

НЕ ОСТАНАВЛИВАТЬСЯ НА ДОСТИГНУТОМ!



МУРАВЬЕВ Виталий Васильевич

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики», ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, Ижевск

Расскажите о себе. Каковы основные направления и специфика вашей научной работы?

Основные направления моей работы — это акустические методы исследований и структуроскопии сталей и сплавов и неразрушающий контроль изделий из них.

С чего вы начинали?

С 1972 по 1976 гг. я работал инженером в Особом КБ при Новосибирском электровакуумном заводе, занимался научными исследованиями в области электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа материалов электронной техники. В 1976 — 2006 гг. я работал в НИИЖТ (в настоящее время Сибирский государственный университет путей сообщения СГУПС), пройдя путь от научного сотрудника кафедры физики до профессора, заведующего кафедрой «Электротехника, диагностика и сертификация», ученое звание профессора присвоено в 1994 г.

Какие события и люди повлияли на вас в профессиональном плане? Кого бы вы назвали своим учителем и почему?

В 1972 г. я окончил Сибирский металлургический институт им. С. Орджоникидзе (СМИ) в г. Новокузнецке по специальности «Физика металлов», кафедру возглавлял профессор Виктор

Моисеевич Финкель, занимавшийся проблемами возникновения и развития трещин в материалах, автор монографий «Физика разрушения. Рост трещин в твердых телах», «Физические основы торможения разрушения», «Портрет трещины» и др. Решающую роль при выборе специальности при переходе после второго курса со специальности «Автоматизация промышленных установок» вечернего факультета СМИ на дневное обучение сыграла встреча с В.М. Финкелем. Я планировал продолжить обучение в Новосибирском электротехническом институте, куда меня готовы были перевести на машиностроительный факультет. Но когда я пришел забирать документы, ректор СМИ Н.В. Толстогузов предложил мне выбрать любую из специальностей СМИ. Услышав, что мне интересны вопросы физического металловедения, он направил меня к В.М. Финкелю, который оказался на рабочем месте в августе (время отпусков). Посмотрев мою зачетку и увидев отличные оценки по физике и технологии металлов, он решительно заявил — «только в мою группу металлофизики» (специальность была по тем временам элитная, на которую поступали только медалисты). Так моя научная стезя была предрешена. Затем кафедру возглавил Лев Борисович Зуев, именно он оказал наибольшее влияние на мое становление как исследователя. Он был консультантом по кандидатской и докторской диссертациям. Докторскую диссертацию на тему «Закономерности изменения скорости распространения ультразвука при термической обработке сталей и алюминиевых сплавов» я защищал в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН в Томске, в 1993 г.

Расскажите о кафедре, которую вы возглавляете. Какие научные проекты ведутся на кафедре в данный момент?

С 2010 г. я стал заведующим кафедрой «Приборы и методы контроля качества» (в настоящее время «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. Кафедра готовит бакалавров по направлению «Приборостроение» по профилям «Приборы и методы контроля и диагностики» и магистрантов по программам «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и «Метрология, стандартизация, сертифи-



*Преподаватели и сотрудники кафедры «Электротехника, диагностика, сертификация», СГУПС (Новосибирск).
На верхнем фото вместе с коллективом лаборатории неразрушающего контроля*

кация». А история специальности «Физические методы и приборы контроля качества» начинается в 1981 г. Вновь созданная, она отвечала потребностям промышленности Удмуртской Республики и Волго-Вятского региона с развитыми службами неразрушающего контроля предприятий (Чепецкий механический завод, Воткинский машзавод, Ижсталь, Ижмаш, Ижевский механический завод, ИЭМЗ «Купол» и др.). Поддержка открытию специальности была оказана со стороны Уральского отделения АН СССР в лице чл.-кор. В.Е. Щербинина, акад. С.В. Вонсовского и директора Института физики металлов акад.

М.Н. Михеева, а также созданного Ижевского филиала Уральского отделения АН СССР (директор В.А. Трапезников).

Возглавляемая мной научная школа «Физические методы и средства измерений, контроля и диагностики технических объектов» развивается по следующим основным научным направлениям: разработка акустических методов контроля дефектности, оценки микроструктуры, механических свойств и остаточных напряжений металлопродукции и металлоизделий; а также разработка электромагнитно-акустических технологий НК и волноводных методов акустического контроля.



