C. Для обеспечения механической прочности и температурной стойкости датчика дефектоскопа авторами проекта был предложен ряд конструкторских и схемных решений, защищенных авторскими сви-

детельствами, которые позволили создать базовый дефектоскоп ЭД-102. Научные и технические результаты работы по проекту легли позднее в основу кандидатской диссертации А.М.Панасюченко.

Параллельно с работами для ЗапСиб в 1971 г. были начата работа по созданию дефектоскопа для контроля заготовок турбинных лопаток на Ленинградском заводе турбинных лопаток. Ведущим разработчиком по этому проекту был инженер Б.А.Добнер. Работа закончилась внедрением дефектоскопа и защитой Б.А.Добнером кандидатской диссертации.

Лаборатория с первых дней своего основания и до настоящего времени работает в тесном взаимодействии с кафедрой информационно-измерительной техники. В 1986 г. приказом ректора ТПУ было создано учебно-научное объединение «Мера» в составе кафедры информационно-измерительной техники и отдела электромагнитных методов контроля (к этому времени лаборатория выросла до отдела). Инженерный состав отдела комплектовался выпускниками кафедры. Ими в разные годы были В.Ф.Булгаков, А.Е.Гольдштейн, П.А.Овсянников, И.И.Толмачёв. Они внесли существенный вклад в становление отдела и его научные разработки. Так, инженер П.А.Овсянников был ведущим разработчиком дефектоскопа для контроля проволоки на высадочных автоматах объединения «Нормаль» (Горький). Из проверенной дефектоскопом проволоки изготавливались заклёпки, болты и гайки, предназначенные для использования в авиации. На базе научных и технических достижений, полученных при выполнении работы для объединения «Нормаль», был создан базовый дефектоскоп ЭД-301, использованный в дальнейшем в качестве основы при создании аналогичных дефектоскопов. Оригинальным решением, применённым в этом дефектоскопе, было использование в вихретоковом преобразователе поперечного вращающегося магнитного поля. Эта идея, родившаяся в отделе электромагнитных методов контроля, в дальнейшем широко использовалась при создании дефектоскопов и металлоискателей специального назначения.

Начиная с середины 70-х годов и до настоящего времени в лаборатории ведутся работы по созданию и совершенствованию электромагнитных дефектоскопов, предназначенных для контроля водогазопроводных труб в технологическом потоке их производства на трубопрокатных заводах. Разнообразие дефектов сварных труб и тяжёлые условия контроля, связанные с большими скоростями движения труб по рольгангу и радиальными смещениями, достигающими 3 мм, вызывают необходимость применения комбинированных вихретоковых преобразователей (ВТП), обеспечивающих стабильность показаний при вибрации контролируемых изделий и выявление как коротких, так и протяженных дефектов с малыми градиентами.

Для контроля водогазопроводных труб разработан дефектоскоп ЭД-205 с комплексным использованием проходного вихретокового и индукционного преобразователей. Для обнаружения непроваров и прожогов шва применен проходной дифференциальный ВТП, параметры которого выбраны из условия максимальной чувствительности к коротким дефектам. Для обнаружения локальных утонений стенки труб одна из обмоток ВТП используется в качестве проходного индукционного преобразователя, реагирующего на изменения постоянного магнитного потока через сечение трубы. Для повышения выявляемости протяженных ужимов применена совместная обработка сигналов вихретокового и индукционного каналов, при этом вероятность обнаружения ужимов возрастает по сравнению с каждым из каналов при их автономной работе.

Дефектоскоп ЭД-205 состоит из электронного блока и блока преобразователей со сменными модулями на каждый типоразмер контролируемых труб с условным проходом от 10 до 50 мм. Порог чувствительности к дефектам в виде сквозного отверстия диаметром от 1 до 2 мм – в зависимости от типоразмера. Порог чувствительности к локальным утонениям – 15% от толщины стенки трубы. Дефектоскопы с 1986 г. применяются на Челябинском трубопрокатном заводе взамен гидротестов для контроля экспортной продукции. Дефектоскоп разработан под руководством В.К.Жукова.

Неравномерность чувствительности ВТП при контроле труб в реальных условиях с радиальными смещениями вызывает нестабильность показаний и, следовательно, низкую вероятность обнаружения точечных непроваров шва и перебраковку контролируемых труб.

Для повышения вероятности обнаружения точечных непроваров шва при контроле труб с радиальными смещениями разработан дефектоскоп ЭД-206, в котором применен комбинированный ВТП, состоящий из обмотки возбуждения и четырех измерительных обмоток, выполненных в виде вытянутых прямоугольных петель, короткие стороны которых совмещены, а длинные – лежат на окружностях, расположенных аксиально-симметрично относительно обмотки возбуждения. Каждая измерительная обмотка подключена к каналу амплитудно-фазовой обработки, коэффициент передачи каждого канала регулируется в зависимости от зазора между трубой и соответствующей измерительной обмоткой.

Комбинированный ВТП представляет собой проходной дифференциальный преобразователь с возможностью регулировки чувствительности в зависимости от расстояния между поверхностью контролируемой трубы и соответствующим сектором преобразователя. На комбинированный ВТП получен патент России № 1397821 «Вихретоковый дефектоскоп».

Дефектоскоп ЭД – 206 используется с 1990 г. на Таганрогском металлургическом заводе для контроля труб по ГОСТ 3262-75 с условным проходом 10 – 60 мм. Скорость движения контролируемой трубы через блок преобразователей от 2 до 4 м/с. Неравномерность чувствительности к точечным дефектам при радиальных смещениях трубы ± 2 мм относительно оси преобразователя $\pm 20\%$. Длина неконтролируемых концов труб от 40 до 60 мм в зависимости от типоразмера.

Для обнаружения протяженных дефектов с описанным выше преобразователем совмещен ВТП с четырьмя многосекционными накладными обмотками, чувствительный к изменению свойств по периметру сечения трубы. Совмещение преобразователей достигается использованием токов возбуждения трех синхронизированных частот и синхроннофазовым разделением разночастотных составляющих сигналов ВТП с использованием интегрирующих элементов с импульсной обратной связью. Получен патент России № 2090882 «Вихретоковый дефектоскоп для контроля цилиндрических изделий.»