Выпускники на 75-летию Сибирского металлургического института (ныне Сибирский государственный индустриальный университет), 24 июня 2005 г. Все доктора наук, третий слева Л.Б. Зуев, зам. директора ИФПМ СО РАН, третий справа А.М. Глезер, директор Института металлургии РАН им. А.А. Байкова

Последние два научных направления были организованы на кафедре профессором Гравием Алексеевичем Буденковым и продолжают успешно развиваться и сейчас.

Научных проектов ведется достаточно много и достаточно разнообразных: наряду с грантами Российского научного фонда, которые стабильно выигрывают члены нашей научной школы начиная с 2015 г., грантами Минобрнауки по госзаданию, силами кафедры были выполнены и выполняются крупные НИОКР с такими предприятиями, как ПАО «Челябинский металлургический комбинат», АО «ЕВРАЗ ЗСМК», АО «Интроскан технолджи», завод «Нефтемаш» (группа компаний «Римера»), ООО «Силур», НПФ «Реалштурм», ООО «Комар», и множество хозяйственных работ по выполнению неразрушающего контроля, разработке технологической документации, методик контроля и пр.

Какое место занимает ваша научная школа в российской (мировой) науке, и какие достижения вы можете отметить?

Судить о месте нашей научной школы в российской (мировой) науке можно, например, по числу цитирований наших публикаций, а их только на мои труды более 4 тысяч, в том числе цитирований из зарубежных и переводных журналов более 600.

Наша научная школа «Физические методы и средства измерений, контроля и диагностики технических объектов» с 2012 г. регулярно при подведении итогов занимает 1 место среди 15 научных школ ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. Коллектив нашей научной школы на сегодняшний день — это четыре профессора, доктора наук, 12 доцентов, кандидатов наук, научных сотрудников, аспирантов, инженеров. За последние 5 лет (2017–2022) члены научной школы опубликовали 7 монографий, 78 публикаций в российских научных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, среди которых 50 — в журналах Web of Science и Scopus, около 30 патентов и зарегистрированных программных продуктов, выиграли 7 грантов, выполнили 390 хозяйственных договоров по сертификации персонала и повышению квалификации, договоров на НИОКР и НИР.

Члены коллектива научной школы дважды становились лауреатами Государственной премии Удмуртской Республики: в 2006 г. — Г.А. Буденков и О.В. Муравьева в составе коллектива авторов за работу «Комплексная технология дефектоскопии и упрочнения насосных штанг»; в 2020 г. — авторский коллектив в составе В.В. Муравьева, Д.В. Злобина, О.В. Муравьевой, А.В. Пряхина, В.А. Стрижака «За создание и внедрение инновационных (электромагнитно-акустических) технологий и прибо-



Кафедра «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» в полном составе с ректором и деканом на 70-летнем юбилее В.В. Муравьева вместе с коллективом центра по НК и гостями ФТИ КрО РАН

ров контроля металлоконструкций для устранения аварийности на объектах машиностроения, металлургии, нефтяной промышленности, железнодорожного транспорта».

Об уникальности разрабатываемого нами оборудования и методик свидетельствует факт их объединения в уникальную научную установку

(УНУ) «Информационно-измерительный комплекс для исследования акустических свойств материалов и изделий», зарегистрированную на портале научно-технологической инфраструктуры РФ (<http://ckp-rf.ru>), с использованием которой мы выполняем большинство научных договоров и грантов.



И.В. Разуваев в гостях у кафедры в ноябре 2019 г. во время проведения конференции «Приборостроение в XXI веке»



О.В. Муравьева, В.В. Муравьев на УЗДМ в Санкт-Петербурге, 10 июня 2010 г.



На вручении Госпремии Удмуртской Республики, в центре губернатор

Считаю, что наша научная школа — одна из ведущих в области развития методик волноводного акустического контроля линейно-протяженных объектов (прутки, трубы), а также развития бесконтактных электромагнитно-акустических технологий.

Где используются разработанные вами методики и приборы? В чем их особенность? Расскажите о новых технологиях и продуктах. Какими функциями и возможностями они обладают?

Начиная с 1980-х гг. под моим руководством были обеспечены разработка, изготовление, плановые поставки и техническое обслуживание акустических и акустико-эмиссионных диагностических комплексов для всех железных дорог России (более 200 средств контроля ИСП-12 и ИСП-21, СЦАД 16, УДС1-СИН), которыми оснащены 110 вагонных и локомотивных ремонтных предприятий ОАО «РЖД».

Методики акустического контроля, основанные на использовании нормальных волн Похгаммера реализованы в линейке акустических дефектоскопов насосно-компрессорных труб АДНКТ, насосных штанг АДНШ, прутков АДП и внедрены на предприятиях машиностроения и нефтяной промышленности. За период эксплуатации дефектоскопов АДНШ и АДНКТ с 2000 г. экономический эффект за счет продления срока службы элементов глубинно-насосного оборудования составил более 20 млрд рублей, в 4 раза увеличен межремонтный период работы нефтяных скважин вследствие сокращения числа подземных ремонтов за счет исключения из эксплуатации насосных штанг, насосно-компрессорных труб с пониженным ресурсом работы.

Среди современных разработок кафедры можно назвать: структуроскоп электромагнитно-акустический для оценки остаточных напряжений в металлоконструкциях «СЭМА», дефектоскоп электромагнитно-акустический прутков «ДЭМА-П», акустический измеритель длин труб «ЭХО-3.2» и уровня жидкости в скважине «ЭХО-2.2».

Особенности разрабатываемого нами специализированного оборудования:

- возможности возбуждения-приема практически любых типов упругих волн в твердых телах (продольных, поперечных, в том числе горизонтально-поляризованных, поверхностных — рэлеевских, головных, нормальных волн Похгаммера и Лэмба различных мод и порядков) в широком частотном диапазоне для широкого класса изделий (проволока, листы, прутки, трубы, рельсы, железнодорожные колеса и др.) и различных материалов (металлы, композиты, пористые и вязкоупругие среды);
- использование для возбуждения-приема акустических волн бесконтактных электромагнитно-акустических преобразователей и преобразователей с «сухим» контактом, обеспечивающих высокую достоверность и воспроизводимость измерений в отсутствии контактной жидкости, при шероховатой и загрязненной поверхности, при высоких скоростях сканирования;
- высокая точность измерения информативных параметров акустических волн (время распространения и амплитуда) за счет реализации метода многократных отражений, а также благодаря использованию высокочастотных и высокочастотных АЦП, специализированному программному обеспечению для управления, регистрации, обработки и анализа результатов измерений;
- возможность получения информации об упругих модулях, анизотропии свойств, структурном состоянии материалов, остаточных механических напряжениях при одноосном и двухосном напряженно-деформированном состоянии, внутренних и поверхностных дефектах.

Структуроскоп «СЭМА»
внесен в реестр средств измерений
№ 61957-15 RU.C.36.003.A № 60174



Дефектоскоп «ДЭМА-П»



Структуроскоп «ИСАВ-12М»



Уникальная научная установка «Информационно-измерительный комплекс для исследования акустических свойств материалов и изделий»