В рамках хоздоговора с АО «Челябинский трубопрокатный завод» изготовлен экспериментальный образец дефектоскопа ЭД-207 с использованием комбинированного ВТП, предназначенного для выявления коротких и протяженных дефектов. Сравнительные испытания дефектоскопов ЭД-207 и ВД-40П (МНПО «Спектр»), проведенные в июле 1995 г. в цехе № 8 АО «ЧТПЗ», показали, что у ЭД-207 вероятность обнаружения точечных дефектов выше и он может применяться для контроля труб по стандарту DIN 2440 в условиях линий контроля с радиальными смещениями ± 2 мм. Протяженные дефекты (с малыми градиентами) ЭД-207 выявляет глубиной более 1 мм.

Дефектоскопы ЭД-206 и ЭД-207 разработаны под руководством В.Ф. Булгакова при участии И.И. Толмачева, В.В. Кугутенко, А.Е. Гольдштейна, С.А. Калганова.

С 1971 г. лаборатория ведёт работы по созданию металлоискателей специального назначения, обладающих избирательностью к обнаруживаемым предметам не только по их массе, но и по составу материала, из которого изготовлены предметы, и по их форме.

Хорошие технические характеристики металлоискателей удалось получить благодаря использованию вращающегося магнитного поля. В частности, на этой основе А.Е.Гольдштейном был создан металлоискатель для избирательного обнаружения штатного огнестрельного оружия на фоне помех в виде ключей, монет, портсигаров и других носимых предметов личного пользования.

Результаты работы лаборатории за период с 1967 по 1987 г. были обобщены в докторской диссертации заведующего отделом В.К.Жукова. Докторская диссертация зав. кафедрой информационно-измерительной техники И.Г.Лещенко, защищенная в 1976 г. в значительной степени также опиралась на исследования, проведенные в лаборатории.

Радиационная интроскопия

Лаборатория бетатронной дефектоскопии и радиационной интроскопии образована в 1968 г. Под руководством В.С.Мелихова и Д.И.Свирикина здесь стали разрабатываться системы радиационной интроскопии для контроля качества материалов и изделий. Были разработаны и изготовлены десятки радиационных интроскопов для различных отраслей промышленности, в том числе

одним из первых был создан рентгентелевизионный интроскоп на основе рентгеновского аппарата РУП-120-5 и ПТУ-101 для контроля элементов твердотопливных ракетных двигателей. Данный интроскоп по своей чувствительности, которая составляла 5% от толщины, заметно превосходил первые экспериментальные образцы.

Для контроля изделий изменяющейся формы был разработан и изготовлен интроскоп, в телевизионном канале которого использовалась синхронная кинокамера для киносъемки рентгентелевизионных изображений на 35-миллиметровую киноплёнку.

Большая работа была проведена по созданию радиационных интроскопов для контроля изделий большой толщины с использованием жесткого излучения бетатронов. В результате на основе передающей телевизионной трубки ЛИ-702 и ПТУ-50 с монокристаллическим экраном CsI(Tl) и малогабаритного бетатрона МИБ-6 был разработан интроскоп с чувствительностью 3% для контроля замковой части бурильных труб.

Значительные результаты были достигнуты лабораторией в создании новых радиационно-чувствительных передающих телевизионных трубок. Так, для решения задачи визуального наблюдения распределения излучающих изотопов в горнорудной шихте совместно с ВНИИЭЛП С.-Петербурга был разработан суперизокон ЛИ-801С со стекловолоконной входной планшайбой, на которую наносился тонкий слой чувствительного к излучению люминофора. Интроскоп был разработан для Радиевого института АН СССР. На основе разработки лаборатории на заводе электровакуумных приборов г. Нальчика было освоено мелкосерийное производство суперизокон ЛИ-801С.

Кроме того, для контроля изделий малой плотности, в том числе теплозащитных плиток космического корабля «Буран», совместно с СКБ Нальчикского завода электровакуумных приборов был разработан и стал выпускаться мелкими сериями рентгеновидикон ЛИ-444Б с бериллиевым входным окном. Он позволил достигнуть чувствительности $0,3 \div 0,5\%$, что заметно превосходит чувствительность рентгеновской плёнки.

Оригинальной разработкой лаборатории является созданный под руководством доцента В.С.Мелихова мозаичный интроскоп для прямого преобразования излучения линейных ускорителей в видеосигнал на основе МД-ПДМ-датчиков из высокоомного кремния. Интроскоп был разработан для Ижорского металлургического завода.

В значительной степени неординарным было решение задачи визуализации и контроля процесса электронно-лучевой сварки путем использования собственного рентгеновского излучения сварочной ванны. Созданная на основе разработки рентгентелевизионная установка использовалась для улучшения качества сварки и повышения производительности труда на одном из заводов г. Миасса.

Значительные научные и практические результаты были получены сотрудниками лаборатории под руководством Ю.А. Москалева при работе над люминесцентными преобразователями излучений. Поскольку люминесцентные преобразователи являются основным звеном, создающим визуальную информацию об объекте контроля, то выходные параметры радиационных интроскопов в значительной степени определяются свойствами люминесцентных преобразователей. В ходе исследований по данной тематике были созданы новые рентгенолюминофоры и люминесцентные преобразователи на основе йодида цезия, применение которых в промышленной интроскопии и медицинской диагностике позволило более чем в 2 раза сократить дозу облучения объектов контроля и пациентов. Совместно с Новосибирским химфармзаводом был освоен мелкосерийный выпуск рентгенолюминесцентных экранов на основе йодида цезия для промышленной интроскопии и медицинской рентгенооскопии.

Кроме того, разработан новый класс люминесцентных преобразователей на основе люминофоров с накоплением светосуммы, созданных по оригинальной технологии. Применение таких преобразователей позволило вплотную подойти к решению проблемы замены рентгеновской плёнки в радиационном контроле промышленных изделий. Так, созданный в лаборатории телевизионный радиоскоп с экранами памяти позволил получить чувствительность 1 – 1,5% без использования рентгеновской плёнки, но при той же технологии просвечивания изделий.