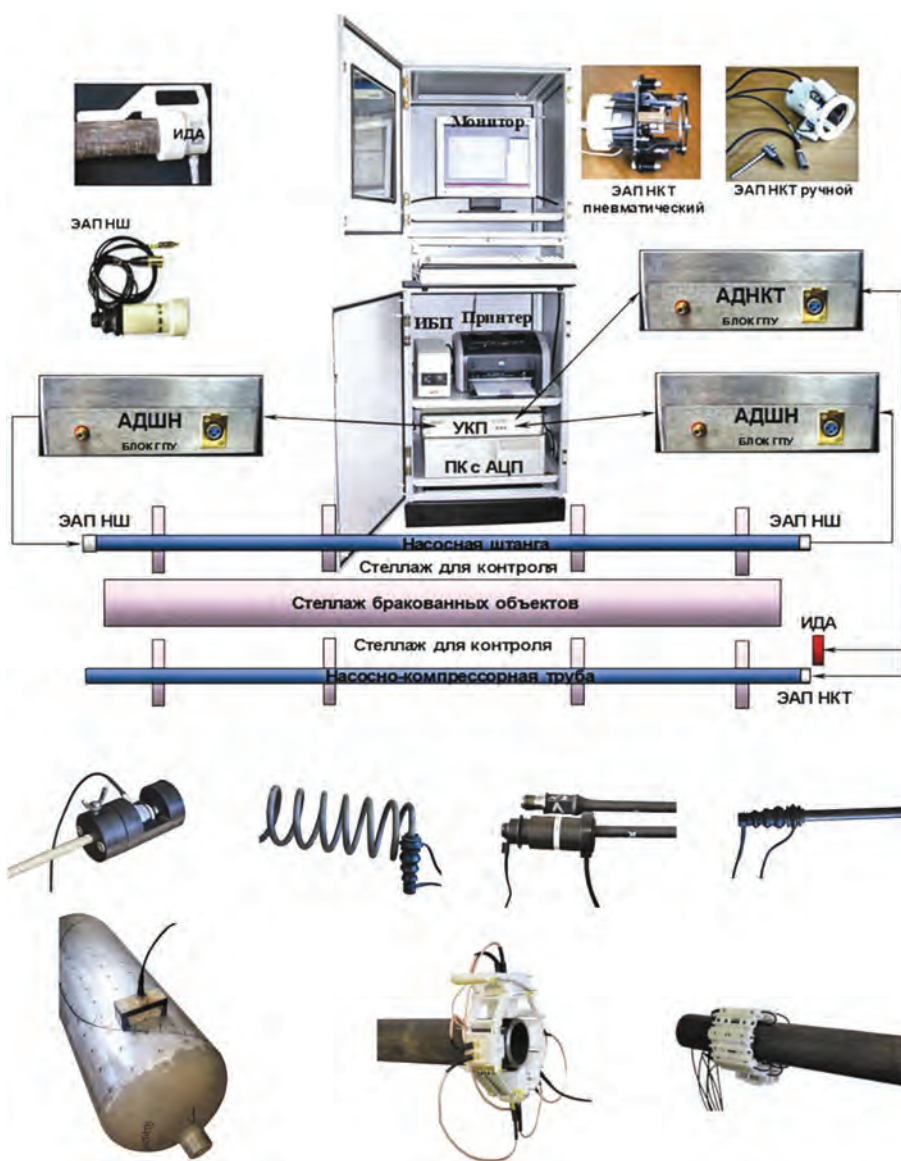
Как вы оцениваете уровень подготовки специалистов на сегодняшний день?

Уровень подготовки специалистов на сегодняшний день в целом считаю удовлетворительным, но попадают очень успешные ребята, ежегодно занимающие призовые места во Всероссийском конкурсе выпускных квалификационных работ студентов и магистрантов «Новая генерация», проводимом РОНКТД, а также Всероссийском конкурсе ВКР, проводимом Федеральным УМО по УГСНП 12.00.00 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии» (Университет ИТМО) и в конкурсах научных работ, проводимых другими университетами.

Как на вашей кафедре осуществляется поддержка и развитие талантливых студентов и молодых ученых?

Наряду с профессорско-преподавательской деятельностью, наши молодые ученые, в том числе аспиранты, ежегодно участвуют в заявочных компаниях и конкурсах на получение грантов Российского научного фонда, на договоры по госзаданию Минобрнауки, в хозяйственных проектах, являются стипендиатами Правительства РФ, Президента РФ, Правительства Удмуртской Республики, победителями конкурса «УМНИК». Молодые ученые постоянно участвуют в научно-технических конференциях и выставках.

Неотъемлемой частью деятельности нашего научно-педагогического коллектива является работа в Уполномоченном органе и экзаменационном центре по сертификации персонала в области неразрушающего контроля технических объектов железнодорожного транспорта, машиностроения и металлопроизводства. Организованный мной



Дефектоскоп АДШН внесен в реестр средств измерений № 34044-07, RU.C.27.005.A № 26957

Дефектоскоп АДНКТ внесен в реестр средств измерений № 54084-13, RU.C.27.003.A № 51415

Дефектоскоп АДП

в 2008 г. в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова центр сертифицировал свыше 4500 специалистов по акустическому, магнитному, вихре токовому, акустико-эмиссионному, визуально-измерительному, капиллярному видам и методам неразрушающего контроля. В центре работают семь специалистов 3-го уровня по каждому виду контроля и девять специалистов 2-го уровня по соответствующим технологиям и объектам контроля. Работа в центре – это возможность всегда находиться на переднем крае использования приборов и технологий в реальном секторе экономики и решать проблемы контроля опасных производственных объектов. Надо сказать, что уполномоченный орган и экзаменационный центр по сертификации персонала предоставляет дополнительное финансовое обеспечение нашим молодым ученым.

Благодаря такому разнообразию видов деятельности в нашем коллективе удается удерживать талантливую молодежь и не только удерживать, но и прирастать новыми кадрами.

Какие советы вы можете дать студентам, которые хотят заниматься научной работой?

На занятиях я рассказываю о множестве нерешенных проблем в области НК металлоизделий и конструкций, о том, что решать их интересно и перспективно. Говорю о возможностях коммерциализации научных исследований в рамках конкурсов «УМНИК», «СТАРТ», о том, что для молодых исследователей открыты все пути в плане поддержки со стороны государства в виде грантов РНФ, стипендий и пр.

Прививать интерес студентам к научным исследованиям мы пытаемся уже на третьем курсе. Сле-

дует отметить, что практически все наши ВКР не являются типовыми, а имеют научную составляющую и выполняются по заказам предприятий, а большинство бакалавров и магистров имеют свои собственные публикации.

Расскажите о своих лучших учениках.

Всего за время моей научной деятельности в СГУПС и ИжГТУ имени М.Т. Калашникова мною было подготовлено два доктора наук и 17 кандидатов наук. Наибольшую гордость испытываю за моего коллегу, друга и по совместительству «ученика» Александра Николаевича Смирнова, профессора кафедры технологии машиностроения КузГТУ им. Т.Р. Горбачева, организовавшего центр сварки и контроля КЦСК (г. Кемерово), а также за моих учеников из СГУПС Сергея Алексеевича Бехера и Алексея Леонидовича Боброва, защитивших докторские диссертации по тематике НК. Е.В. Бояркин, К.В. Власов и Е.М. Сухарев работают доцентами в СГУПС. Один из первых подготовленных мною кандидатов наук – Р.Р. Рамазанов работает преподавателем в техническом университете г. Дортмунда (Германия).

Отрадно, что, работая в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, мне удалось подготовить научные кадры для предприятий ОПК Удмуртской республики (А.В. Байтерьяков, К.А. Тапков, В.А. Кузнецова и П.Л. Кузнецов). Удалось укрепить нашу кафедру молодыми перспективными учеными, канд. техн. наук – Людмилой Владимировной Волковой, Андреем Валерьевичем Платуновым, Евгением Николаевичем Балобановым.

Ваш прогноз: какие технологии НК будут востребованы через 5, 10, 15 лет?

Прогноз могу дать по технологиям УЗК. На мой взгляд, безусловно востребованными останутся: технологии с использованием фазированных антенных решеток; механизация и роботизация средств НК; комплексирование различных методов в системах мониторинга опасных производственных объектов; использование «дальнодействующего» ультразвука; использование технологий лазерного возбуждения, которые только выйдут на рынок средств контроля; технологии оценки остаточного ресурса по результатам дефектоскопии; методы раннего обнаружения трещинообразования.

Если бы вы могли начать все заново, имея накопленный опыт, выбрали бы вновь то же направление или пошли бы по другому пути?

Если бы представилась возможность начать все сначала, однозначно выбрал бы вновь то же направление и тот же путь. И обязательно бы приехал в



Апробация разработанной методики ультразвукового контроля оси для специального подвижного состава на Камбарском машзаводе



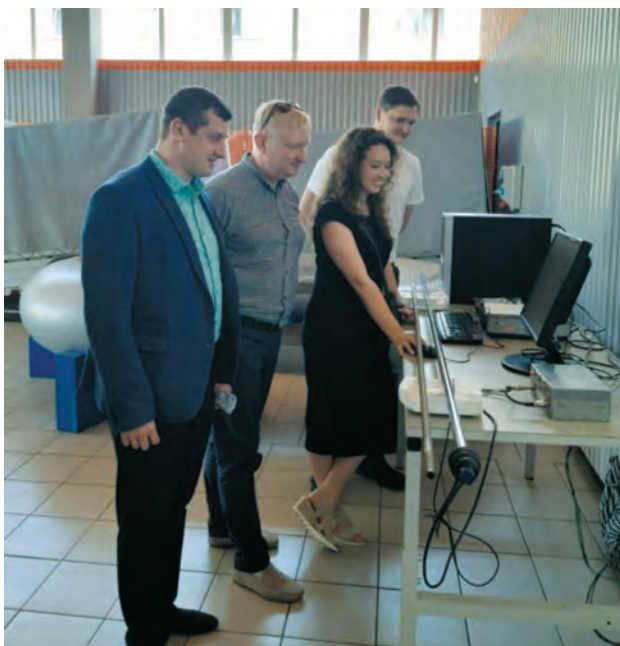
Конференция «Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства»