В последние годы был разработан телевизионный радиоскоп на основе люминесцентных экранов памяти и малогабаритных бетатронов МИБ-4 и МИБ-6. Применение радиоскопа позволило осуществлять радиационный контроль изделий и строительных конструкций большой толщины без применения рентгеновской пленки.

По результатам научно-исследовательской работы лаборатории были защищены кандидатские диссертации А.П. Шпагиным, Ю.А. Егоренко, Ю.А. Москалевым, А.Я. Гуревичем, И.М. Рубиновичем, Н.Ю. Герасеновым. Большой вклад в научные и технологические разработки люминесцентных преобразователей сделала с.н.с. А.В. Дмитриева. Активное творческое участие в создании радиационных интроскопов принимали научные сотрудники В.Ф. Петушенко, Н.Я. Филишов, А.А. Дмитриев, А.В. Глазков, К.Б. Умблиа.

Тепловой неразрушающий контроль

В начале 70-х годов в бывшем СССР Н.А.Бекешко, Ю.А.Попов, А.Е.Карпельсон, А.Б.Упадышев из московского НИИ интроскопии начали работы в области активного теплового неразрушающего контроля. Одновременно, усилиями М.М.Мирошникова (ГОИ им. С.И.Вавилова, Ленинград) и А. Г. Жукова (НПО «Исток», г. Фрязино) были созданы образцы отечественных тепловизоров, которые впоследствии стали широко использоваться в неразрушающем контроле.

В 1975 г. в томском НИИ интроскопии В. П. Вавилов защитил кандидатскую диссертацию и организовал лабораторию теплового контроля, которая сконцентрировала свои усилия на разработке пилотных вариантов тепловых дефектоскопов и численных методах моделирования задач теплового контроля.

Параллельные исследования проводились также в НИИ интроскопии группой Б.Н.Епифанцева, которая специализировалась на решении задач ИК-мониторинга и расшифровке ИК-изображений на фоне естественных помех. В середине 80-х годов в Томске сформировался центр теплового контроля, в котором работало до 30-ти сотрудников, что, по-видимому, составляло самую большую группу в мире в данном узком сегменте исследований. В результате в Томске было опубликовано несколько монографий, защищены кандидатские диссертации А.И.Ивановым, В.В.Торгунаковым, В.Г.Ширяевым, Г.Х.Гефле, С.В.Финкельштейном, А.Н.Фурсовым, а В.П.Вавилов, Б.Н.Епифанцев, Г.Г.Тиванов защитили докторские диссертации. Томская группа участвовала в ряде крупных научно-технических программ аэрокосмического и военного профиля, например по программе космического челнока «Буран».

В начале 90-х годов были установлены тесные международные связи и налажен обмен специалистами с Канадой, Италией, Германией, Финляндией, Францией, Колумбией. Выяснилось, что ряд теоретических идей 80-х годов, например в области динамической тепловой томографии, может быть поставлен на экспериментальную основу путем комбинирования отечественной методологии и западной ИК-аппаратуры. В настоящее время отдел теплового контроля НИИ интроскопии активно участвует в международном разделении исследований по данной тематике, поддерживая рабочие связи с ИК-комитетом Американского общества НРК, Международной академией ИК-термографии, Европейской группой «Евротерм» по количественной ИК-термографии и другими организациями.

В последние годы акцент сделан на комбинирование оригинального программного продукта с зарубежной тепловизионной техникой. Усилиями коллектива отдела тепловых методов контроля созданы и поставляются за рубеж пакеты компьютерных программ, не имеющие мировых аналогов. Разработаны программы для решения прямых задач теплопроводности твердых тел классическими («Мультизэйер») и численными методами («Термо.Хит-2Д», «Термо.Хит-3Д» и «Термо.Калк»). Для решения обратных задач теплового контроля, то есть для осуществления тепловой дефектометрии и томографии путем обработки последовательностей тепловых изображений, создана программа «Термидж Про». Специально для использования в ИК-съемке строительных сооружений создана программа «Бильдидж», где предложен способ построения так называемых карт дефектов на основе статистического анализа результатов. В настоящее время разрабатывается ма-

тематическое обеспечение для проведения тепловизионного медицинского скрининга больших контингентов населения (условное название «Медидж»).

В области чисто тепловизионных систем отечественные приборы не выдерживают конкуренции с фирмами «Агема», «Инфраметрикс», «Эф-ЭС-Ай» и т.п., поэтому аппаратные усилия авторов были направлены на разработку установок, которые могут называться тепловыми дефектоскопами. В качестве таких установок могут служить компьютерные тепловизионные системы, ядром которых являются быстродействующие отечественные или зарубежные тепловизоры. В то же время существенным элементом таких систем являются нагреватели, выбор типа которых зависит от объекта контроля. Одним из первых отечественных приборов такого типа являлся фоторегистрирующий ИК-дефектоскоп ФИД-1, предназначенный для документированного контроля качества пайки в металлических теплообменниках. Для испытаний цилиндрических резинометаллических втулок была создана полуавтоматизированная тепловизионная система, использующая индукционный нагреватель. В приборах серии «Тау», предназначенных как для измерения теплофизических характеристик, так и для отбраковки массовых многослойных изделий, например мощных тиристоров, использовалась лампа-вспышка энергией до 2 кДж. Контроль износостойкости режущего инструмента осуществляли на лазерной установке с энергией нагрева в импульсе до 15 Дж (лазерная часть системы разработана В. П. Ципилевым). С помощью такой установки испытана партия резцов фирмы «Роберт Бош» (Германия), в результате чего показано, что предложенный метод является единственным, позволяющим предсказывать срок службы режущего инструмента с надежностью более 80%, тогда как традиционные методы испытаний ограничивали эту величину 30%.

В настоящее время авторы эксплуатируют компьютерную систему на базе тепловизора «Термовижн-470» и нагревателя из 7-ми ксеноновых ламп общей мощностью 35 кВт. Система может быть использована для контроля композиционных материалов и металлов большой толщины.

С появлением в отделе портативного тепловизора «Термовижн-470» стало возможным проводить полевую съемку объектов с целью анализа их теплового состояния и обнаружения дефектов (английские термины: «predictive maintenance» и «condition monitoring»). По инициативе Администрации г. Северска Томской области с 1996 г. тепловизионная диагностика успешно используется жилищно-коммунальными службами при приемке жилья и расследовании жалоб жильцов на тепловой дискомфорт в квартирах. Работы по энергосбережению и контролю дефектов в строительстве выполнялись в г. Сургуте, Томске, Новосибирске. Методика тепловизионной диагностики в строительстве утверждена Томским центром стандартизации, метрологии и сертификации в 1997 г. В течение ряда лет сотрудники Томского НИИ интроскопии принимают участие в программе сохранения памятников старины в Италии (метод тепловой томографии применен для обнаружения отслоений между фресками и кирпичной стеной в церквях г. Падуя, а также при ремонте дворца Палаццо делла Раджионе в г. Милане).

Тепловизионный метод внедрен на Томской дистанции электроснабжения при 100%-й диагностике контактов открытых и закрытых распределительных устройств, что позволило отказаться от услуг ремонтников и установить межремонтный период равным 1 году. Аналогичные работы выполнены для Воткинской ГЭС, предприятия «Омскэнерго» и «Пермьтрансгаз».

Сотрудниками отдела выполнена ИК-съемка дымовых труб нефтебазы «Грушовая» (г. Ново-российск) и тепловой станции ТС-1 СО РАН (г. Новосибирск), на основе чего в настоящее время разрабатывается соответствующая методика. На Томском электроламповом заводе составлен атлас термограмм стекловаренной печи, что позволяет производить периодическую оценку ее технического состояния в рабочем режиме.

В последние годы авторы работают над внедрением метода вертолетной аэросъемки трасс газо- и нефтепроводов. Пробный облет газопровода в системе «Пермьтрансгаз» показал, что ИК-диагностика не имеет себе равных по оперативности и документированности; при этом легко обнаруживаются дефекты типа «всплывания» нитки трубопровода на поверхность, а также выявляются, после выработки у оператора навыков расшифровки термограмм, утечки газа малой интенсивности.

В 1997 г. по заданию Администрации г. Северска выполнен медицинский скрининг населения деревни Наумовка, находящейся в зоне влияния Северской атомной станции, на основании чего составлена диаграмма распределения патологий у жителей деревни.

В области тепловой томографии совместно с исследователями из Института холодильной техники (Италия) разрабатывается способ фазовой фурье-томографии, который основан на попиксельном одномерном преобразовании Фурье, примененном к функции развития температуры в процессе нагрева – охлаждения. При этом, аналогично обработке термограмм во временной области, удастся значительно снизить шумы.

В ближайшие годы предполагается рост интереса к ИК-термографии при обнаружении коррозии трубопроводов, цистерн, сосудов и т.п. объектов. В сотрудничестве с итальянскими исследователями заложены основы простого количественного способа оценки коррозии, который в настоящее время реализован в специализированной компьютерной программе.

В области строительной термографии ведется усовершенствование алгоритма измерения сопротивления теплопередаче, регламентируемого СНиП. На основании результатов анализа причин разрушения казармы ТВВКУС (г. Томск, 17 июля, 12 человеческих жертв), высказана догадка о возможности применения ИК-термографии для обнаружения аномальных механических напряжений в строительных конструкциях (мостах, лестничных маршах, жилых домах и т.д.).

Акустико-эмиссионный неразрушающий контроль

Лаборатория акустико-эмиссионных методов неразрушающего контроля создана в 1989 г., руководителем которой был назначен Б.М. Лапшин.

Тематика лаборатории: «Разработка акустико-эмиссионных методов и средств неразрушающего контроля объектов трубопроводного транспорта и крупногабаритных объектов нефтяного и химического производства». Созданию лаборатории предшествовали работы по акустической эмиссии и акустико-эмиссионному течеисканию. К тому времени были получены определенные положительные результаты. Был создан и внедрен на ряде предприятий министерства нефтяной промышленности акустический течеискатель АЭТ-1МС. От внедрения этого прибора был получен реальный экономический эффект, превышающий один миллион рублей (в ценах 1990 г.) Что стоила, например, обнаруженная утечка на подводном переходе нефтепровода Александровское-Анжеро-Судженск через реку Обь в устье Томи (труба диаметром 1000 мм). Утечка была обнаружена в подводной части нефтепровода на глубине 8 м за время менее трех часов. Традиционными методами этот дефект искали более трех лет.

Кроме поставки приборов в то время были оказаны услуги целому ряду строительных трубопроводных управлений в определении местоположения утечек: переход водовода через р. Шексну, два перехода через р. Оку, утечка в трубе нефтепровода через р. Обь в районе г. Сургута, и на ряде других трубопроводов.

Ко времени образования лаборатории был разработан вариант прибора для регистрации прохождения по нефтепроводу различных внутритрубных объектов СПРА-2. Проводились первые работы по созданию акустико-эмиссионной аппаратуры непрерывного контроля и диагностики линейной части магистральных нефтепроводов. Велись теоретические и экспериментальные работы. Ряд министерств (Миннефтепром, Миннефтегазстрой, Минмонтажспецстрой, Мингазпром и другие) проявляют повышенный интерес к работам, дают средства на проведение научно-исследовательских работ. Первыми заказчиками лаборатории были Производственное объединение «Магистральные нефтепроводы Центральной Сибири» (Томск) и главк министерства нефтяной промышленности «Главтранснефть» (Москва).

Наиболее значительные результаты исследований лаборатории получены в работе по созданию «Акустико-эмиссионной системы непрерывного контроля герметичности экологически опасных участков нефтепроводов СНКГН-1 и СНКГН-2» или системы мониторинга герметичности, как их сейчас называют. Эта работа была отмечена как лучшая в приказе министра нефтяной промышленности в 1991 г. За комплекс научно-исследовательских работ, выполненных по областной

научно-технической программе «Ускорение-90» и внедренных на нефтепроводном транспорте Томской области, лаборатории было присуждено первое место.

За все это время сотрудниками лаборатории накоплен уникальный опыт по обнаружению утечек нефти, воды и других жидкостей в линейной части подводных и подземных трубопроводов, запорной арматуре при испытании и в процессе эксплуатации, по сопровождению перемещаемых внутри трубопроводов объектов (скребков, дефектоскопов, разделителей и других средств). Накоплен опыт по монтажу аппаратуры обнаружения утечек.

По тематике лаборатории в 1991 г. Е.Д. Николаева успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Разработка акустико-эмиссионного метода непрерывного контроля герметичности подводных трубопроводов».

Сегодня аппаратура обнаружения утечек внедряется по всей территории России – Томск, Стрежевой, Н.Новгород, Самара, Новороссийск, Ухта, Пермь. В основном это подводные переходы нефтепроводов. Прибор – сигнализатор прохождения внутритрубных объектов СПРА-4 освоен в производстве на Томском электротехническом заводе и поставляется трубопроводным управлением. Изготовление течейскаателей АЭТ-1МС освоено опытным производством института. Нефтепроводным управлениям поставлено более 150 таких приборов. Ведутся работы по модернизации аппаратуры СНКГН-1 и СНКГН-2. Для этой аппаратуры разрабатываются новые пакеты программного обеспечения. Разрабатывается принципиально новый, на другом физическом принципе, сигнализатор прохождения внутритрубных объектов.

Радиационные испытания материалов и приборов

Свою историю отдел ведет с 1968 г., когда в организуемом НИИ электронной интроскопии был создан сектор корпускулярной дефектоскопии в составе двух лабораторий: лаборатории электронной дефектоскопии (руководитель – к.т.н. доцент В.Н.Руденко) и лаборатории нейтронной дефектоскопии (руководитель – к.ф.м.н. доцент Г.Ш.Пекарский). Научным руководителем работ по электронной дефектоскопии был профессор Б.А.Кононов, докторская диссертация которого была посвящена разработке научных основ этого направления исследований, а именно: радиометрические методы контроля слоистых материалов и изделий, контроль покрытий (альбедные методы контроля), электронная интроскопия и макроканализирование электронов. Последнее направление стало основой для докторской диссертации профессора В.В.Евстигнеева, ныне ректора Алтайского государственного университета. В 1970 г. лаборатория электронной дефектоскопии стала самостоятельным подразделением НИИ электронной интроскопии. Большое внимание уделялось разработке бетатронов с выведенным электронным пучком как источникам электронного излучения для разрабатываемых методов контроля.

В 1974 г. в лаборатории были организованы секторы электронной дефектоскопии и источников электронов. В конце 70-х годов к этим секторам добавился сектор контроля электрических потенциалов в диэлектриках. Работы велись по следующим направлениям:

- дефектоскопия слоистых (составных) материалов электронным пучком бетатрона (Б.А.Кононов, К.А.Дергобузов., В.М.Зыков, В.П.Борисов, Н.Т.Юнда);
- контроль величины зазоров в работающих двигателях внутреннего сгорания (В.Н.Руденко и В.Д.Каратаев);
- контроль толщины покрытий (В.Н.Руденко и В.Д.Каратаев);
- контроль, в том числе послойный, плотности изделий (В.Б.Сорокин);
- радиационные испытания ИК-фотоприёмников (В.М.Зыков и Н.Т.Юнда);
- протонная радиография (Б.А.Кононов и А.Л.Лукин);
- контроль распределения потенциалов в диэлектриках в процессе радиационного облучения (О.Б.Евдокимов и Н.И.Ягушкин);
- разработка спектрометров сильноточных пучков электронов (К.А.Дергобузов).

Научно-исследовательские работы и разработки велись по хозяйственным о поставке научно-технической продукции, а также по договорам о сотрудничестве с рядом ведущих предприятий и организаций страны: Военно-инженерной академией им А.Ф.Можайского (Ленинград), Зааводом

«Краснознаменец» (Ленинград), Институтом атомной энергии (Москва), НИИ двигателей (г. Москва), Институтом прикладной физики (Москва), ВНИИ радиационной техники (Москва), Институтом медико-биологических проблем (Москва). На промышленные предприятия был поставлен ряд разработок: электронный дефектоскоп СЭД-1, спектрометр сильноточных пучков электронов, установка для контроля зазоров в двигателях внутреннего сгорания. Ряд разработок по испытаниям и повышению надежности материалов и приборов был внедрен на предприятиях оборонно-космических отраслей промышленности.

В 70-е годы сформировались новые перспективные направления исследований: радиационные испытания полупроводниковых приборов и радиационные испытания диэлектрических конструкционных материалов космического применения. Положительным фактором, способствующим развитию лаборатории, являлось тесное взаимодействие лаборатории с кафедрой 12 физико-технического факультета Томского политехнического института (зав. кафедрой профессор Б.А.Кононов). В результате совместных с кафедрой усилий с момента образования лаборатории до конца 70-х годов было защищено 15 кандидатских и одна докторская диссертация (О.Б.Евдокимов).

В 1980 г. лаборатория электронной дефектоскопии была преобразована в отдел электронной дефектоскопии, состоящий из двух лабораторий. Руководителем отдела был назначен В.М.Зыков.

Основная тематика отдела в 80-е годы – разработка методов и средств радиационных испытаний конструкционных диэлектрических и полупроводниковых материалов для космической техники. Работы велись по следующим направлениям:

- разработка методов и средств радиационных испытаний монокристаллического примесного кремния и ИК-фотоприемников глубокого охлаждения на воздействие факторов космического пространства;

- испытания конструкционных диэлектрических материалов и элементов космических аппаратов на радиационную электризацию;

- радиационные испытания элементов бортовой аппаратуры космических аппаратов.

Совершенствовалось научное оборудование. Совместно с НИИ полупроводниковых приборов (А.П.Мамонтов) был запущен в эксплуатацию линейный ускоритель электронов ЭЛУ-4, который затем получил метрологическую аттестацию на проведение испытаний элементов радиоэлектронной аппаратуры космического применения. В то же время были разработаны и запущены в эксплуатацию два испытательных стенда «Прогноз» для испытаний диэлектрических конструкционных материалов и элементов космических аппаратов.

Для предприятий страны был выполнен ряд разработок:

- управляемый ЭВМ-комплекс испытательного оборудования в составе бетатрона на энергию электронов 6 МэВ и гелиевого криостата для испытаний ИК-фотоприемников глубокого охлаждения на воздействие факторов открытого космического пространства;

- автоматизированное криогенное оборудование на основе транспортного гелиевого сосуда СТГ-40 для имитационных испытаний ИК-фотоприемников на воздействие факторов космического пространства;

- новая модификация экранно-вакуумной изоляции для космических аппаратов, обеспечивающая более надежную защиту от радиационной электризации;

- аппаратура для исследования электрических потенциалов на поверхности космического аппарата в процессе его движения по орбите.

Аппаратура для исследования электрических потенциалов была установлена на одном из космических аппаратов и участвовала в проведении натурного эксперимента в космосе. Разработанная экранно-вакуумная изоляция была официально рекомендована для применения предприятиями космической отрасли. Криогенное испытательное оборудование было запущено в эксплуатацию на одном из предприятий оборонной промышленности Москвы. Ряд работ выполнялся по договорам о научно-техническом сотрудничестве с НПО КВАНТ (Москва), НПО им. Лавочкина (Москва), НИИЯФ МГУ (Москва), ЦНИИМаш (г.Калининград Моск. обл.), МАИ (Москва), НГУ (Новосибирск), КрасГУ (Красноярск).

В конце 80-х годов силами отдела и НПО Прикладная механика (г. Железногорск Красноярского края) в Томске были проведены две Всесоюзных научно-технических конференции по проблеме радиационной электризации комических аппаратов и подготовлена монография – справочник по методам испытаний на радиационную электризацию для предприятий космической отрасли. Была опубликована монография по протонной радиографии (Б.А. Кононов, А.Л. Лукин). По результатам исследований было защищено 8 кандидатских диссертаций и одна докторская (Н.И. Ягушкин).

К началу 90-х годов в НИИ интроскопии на базе отдела радиационных испытаний при финансовой поддержке НПО Прикладная механика был организован Центр радиационных испытаний «Горизонт». Этот центр был предназначен для проведения испытаний элементов и узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов и обслуживания предприятий космической отрасли Сибирского региона. В 1991 г. в НИИ интроскопии прошла 1-я Всесоюзная научно-техническая конференция «Радиационная стойкость бортовой аппаратуры и элементов космических аппаратов», в которой приняли участие большинство ведущих отраслевых и вузовских научных коллективов страны, занимающихся проблемой надежности космических аппаратов. Кроме того, на конференции были широко представлены предприятия космической отрасли.

В 90-е годы был выполнен ряд разработок для космической промышленности:

- автоматизированный сканер для испытаний солнечных батарей космических аппаратов;
- новая модификация метода контроля элементов космических аппаратов с помощью электростатического генератора;
- методы и средства моделирования электронной компоненты радиационных поясов Земли на ускорителях электронов;
- модель и метод моделирования радиационного отклика МОП-транзистора для прогнозирования ресурса работы электронной аппаратуры в космосе на основе результатов наземных испытаний.

Работы по космической тематике выполнялись по договорам с предприятиями и организациями Москвы, Краснодара и Сибирского региона. Значительный вклад в эти работы внесли руководившие отделом в 90-е годы д.т.н Н.И.Ягушкин и заведующий кафедрой ТПУ профессор В.М.Лисицын.

Кроме того, ряд работ проводился по программам «Технические университеты России», «Физмат», инновационной программе «Трансфертные технологии». Был разработан и запатентован метод контроля примесных полупроводников, обладающий высокой чувствительностью контроля примесей и дефектов компенсирующего типа.

В условиях сокращения финансирования работ по космической тематике большое внимание в последние годы было уделено разработке методов радиационной стерилизации на линейном ускорителе электронов медицинских изделий и сырья для медико-фармацевтической промышленности. Разработанные методики были использованы для выполнения работ по хоздоговорам с предприятиями НПО Меднорд, Томским приборным заводом, Томским химико-фармацевтическим заводом.

Радиометрический неразрушающий контроль

Лаборатория радиометрического НК создана в середине 60-х годов. Руководителем лаборатории с самого начала был О.И.Недавний. Коллектив в начале своей деятельности разрабатывал радиометрические одноканальные и дифференциальные дефектоскопы для контроля металлических и неметаллических материалов на основе различных источников излучения: изотопы; рентгеновские аппараты, бетатроны. Работали в этом направлении: О.И.Недавний, Г.Г.Гизатуллин, Г.Н.Будженов, Б.И.Капранов, К.М.Бочкарев, Г.М.Бочкарев, Ш.Р.Гизатуллин. Позже к ним присоединились выпускники ФТФ ТПИ В.А.Забродский, В.И.Выстропов, В.И.Опокин, а также выпускники ТИАСУРа В.Я.Грошев, В.А.Шаверин.

С 1970 г. проводится большой цикл работ по использованию обратно-рассеянного гамма- и рентгеновского излучений для контроля материалов и изделий. Использование обратно-рассе-

янного излучения выявилось как единственное средство для решения задач радиационного контроля в условиях, когда имеется односторонний доступ к контролируемому изделию.

В различных отраслях промышленности (машиностроение, судостроение, химическая промышленность и т.д.) возникло и имелось большое число таких задач контроля. Поэтому направление альbedo-контроля сразу приобрело актуальность и широкое практическое применение. Работа проводилась в двух целевых направлениях: создание средств контроля физико-механических характеристик материалов и изделий (толщиномеры материалов и защитных покрытий, плотномеры материалов и изделий, измерители массовой толщины покрытий, измерители содержания компонент и др.); создание средств альbedo-дефектоскопии.

Второе направление исторически появилось раньше и было представлено двумя моделями альbedo-дефектоскопов ДАР-1 и ДАР-2. Они позволяли обнаруживать в сварных алюминиевых швах поры объемом приблизительно 0,5 мм. Однако из-за отсутствия в 70-е годы средств обработки на базе микро-ЭВМ, дефектоскопы не обеспечивали оперативной расшифровки информации (результаты контроля регистрировались в виде спиральной развертки шва на диаграммной ленте самописца) и ее наглядного представления. С 1987 г. работы в этом направлении начаты вновь, но уже на новой базе средств вычислительной техники с использованием достижений рентгеновской томографии (работы по формированию изображения сечения объекта при одностороннем доступе : альbedo-томография).

Создание средств альbedo-контроля физических параметров явилось альтернативой альbedo-дефектоскопии и сразу получило широкую популярность и применение.

К работам в этом направлении присоединились выпускники более позднего поколения: О.А.Сидуленко, Л.З.Хрипунов, Б.К.Гугович.

Разработаны и внедрены в различных отраслях народного хозяйства несколько типов приборов: радиоизотопные толщиномеры МТД, плотномеры РАКС, рентгеновские плотномеры РПП-1, толщиномеры РЕИТ. Выпускаются небольшими партиями толщиномеры гальванохимпокрытий РЕИТ, приборы контроля защитных покрытий УИПП-Р.

Перспективой развития работ в этом направлении является использование средств микропроцессорной техники для расширения функциональных возможностей приборов, их унификации, повышения оперативности и производительности контроля.

Основная доля разработок выполнена для предприятий военно-промышленного комплекса.

Толщиномеры гальванохимпокрытий РЕИТ и приборы контроля защитных покрытий УИПП-Р эксплуатируются до настоящего времени.

Наибольший вклад в работы по отмеченным направлениям внесли: О.И.Недавний, Б.И.Капранов, В.А.Забродский, В.И.Выстропов, В.И.Опокин, В.Я.Грошев, В.А.Шаверин. В 1988 г. О.И.Недавним защищена докторская диссертация.

В настоящее время основным направлением исследований лабораторий является комптоновская томография и разработка систем толщинометрии и плотнометрии. В области комптоновской томографии НИИ интроскопии является ведущим разработчиком в России.

Автоматизация обработки результатов неразрушающего контроля

Бурное развитие вычислительной техники в 70-х годах и ее широкое использование в процессах автоматизации обработки результатов измерений вызвало насущную необходимость создания в структуре НИИ интроскопии специализированного подразделения по компьютерной обработке результатов радиационного неразрушающего контроля. Такой отдел создан в 1978 г. Руководителем отдела был назначен А.К.Темник, который остается им до настоящего времени. Коллектив отдела состоял из высококвалифицированных специалистов как в области получения первичной информации радиационными методами контроля (В.Б.Кузнецов, Г.Е.Бутова, А.К.Темник), в сферу деятельности которых входила разработка алгоритмов, позволяющих с высокой достоверностью обнаруживать локальные неоднородности в материалах и изделиях, так и разработчиков аппаратных средств и программного обеспечения (А.С.Чекалин, В.А.Баранов, С.В.Чухлов, О.Я.Евтушенко, Н.И.Кононова), реализующие оригинальные процедуры и позволяющие осуществлять различ-

ные математические операции по визуализации результатов контроля и расчета параметров обнаруженных дефектов.

Созданная в отделе аппаратура и программное обеспечение позволили создать серию автоматизированных комплексов АСОРИ – 1,2,3 для обработки радиометрической информации при контроле сложнопрофильных изделий из пластмассы, железобетона и других материалов.

Разработанные алгоритмы цифрового нелинейного томосинтеза, реализованные в программно-аппаратном комплексе «ВЕРДИКТ», позволили осуществить послойную визуализацию внутренней структуры контролируемого изделия и последующее определение местоположения, конфигурацию и геометрические размеры обнаруженных дефектов.

Заказчиками разработок, проводимых в отделе, являются как предприятия оборонной промышленности, так и промышленные предприятия машиностроения и строительной индустрии.

В настоящее время отдел проводит исследования по созданию автоматизированных систем комплексного анализа информации, полученной различными методами неразрушающего контроля: виброакустическими на базе созданных в отделе приборов типа «СПРУТ» и радиационными системами. Такое направление научных исследований позволит повысить достоверность полученных результатов и расширить диапазон контролируемых изделий.

Неразрушающий контроль с применением газоразрядных преобразователей

Лаборатория газоразрядных преобразователей (ГРП) создана в 1970 г. по инициативе В.К. Кулешова после того, как им была апробирована идея преобразования рентгеновского изображения в видимое с помощью газового разряда. Исследовалась возможность применения газоразрядного преобразователя рентгеновского изображения в медицине совместно с НИИ интроскопии (Москва). В.К. Кулешовым и его учениками: А.С. Кулешовым, В.Н. Ланшаковым, В.И. Выстроповым был реализован макет установки, позволяющей проводить исследования параметров ГРП. Постепенно исследовательская группа пополнилась молодыми специалистами, в основном выпускниками физико-технического факультета: В.Д. Делем, С.В. Ларионовым, А.К. Зайцевым, Ю.В. Алхимовым. Полученные результаты были настолько основательными, что все они постепенно защитили кандидатские диссертации. В 1989 г. докторская диссертация была защищена В.К. Кулешовым, являющимся бессменным руководителем этого направления. Таким образом была создана научная школа, на счету которой около 150 трудов как в отечественных, так и зарубежных изданиях, подготовившая десять кандидатов и одного доктора наук. В настоящее время в ней проходят подготовку два аспиранта, один докторант, имеется два соискателя по кандидатским диссертациям.

Сложившееся научное направление – исследование и разработка сверхвысокочувствительных преобразователей радиационного изображения и малодозовых средств контроля качества на их основе.

По разработкам коллектива создано и внедрено около двух десятков приборов и устройств малодозового контроля на различных предприятиях (ЛНПО «Буревестник», КБТМ «Точмаш», НИИ ГРП, НИИ «Геодезии», НИИ МР АМН, институт кардиологии Томского филиала АМН РФ и др.). Научные достижения школы официально признаны академическими организациями.

Основными достижениями лаборатории являются следующие:

- Создан комбинированный газоразрядный преобразователь с люминофором (ГРЛП), позволивший увеличить яркость изображения на три порядка по сравнению с ГРП. Помимо увеличения яркости свечения достигнуто увеличение дозовой чувствительности прибора и соответственно снижение дозовых нагрузок на контролируемый объект. Это, в свою очередь, повышает безопасность работы оператора и снижает вредное воздействие на окружающую среду.
- Предельно упрощена конструкция ГРЛП, позволившая наладить мелкосерийное промышленное изготовление приборов различных размеров.
- Миниатюризирована система обеспечения преобразователей, позволившая изготавливать переносные приборы кейсового исполнения для работы в автономных (полевых) условиях.
- Разработана и внедрена установка для контроля крупногабаритных объектов (1 × 2 м).

- Разработана система визуализации рентгеновских изображений пикосекундной длительности с использованием преобразователей с воздушным заполнением (вместо инертных газов).
- Разработана и внедрена установка для регистрации быстропротекающих процессов высокоэнергетическим гамма-излучением (~ 70 МэВ) с длительностью 10 нс.
- Создана физико-математическая модель преобразования скрытого радиационного изображения в видимое.

В настоящее время проводятся исследования предельно-плотной пространственной структуры газового разряда в различных условиях работы ГРП и ГРЛП. Работа выполняется под руководством проф. В.К.Кулешова.

Аттестационный региональный центр специалистов по неразрушающему контролю НИИ интроскопии при Томском политехническом университете

Разработка физических методов, методик и аппаратуры контроля качества всегда является важным элементом государственной политики обеспечения качества в науке, технике, производстве, здравоохранении, в социальных и информационных сферах. Об этом свидетельствует наличие в стране таких государственных учреждений, как Госстандарт, Госгортехнадзор, Госатомнадзор и широкой сети научно-исследовательских институтов, занимающихся проблемами качества. За последнее десятилетие в России получил большое развитие еще один элемент общей системы обеспечения качества – подготовка и аттестация специалистов по неразрушающему контролю (НК), имеющих право работы на объектах, подконтрольных Госгортехнадзору России. В свою очередь, Госгортехнадзор обеспечивает техническую политику в области надежности и контроля качества во всех ключевых областях экономики России и на всех технически сложных гражданских объектах.

Подготовка и аттестация специалистов по НК в настоящее время обеспечивается широкой сетью аттестационных региональных центров (АРЦ), которые работают на основании лицензии Госгортехнадзора (разрешающей проводить обучение и аттестацию специалистов 1-го и 2-го уровней по НК,) и лицензии Национального аттестационного комитета. На сегодняшний день сеть таких АРЦ действует по всей России, несколько центров работает в Москве, остальные находятся в крупных промышленных и научных центрах страны, и их деятельность в большей мере соответствует определению «региональный». Так, например, зона деятельности Томского центра охватывает регионы Западной Сибири, Кузбасса, Алтая и Казахстана. Основные отрасли-потребители услуг центра: тепловая энергетика, нефтехимия, добыча и транспортировка нефти и газа, транспорт.

Медицинское приборостроение

Лаборатория медицинского приборостроения создана как межвузовская лаборатория в 1976 г. по решению Совета ректоров Томска на базе Томского политехнического университета (ТПУ) и ряда кафедр Сибирского медицинского университета (СМГУ).

Первый коллектив лаборатории был сформирован из сотрудников и аспирантов кафедры информационно-измерительной техники, вычислительной техники, технологии силикатов ТПУ и сотрудников кафедры ЛОР-болезней, гинекологии и акушерства, хирургии и курса урологии СГМУ, работающих в лаборатории по совместительству.

Организаторами межвузовской лаборатории медицинского приборостроения были доцент кафедры информационно-измерительной техники Д.К.Авдеева и ряд ученых ТПУ и СМГУ – зав. каф. ИИТ, проф., д.т.н. И.Г.Лещенко, зав. каф. технологии силикатов, проф., д.т.н. В.И.Верещагин, бывший проректор ТПУ, проф., д.т.н. В.А.Москалев, зав. каф. ЛОР болезней СГМУ, проф., д.м.н. Ю.И.Красильников, зав. каф. гинекологии и акушерства СГМУ, член-корреспондент АМН РФ, проф., д.м.н. А.А.Радионченко и другие ученые ТПУ и СГМУ.

Советом ректоров Томска на должность заведующей лабораторией была назначена доцент Д.К.Авдеева, которая является заведующей и в настоящее время.

Основное научное направление лаборатории – это разработка и исследование новых методов измерения, контроля и технологий с целью создания новейшей медицинской диагностической аппаратуры для неинвазивной оценки состояния различных органов и тканей человека.

Лаборатория в течение 22 лет работает в тесном контакте с кафедрой ЛОР-болезней СГМУ и кафедрой технологии силикатов ТПУ.

Основными заказчиками научно-технических разработок являются Минздравмедпром РФ, головной институт Минздравмедпрома ВНИИИМТ (Москва), медицинской техники.

На базе лаборатории и опытного производства института организовано наукоемкое мелкосерийное производство хлор-серебряных электродов на базе пористой керамики для целей электрокардиографии, электроэнцефалографии, электромиографии, электрокохлеографии, электрогастрографии и электроокулографии, в том числе для детей.

В лаборатории разработаны: прибор для бесконтактного измерения колебаний барабанной перепонки уха человека, медицинский металлоискатель, вихретоковый реограф для бесконтактной послойной реографии органов и тканей, автоматизированная система для объективного исследования органа слуха человека. Спроектирован передвижной автоматизированный сурдологический центр для отдаленных районов Сибири и Дальнего Востока, объективный аудиометр для съема слуховых вызванных биопотенциалов, модели звукопроводящего аппарата органа слуха человека и рецен торно-неврального аппарата слуховой системы при воздействии различными акустическими стимулами.

В настоящее время в лаборатории выполняются научные исследования совместно с кафедрой ЛОР-болезней СГМУ в области разработки слухоизмерительной аппаратуры, проводятся исследования технологий изготовления хлор-серебряных электродов совместно с кафедрой технологии силикатов ТПУ. Серийно выпускаются хлор-серебряные электроды на базе пористой керамики для широкого применения в медицине, разрабатывается новая электронная медицинская аппаратура.