Ижевск, чтобы встретить свою вторую половинку, друга, соратника, коллегу Ольгу Владимировну...

С какими трудностями вам пришлось столкнуться? Самые запомнившиеся трудности и победы над ними.

Внедрение акустико-эмиссионных диагностических комплексов в РЖД, 110 предприятий оснащены этими комплексами, включающими АЭ-системы и нагружающие устройства для создания механических напряжений в литых деталях тележек грузовых вагонов.

С начала 2000-х гг. на РЖД сложилась опасная ситуация: металлургические заводы почти прекратили выпуск литых деталей (боковых рам и надрессорных балок). Чтобы не остановить грузовое движение, было принято единственно правильное решение: обеспечить технологию продления срока службы этих деталей, отработавших 30-летний срок. К этому времени у нас был выполнен комплекс исследований по разработке и созданию АЭ-систем и технологий по контролю литья (надо отметить, что ранее акустическую эмиссию не применяли для контроля литых деталей).



Демонстрация волноводного акустического контроля насосных штанг



Доклад профессора О. В. Муравьевой на мероприятии АО «ИнтроСкан Технолоджи», г. Чайковский

Это бесконечные командировки, совещания, согласования, связанные с продвижением разработанного оборудования для широкомасштабного внедрения на предприятиях РЖД. По результатам АЭ-контроля с 2004 по 2015 гг. продлен срок службы более 1 млн шт. боковых рам и свыше 0,2 млн шт. адресных балок с 30 до 38 лет полезного использования. При этом ни одна из деталей с продленным сроком службы после АЭ-контроля не отказала в процессе эксплуатации. Внедрение работ по продлению срока службы литых деталей тележек грузовых вагонов позволило сэкономить ОАО «РЖД» только к 2010 г. более 12 млрд рублей. Именно за эти разработки и широкомасштабное их внедрение я был удостоен самой высокой для меня награды — звания заслуженного деятеля науки РФ.

У Игоря Николаевича Ермолова есть брошюра «Дефектоскопические истории», где приведены интересные, смешные или курьезные случаи, связанные с его профессиональной деятельностью. Наверняка в вашей карьере были такие случаи тоже. Поделитесь ими с нами и нашими читателями.

Курьезы... Ну, например, такой... Один из членов диссертационного совета, кандидат наук, при защите моей кандидатской диссертации, впоследствии защищал свою докторскую диссертацию в совете, в котором я, уже в качестве доктора, оценивал его докторскую диссертацию. А после защиты, уже в узком кругу, он признался, что боялся «черного шара» с моей стороны, так как помнит, что на защите моей кандидатской был «черный шар». Вот такая коллизия...

Очень много курьезов можно услышать от наших студентов и сертифицируемых специалистов. Мы их собираем и складываем в «копилку». Вот некоторые из них:

- Студент при защите лабораторной работы называет единицы измерения длины: миллиметры, миниметры, нанометры...
- Мертвая зона — это не ближняя зона и даже не дальняя зона.
- Депрессионные кривые (вместо дисперсионные).
- Предел тянучести (вместо текучести).
- Депрессия скорости (вместо дисперсии скорости).

На защите лабораторных работ:

- Вопрос: Откуда берется зондирующий импульс?
Ответ: Из розетки.
- Я знаю формулу, но писать ее бесполезно, потому что объяснить не смогу.
- Я с этой физикой скоро в петлю гистерезиса залезу!

На защите ВКР на вопрос: «Вы пойдете в магистратуру?» бакалавр честно ответил: «Нет, я же тупенький!»

Студентка 3 курса бакалавриата так ответила на вопрос, зачем нужен демпфер в акустическом пьезопреобразователе: чтобы пьезопластина не перемещалась внутри пьезопреобразователя. Пользоваться ПЭП можно после того, как остынет демпфер.

- Вопрос: какой импульс формируется в преобразователе в начале развертки?
Ответ: зомбирующий импульс...
- Вопрос: единица измерения магнитного потока?
Ответ: вайбер!
- Вопрос: глубина проникновения вихревых токов?
Ответ: от 100 до 300 микрометров.

Каковы ваши планы на будущее?

В мои планы входит развитие высокочувствительных методов акустической структуроскопии для раннего обнаружения микрповрежденности металла и поиска локальных очагов предразрушения; подготовка молодых кадров для нашей кафедры и организаций ОПК.

Блиц (кратко ваше личное мнение):

Ваше жизненное кредо?

Движение. Никогда не сидеть на месте и не останавливаться на достигнутом.

Три самых значительных, на ваш взгляд, события в истории НК?

- Создание первых универсальных дефектоскопов ДУК-66, УД2-12;
- использование явления АЭ в НК;
- появление бесконтактного ультразвука (ЭМА, лазер).

Самая лучшая книга в области НК?

Не разрушающий контроль: в 5 кн. / под ред. В.В. Сухорукова. Москва: Высшая школа, 1992.

Самая лучшая российская или зарубежная выставка или конференция, в которой вы принимали участие?

Петербургские научно-технические конференции — детище Анатолия Константиновича Гурвича с теплой незабываемой атмосферой на Финском заливе, на которых встречаются все единомышленники в области УЗК.

Кто, на ваш взгляд, внес самый значительный вклад в развитие методов (или метода) НК?

- Игорь Николаевич Ермолов — построение акустического тракта;

— Анатолий Константинович Гурвич — рельсовая дефектоскопия;

— Виктор Григорьевич Щербинский, Николай Павлович Алешин — методы контроля сварных соединений.

Какие компании российские или зарубежные вы бы назвали лидерами в области НК?

Среди российских компаний в области НК лидерами я бы назвал: «Эхоплюс», «Константа», «Радиовионика», «Твема», «АКС».

Лучший интернет-ресурс или научный журнал по НК?

- Старейший (1965 г.) академический журнал «Дефектоскопия», единственное переводное издание в области НК, через которое весь мир узнавал об успехах российских ученых в области НК;
- журнал «Контроль. Диагностика», в создании которого я принимал участие в качестве члена редколлегии...

— созданный А.К. Гурвичем практический журнал «В мире НК» с множеством интересных рубрик — «Колонка главного редактора», «По следам зарубежных изданий» и многое другое;

— «Территория NDT» — журнал, который читают все, начиная от рядового дефектоскописта;

— сайт defektoskopist.ru

— незаменимый помощник в поиске архивных материалов по УЗК — сайт defectoscopia.narod.ru ■



Спектр
Издательский дом

Л. В. Воронкова, В. Н. Данилов

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА

ISBN 978-5-4442-0179-4. Формат – 60х90 1/16, твердый переплет, 190 страниц, год издания – 2023.

На основе известной теории распространения ультразвуковых волн в металлах разработаны модели распространения ультразвуковой продольной волны в такой гетерогенной среде, как чугун с пластинчатой и шаровидной формами графита, показаны особенности влияния подобной среды на спектры и импульсы распространяющихся в ней ультразвуковых сигналов, на диаграммы направленности преобразователей, на отношение сигнал/шум сигналов для нескольких моделей дефектов, рассмотрены возможности использования преобразователей с фазированными решетками и др. Приведены расчетные и экспериментальные частотные спектры и импульсы донных сигналов для образцов из чугуна с использованием стандартных прямых преобразователей. Предложен выбор параметров ультразвукового контроля для эхо- и теневого (зеркально-теневого) методов дефектоскопии (рабочая частота, размер пьезопластины, форма спектра (длительность излучаемого импульса)) отливки из чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом различных толщин. Представлены примеры практического применения методов ультразвуковой дефектоскопии для контроля чугунных отливок.

Издание предназначено для специалистов, занимающихся ультразвуковой дефектоскопией металлов, а также может быть полезным для студентов и аспирантов соответствующей специальности.

Книга отмечена серебряной медалью 29-й Международной промышленной выставки «Металл-Экспо'2023».



119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»

Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615-17-16.

E-mail: zakaz@idspektr.ru. [Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru)