



И. Н. Ермолов.

ЖИЗНЬ, НАУКА

И ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИЕ
ИСТОРИИ

Москва, 2017

**ИГОРЬ ЕРМОЛОВ.
ЖИЗНЬ,
НАУКА
И ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИЕ
ИСТОРИИ**

(под редакцией А. Вовилкина)

Москва
ООО «НПЦ „ЭХО+“»
2017

ББК 32.873:30.82–08г(2) Ермолов И. Н.

УДК 620.111.3/620.179

И 26

И 26 Игорь Ермолов. Жизнь, наука и дефектоскопические истории / под ред. А. Вовилкина. — М.: Человек слова, 2017. — 200 с.: ил. (разд. паг.).

ББК 32.873:30.82–08г(2) Ермолов И. Н.

УДК 620.111.3/620.179

ОТ ИЗДАТЕЛЯ

Минуло уже десять лет, как нет с нами Игоря Николаевича Ермолова. Я ловлю себя на мысли, что не проходит и дня, чтобы я или сотрудники нашей компании не обращались к его трудам: статьям, книгам, учебникам. Это демонстрирует феномен крупного ученого, внесшего значительный вклад в развитие науки. Именно Игорь Николаевич своей теорией акустического тракта придал строгий научный вид ультразвуковому неразрушающему контролю.

Вся моя профессиональная деятельность на протяжении более чем сорока лет была связана с его именем. Начиная со студенческой скамьи (а он читал мне лекции в Московском горном институте), затем двадцать два года работы в ЦНИИТМАШ под его руководством и семнадцать лет в нашей компании. На меня Игорь Николаевич всегда действовал как самое лучшее лекарство от лени и безделья, от гордыни. Он был для меня эталоном не только ученого-бессребреника, но и честности и порядочности как в науке, так и в жизни. Я видел, как он работает над научными статьями и книгами, с какой тщательностью выверяет каждый научный результат. Человек строгих моральных принципов, он не терпел фальши и непорядочности как в науке, так и в людях, с которыми общался. Будучи много лет его заместителем по ультразвуковой лаборатории, я имел блестящую возможность учиться у него лучшим качествам настоящего человека — ученого и патриота своей страны, которыми он обладал в полной мере.

Игорь Николаевич воспитал около тридцати кандидатов и докторов наук, в число которых вхожу и я, и этим горжусь. Ученики его разлетелись по всему бывшему СССР, есть они и в Европе. Бывая в Израиле, я и там встречал учеников Игоря Николаевича Ермолова. А его теория акустического тракта проложила себе дорогу без преувеличения во всем мире. Индекс цитирования работ И. Н. Ермолова, согласно индексу Хирша, зашкаливает за сотню.

Эта книга представляет собой второе издание, переработанное и дополненное. Первое издание было выпущено по инициативе и под руководством академика В. В. Клюева в 2007 году, после кончины Игоря Николаевича.

Настоящая книга — дань любви и уважения великому ученому и замечательному человеку. Мы, ваши ученики, соратники, друзья, родственники, помним вас, чтим ваш вклад в науку, ценим ваши труды.

Профессор Алексей Вовилкин

В. Клюев

«АКУСТИЧЕСКИЙ ТРАКТ»
ИМЕНИ ИГОРЯ ЕРМОЛОВА

Игорь Николаевич Ермолов — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России, ведущий ученый в области ультразвуковых методов неразрушающего контроля и технической диагностики, крупный изобретатель и организатор. Более пятидесяти лет назад он пришел в ультразвуковую дефектоскопию и проложил в ней свой «акустический тракт», тщательно возделывая его и поднимая до уровня требований времени.

Заслуги профессора Ермолова признаны во всем мире. Как многолетний президент Советского и Российского общества по неразрушающему контролю я всегда поражался колоссальному авторитету Игоря Николаевича у иностранных специалистов. Ученым разных стран не всегда и не сразу удается наладить взаимопонимание. Но достаточно было назвать его фамилию, а это приходилось делать довольно часто, как мгновенно позитивно изменялись лица и речи в пользу нашей страны. Вот лишь один пример такого рода. В 1976 году я попросил Игоря Николаевича помочь мне провести труднейшие переговоры в Париже по рентгеновскому томографу «Соматом». Мы использовали его для контроля пороховых зарядов ракет, но эту информацию разглашать было категорически нельзя. Только благодаря авторитету и интеллекту Игоря Николаевича нам

удалось убедить западных партнеров, что этот томограф мы применяем исключительно для медицинских исследований.

В научных трудах Ермолова всегда решались масштабные проблемы, а в практических делах находила отражение позиция гражданина великой страны. Его участие в работе международных и национальных организаций, таких как РОНКТД, научный совет по физическим методам неразрушающего контроля, научный совет по акустике РАН, ВАК и других, всегда повышало результативность их деятельности и поднимало престиж этих организаций.

Если братья Крауткремеры были признанными лидерами в области практического ультразвукового контроля за рубежом, то Игорь Николаевич Ермолов — абсолютный авторитет этого направления в нашей стране (не хочу при этом умалить и колоссальные заслуги других выдающихся ученых, таких как изобретатель ультразвука член-корреспондент АН СССР С.Я. Соколов, профессора А.К. Гурвич, Ю.В. Ланге, Д.С. Шрайбер, В.Г. Щербинский и др.).

Игорь Николаевич создал научную школу ЦНИИТМАШ, которую с полным правом можно называть школой профессора Ермолова, воспитал плеяду исследователей в области акустических методов неразрушающего контроля, которыми может гордиться страна.

Как автор 17 монографий и более 250 научных работ, член редколлегии журнала «Дефектоскопия» и редакционного совета журнала «Контроль. Диагностика» Ермолов создавал научно-методическую основу дальнейшего развития ультразвуковых методов неразрушающего контроля и технической диагностики.

Научный вклад И.Н. Ермолова в развитие ультразвуковых методов контроля высоко оценила научно-техническая общественность, он награжден престижной международной наградой — медалью «В.К. Рентген — С.Я. Соколов».

Когда приходилось сталкиваться со сложнейшими задачами по подготовке и изданию научно-технических справочников по неразрушающему контролю, то первым инициатором, идеологом

и автором по ультразвуковому методу всегда был Игорь Николаевич вместе с постоянным боевым соратником — Ю. В. Ланге. Ермолов очень увлеченно писал свои книги, и, когда я попросил его сократить объем самого лучшего, как оказалось в итоге, третьего тома («Ультразвуковой контроль») справочника «Неразрушающий контроль», изданного в 2004 году, он категорически отказался это делать.

В 2007 году Игорь Николаевич отметил свое восьмидесятилетие. Юбилей он встретил, оставаясь активным членом научно-технического сообщества. По просьбам друзей и коллег он начал писать воспоминания о своей незаурядной судьбе, о жизни, главным делом которой всегда оставалась наука, но было место и для дружбы, спорта, для юмора и песен, и конечно, для его прекрасной семьи. Не помню ни одного случая, чтобы Ермолов в чем-то не выполнил взятых на себя обязательств. Но вот эту свою книгу он, к сожалению, так и не закончил... Поэтому, кроме заметок, которые успел написать Игорь Николаевич, а также нескольких «дефектоскопических историй» (оригинальный научный жанр, им созданный), в книгу вошли воспоминания людей, близко его знавших и работавших с ним. В первую очередь, конечно, это Майя Ивановна Ермолова, спутница жизни Игоря Николаевича, мать его двоих сыновей, а кроме того, ученый-физик, кандидат технических наук.

В подготовке этой книги также принимали участие ученый секретарь ЗАО «НИИИИН МНПО „Спектр“», доктор технических наук, профессор В. Т. Бобров, генеральный директор НПЦ «ЭХО+», доктор технических наук, профессор А. Х. Вopilкин, заведующий лабораторией ОНМИМ ГНЦ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», доктор технических наук, профессор В. Г. Щербинский, главный научный сотрудник ЗАО «МНПО „Спектр“», доктор технических наук Ю. В. Ланге, заместитель генерального директора НПЦ «ЭХО+» по науке, доктор технических наук В. Г. Бадалян, финансовый директор НПЦ «ЭХО+», кандидат физико-математических наук Е. Г. Базулин, главный научный сотрудник ОНМИМ ГНЦ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», доктор технических наук

В. Н. Данилов, генеральный директор НУЦ «Качество», кандидат технических наук Н. П. Бирюкова, ведущий научный сотрудник ОНМИМ ГНЦ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» Л. В. Воронкова, старший научный сотрудник ООО «Энергодиагностика», кандидат технических наук В. Т. Власов. Большинство авторов воспоминаний связывают с Игорем Николаевичем годы плодотворного сотрудничества. Например, мне посчастливилось поддерживать с ним добрые отношения более 45 лет, до последнего дня расставания. Я всегда удивлялся его ярким человеческим качествам, добросовестному отношению к делу и самому доброму — по отношению к людям любого ранга и уровня. Помню, когда в 1970 году, совершенно неожиданно для меня, в моем родном МВТУ им. Н. Э. Баумана одним голосом «против» была организовано не защищена моя первая докторская диссертация, единственным, кто подошел ко мне и четко сказал, что вторая защита должна быть только в ЦНИИТМАШ, где есть специалисты и возможная поддержка, был профессор И. Н. Ермолов. На защите в 1972 году Игорь Николаевич стал моим оппонентом, и я был очень ему благодарен за полученный положительный результат.

Думаю, выражу мнение многих, если скажу: он был рожден, чтобы помогать другим. А один из секретов творческого долголетия Игоря Николаевича — в его активной жизненной позиции, чутком отношении к новым поколениям исследователей в области ультразвукового контроля и щедрости в оценке сделанного другими.

С уходом И. Н. Ермолова направление ультразвукового контроля в мире потеряло не только лидера, но и перспективу решения многих диагностических проблем и задач. К большому сожалению, гениев природа дарит человечеству нечасто...

*Президент РОНКТД, генеральный директор МНПО «Спектр»,
академик РАН, доктор технических наук,
профессор Владимир Владимирович Клюев*

ЧАСТЬ 1

Игорь Ермолов

МОЯ ЖИЗНЬ

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ

Мои родители жили в городе Ефремове Тульской области. Они выросли в довольно состоятельных семьях. Отец Николай Иванович Ермолов — врач, мать Мария Алексеевна Ермолова-Казанская — учительница русского языка и литературы. Она окончила Высшие женские курсы при Московском университете. После учебы и женитьбы родители переехали в Тулу. Там я и родился 26 января 1927 года. В детстве со мной нянчились сестры отца, Галина и Мария. Тогда они обе были девчонками-школьницами. Теплые отношения с моими воспитательницами-тетями остались у нас на всю жизнь, тем более что с годами разница в возрасте почти сгладилась.

Я учился в нескольких школах моего родного города Тулы, последней стала 4-я мужская средняя школа. Окончил я ее в 1946 году с золотой медалью. Сейчас уже можно признаться: медаль получил не вполне праведно. Выпускное сочинение я писал по пьесе Горького «На дне». Текст знал хорошо, помнил всех действующих лиц, но черт меня дернул — прозвище Актер везде написал с маленькой буквы! Выручила меня наша учительница литературы Зинаида Герасимовна Неелова. Она пригласила меня к себе домой, и я переписал сочинение правильно.

Поступать в институт я решил в Москве. Выбрал энергетический (МЭИ). Хотел заниматься атомной энергетикой. Пришел в приемную комиссию и с таинственным видом спросил одного из членов комиссии: «На каком факультете занимаются проблемами урана и тяжелой

воды?» Тот уверенно ответил: «На теплоэнергетическом». Только потом я узнал, что этот человек был заместителем декана ТЭФа и ему хотелось заполучить медалиста к себе. Так что туда я и был зачислен. А через два года был объявлен прием на действительно «атомный» факультет — физико-энергетический. Я написал заявление о переводе, а поскольку учился прилично, то вскоре справедливость восторжествовала и меня перевели на ФЭФ.

Мой самый близкий друг Леня Стернин тоже мечтал попасть на ФЭФ, но его не взяли: отметки были похуже. Но как раз в это время в МГУ тоже был образован новый факультет — физико-технический. Леня успешно сдал экзамены и был принят. Он так увлеченно рассказывал об учебе на физтехе, что мне тоже захотелось туда. И вот летом я опять пишу заявление о переводе, теперь уже на третий курс физтехе. И снова вступительные экзамены...

Первым был письменный по математике. Помню, я взял многократный интеграл, как нас учили в МЭИ. Оказалось, что это нестандартный способ, что сильно повысило мои очки. Потом была физика, которую я сдавал академику Н. Н. Семенову и не очень удачно отвечал на его дополнительные вопросы. Ну, решил я, не примут. Что делать — начал учебный год в МЭИ. И вдруг приходит извещение о приеме на физтех! Пошел в деканат ФЭФа, а там, естественно, не отпускают! До слез меня довели, но все-таки я своего добился.

На физтехе МГУ заместитель декана посоветовал мне, если я хочу получить настоящее университетское образование, пожертвовать годом и поступить на второй курс. Я согласился. Учился с увлечением и скоро выбился в отличники. Но неожиданно для нас, студентов, летом 1951 года физико-технический факультет отделили от МГУ и создали из него отдельный институт — МФТИ. А нашу группу перевели в Московский механический (ММИ, ныне — МИФИ). Вот так и получилось, что я учился в трех вузах на четырех факультетах.

Московский механический институт я закончил в 1953 году. С красным дипломом! И с совершенно неясными перспективами

работы... Забегая вперед, могу добавить, что так и работаю всю жизнь не по той специальности, что получил в вузе. А косвенной причиной этого стала... моя женитьба.

МАЙЯ

На физтехе, где я учился, девушек было раз-два и обчелся. (Даже в положении о факультете было сказано, что принимаются в основном лица мужского пола.) А уж симпатичных — так и совсем почти не найти! Обращала на себя внимание хорошенькая татарочка Фирочка Ягудина. Поклонников у нее было не счесть, ей это льстило, и она старалась завести все новых.

Моя будущая жена Майя Баглаева тоже выделялась, но вела себя очень скромно. Она была на курс моложе меня. Я за ней робко ухаживал. На велосипеде учил кататься (до сих пор ездить не умеет!). Вступил в бригаду самодеятельности, которой она руководила. Впрочем, моя жена лучше об этом расскажет.

Вспоминает Майя Ивановна Ермолова:

«На втором курсе мы, трое сокурсников, организовали бригаду по взаимодействию с местной сельской молодежью. Физтех базировался в городе Долгопрудном, и местный райком комсомола нас «озадачил» этим поручением. В основном в бригаде были студенты второго и первого курсов. Единственный третьекурсник — Игорь Ермолов. Он участвовал в хоре и в драматических постановках. Например, в «Хирургии» А. Чехова исполнял роль дьячка, которому плоскогубцами тащили зуб. Я удивлялась, зачем старшекурсник ездит с нами по колхозам, потом поняла. (Хоть Игорь и утверждает, что делал это только из-за симпатии ко мне!) Это была единственная живая «общественная работа», отдушина, которая давала отдых от напряженной учебы. Ведь на физтехе того времени учебная программа фактически состояла из программ трех вузов: факультетов

МГУ мехмата и физфака и МВТУ им. Н.Э. Баумана с углубленным изучением иностранных языков.

Впервые Игоря я увидела у кассы, когда выдавали стипендию. Он как старшекурсник пытался получить ее без очереди. Он тоже меня заметил. На физтехе было мало девушек, а меня перевели на факультет среди учебного года. Это вызвало всякие кривотолки: не иначе как эта девчонка — новая Мария Кюри! Внешность у меня в тот момент тоже была запоминающаяся: на катке я подбила глаз и ходила с повязкой. Так что на меня трудно было не обратить внимание. Кстати, впоследствии Игорь рассказывал байку, будто это не он, а я лезла без очереди за стипендией! Потом я узнала, что Игорь Ермолов был одним из самых веселых и остроумных ребят на факультете и даже прозвище имел — Веселый Игорек».

Однажды на майские праздники мы устроили велопробег. Через Волоколамск приехали в Калинин (ныне Тверь), где Майя жила с матерью Натальей Васильевной. Остановились у нее дома, нас с другом хорошо приняли. А утром перед отъездом я решил с Майю поцеловать. И... получил по морде!

Всю дорогу до Москвы переживал: за что пощечина? И впоследствии переживал тоже... Дружба наша тем не менее продолжалась. Майя в конце концов рассказала, почему она так поступила. Дело в том, что ее отца незадолго до этого осудили на 25 лет за «политические» разговоры (к счастью, после расстрела Берии его быстро освободили). Майя не хотела, чтобы кто-нибудь из физтеховцев из-за нее пострадал. Но я сказал, что никакой помехи для нашей любви не вижу, и предложил пожениться. Майя согласилась.

Расписываться мы решили повременить до окончания мною института. А пока она перебралась жить в Кусково. К тому времени туда из Тулы уже переехала моя мама, чтобы быть ко мне поближе, и мы обосновались с ней вдвоем. Теперь нас стало трое. Маме мы ничего о своих бедах не рассказывали. Но она как-то сама узнала, что мне грозит после женитьбы. (А грозило то, что со строкой в анкете,

что ты женат на дочери «врага народа», тебя никуда не взяли бы на работу! Так оно и произошло, но об этом чуть позже.)

В общем, мама пошла в партком института (я был членом партии). Пришла туда возмущенная, что вот, дескать, сына учат, а работать по специальности он не сможет. Вызывали в партком и меня, на беседу с секретарем. Я заявил, что люблю девушку, этим все и кончилось.

Познакомился с Майей и мой отец, который жил отдельно. Вскоре после начала нашей совместной жизни я заболел малярией, и отец (он врач, как я уже говорил) уложил меня в больницу. Однажды он встретился с Майей, которая пришла меня навестить, и долго беседовал с ней. «Лучше жены тебе не найти», — сказал он мне потом. Да я и сам это знал!

Все получилось, как мы задумали. Я защитил диплом, мы расписались. Как потом я устраивался на работу — это другая история. А с Майей мы любим друг друга всю жизнь. Живем очень хорошо. Я до сих пор на свою жену люблюсь — до чего ж красивая она у меня!

НАКОНЕЦ РАБОТА!

И вот институт окончен, впереди самостоятельная жизнь. А с работой проблемы. Женившись на дочери осужденного по «политической» статье, анкету я себе испортил намертво. Я понимал, что в атомной физике для меня путь закрыт.

Тем не менее куда-то меня обязаны были «распределить». Беседовал я с разными академиками: Кикоиным, Миллиончиковым, Курдюмовым. Говорили о направлениях работы, но когда сообщал о неприятностях в анкете, результат был один и тот же: меня... просили позвонить позднее. На этом все и кончалось. Этак я мыкался с полгода. Наконец сунули меня в организацию под названием «Академпроект», но посоветовали в маленькой вступительной анкете не писать о родственниках и не говорить о них. Так я и сделал и был принят. Потом начали оформлять допуск к секретной работе.

Тут уже скрывать было нельзя. И тогда руководство «Академпроекта» просто-напросто попросило меня убраться от них куда угодно.

Знакомый влиятельный чиновник повез меня устраивать на работу в ЦНИИТМАШ. Тут уж я скрывать ничего не стал. Директор ЦНИИТМАШ, профессор Е. П. Унксов, пригласил к себе начальника физико-химического отдела, и я все рассказал о себе. Начальник вежливо меня выслушал и... попросил позвонить позднее.

Но влияние знакомого чиновника продолжало действовать, и из дирекции ЦНИИТМАШ меня скоро направили к начальнику отдела приборостроения Алексею Сергеевичу Матвееву, одному из основоположников отечественной ультразвуковой дефектоскопии. И Матвеев меня взял! Зарплату положил приличную. Господи, как же я был рад, что наконец смогу нормально работать!

Я потому так подробно обо всем этом рассказываю, что сейчас молодым трудно даже представить себе обстановку тех лет. Со стороны Матвеева принять меня на работу — это был ПОСТУПОК. Несколько раз случалось, что во время совещаний какая-нибудь строгая дама спрашивала: «Надеюсь, допуски все имеют?» Алексей Сергеевич не моргнув глазом говорил: «Мои — все». А у меня-то допуска как раз и не было!

Первой разработкой, которую мне поручили, был прибор для измерения модуля упругости МУ-2. Прибор был предназначен для измерения модуля нормальной упругости по резонансным частотам колебаний образца в виде стержня. Мне предстояло приспособить его для измерения модуля сдвига. Руководителем работы был заместитель Матвеева Евсей Ханонович Рипп. Он же руководил мастерской и конструкторским бюро отдела.

Я за один день придумал, как измерять модуль сдвига. Начертил видоизмененный образец и понес его Риппу. Попросил сделать поскорее, он сказал: «Хорошо, хорошо», — и спрятал мой чертежик в стол.

Дня через два я сообразил, что образец-то придумал неправильный: он не поместится в печь, которая входила в комплект

прибора (МУ-2 измерял модуль при повышенных температурах). Думаю: «Образец мой уже точат, а он не годится». Пошел к Риппу. «Евсей Ханонович, надо остановить работу, ошибся я. Вот чертежик правильного образца». Рипп молча достал мой первый чертежик из стола и отдал мне. Его, оказывается, и не начинали делать. Рипп учел мою молодость и скоропалительность придумки, потому и решил придержать изготовление. И оказался прав.

Модернизация МУ-2 была моей первой публикацией в журнале «Заводская лаборатория» за 1955 год. Вместе с Риппом, конечно.

Потом я опубликовал более 200 статей по ультразвуковой дефектоскопии и 10 книг. Первая книга была обзором по достижениям ультразвуковой дефектоскопии. Ее мне заказало Бюро информации нашего Министерства тяжелого машиностроения. Только они потребовали, чтобы были более солидные авторы, чем молодой сотрудник вроде меня. Я пригласил в соавторы А. С. Матвеева, но оговорил, что весь гонорар возьму себе. Матвеев сказал, что ему за имя тоже кое-что причитается. Но я довольно дерзко ответил: «Полезно, чтобы имя не ржавело».

Сколько раз давал мне Алексей Сергеевич дельные советы! И всегда они были правильными. Я был салагой, а он начальником отдела, но я без страха мог ему, например, сказать: «Алексей Сергеевич, я вам всего одну подлянку сделал, а вы мне третий раз устраиваете». И он это терпел! Он назначил меня, молодого специалиста, заведующим ультразвуковой лабораторией, хотя я в то время ничего не знал об ультразвуковой дефектоскопии. А лаборатория была сильная, славилась по Союзу, Алексей Сергеевич получил Сталинскую премию первой степени за ее работы.

Помню, когда я собирался защищать докторскую диссертацию, умный человек профессор А. С. Гельман меня спросил: «Игорь Николаевич, вы обратили внимание, как Матвеев вам помогает? А ведь сам докторской степени не имеет. Вы цените это?» Я, конечно, ответил, что очень ценю.

Не я один ходил у Матвеева в «любимчиках». Он обо всех активных сотрудниках отдела все знал и всегда был готов помочь. Мы были для него Сержик, Риммочка, Витя, Костя, Игорек, Михалыч... При таких отеческих отношениях в нашем отделе тем не менее царил творческая атмосфера, дисциплина была на уровне, отдел разрабатывал отличные приборы и методики контроля. Работы отдела ценились и в Союзе, и за рубежом. Видимо, людей Алексей Сергеевич умел подбирать творческих и ответственно относящихся к делу, душу вкладывал в дела коллектива.

А.С. Матвеев не раз говорил, что, если жизнь ему будет неинтересна и бесперспективна, он жить не станет. Так и случилось — ушел из жизни сам... Алексей Сергеевич был не только моим учителем, но и близким другом. Я еще не раз вернусь к нему на страницах этой книги.

О РОМКЕ С ПОМОЙКИ

За примерами того, как Алексей Сергеевич работал с людьми, далеко ходить не надо. Думаю, эта история характеризует его как нельзя лучше.

Наш отдел тогда располагался в особнячке, в тихом переулке возле Таганки. Однажды летом пропала коробка транзисторов, которая лежала возле окна. Окно было открыто, но ведь оно выходило во двор, где чужих не было.

Помню, сидели мы у Матвеева в кабинете на втором этаже, обсуждали с солидным заказчиком договор на крупную работу. Вдруг Матвеев как-то весь насторожился и быстро подошел к окну. Смотрим, из соседнего двора по крыше сарая к нам лезут двое мальчишек. Перелезли — и к мусорному ящику. А там полно ненужных железок! Трансформатор перематывали — проволоку туда, у резистора ножка отломилась — на помойку. Для нас мусорный ящик, а для них — «богатство».

Матвеев говорит: «Вот кто у нас транзисторы спер!» И ко мне: «Игорек, пошли наших ребят поймать мальчишек».

Я послал троих молодых сотрудников. Старший, Женя Фащевский (стратег!) двоих послал в обход, а сам направился к мусорному ящику. Ребята в нем крышкой закрылись — спрятались, значит. Они же не знают, что нам сверху все видно. Женя по крышке постучал: «Вылазь!»

Пришел к Матвееву. Тот спрашивает:

— Ну где они?

— У вахтера оставил.

— Что делают?

— Ревут.

— Тогда продолжим торговлю. Пусть поревут.

Закончили мы совещание, стали прощаться с заказчиками, а они говорят:

— Можно мы останемся посмотреть на экзекуцию?

— Да оставайтесь. Хотя интересного мало: поругаю и отпущу.

Доставил Фащевский ребят к Матвееву в кабинет. Им лет по тринадцать-четырнадцать. Они не ревели, но глаза красные.

Матвеев:

— Вы знаете, куда попали?

Они молчат.

— На запретную территорию вы попали! Придется вас в милицию сдать.

Как они реванут в два голоса!

— Радиоловители, что ли?

— Да-а-а...

— Приемники транзисторные собираете?

— Да-а-а...

— А зачем у нас коробку транзисторов сперли?

— Это не мы. Мы не брали.

— Ну вот что. Воровать не смейте. Если что нужно — приходите. Приходите со схемой. Если сможем, то поможем или посоветуем, чем заменить. А таскать не смейте.

Повторил он это им для убедительности еще раз и отпустил. Не больше недели прошло — приходят. Со схемой.

— Вот этого достать не можем.

Матвеев вызвал нашего главного электронщика В. И. Рыка.

— Исидорыч, помоги, пожалуйста, ребятишкам.

Рык:

— Пошли.

Через пять минут влетел назад в кабинет:

— Сергеич, ты знаешь, чего они просят? Я сам с трудом две шулки из кармана в карман недавно достал!

— Исидорыч, надо помочь. Ну, ты помоги не даром. Сам же жаловался, что все радиомонтажники в отпуску. Заставь поработать.

Прошло недели две. Слышу, Рык на одного из ребят орет:

— Ромка, зараза! Опять на полчаса опоздал! Тут что тебе, детский сад?

При деле ребята!

Родители к Матвееву приходили. Благодарили. Лучше ребята стали.

Потом один из них куда-то переехал, а Роман у нас работал. Старики его иногда называли в шутку Ромка с помойки. А молодежь не понимала, почему его так зовут.

ТОЖЕ СТУДЕНТЫ...

Порой бывает, что событие не такое уж и значительное западет в память надолго и сидит, как заноза. Вот и со мной был случай, который давным-давно уже надо предать забвению, а все не получается. Должно быть, потому, что, в отличие от участников вышеприведенной истории, здесь хорошего конца не было. Досадно до сих пор.

Жил я тогда в Кусково, под Москвой. Ездил на работу на электричке. Однажды осенью возвращаюсь домой часов в восемь вечера. Темно. Иду от станции, обдумываю что-то по работе. Прохожих

почти нет, только впереди какой-то парень и чьи-то шаги. Вдруг передний поворачивается ко мне, а сзади меня берут за локти. Я был спортивным парнем, но и дернуться не успел, как получил удар по голове и потерял сознание.

Очнулся — лежу, а меня пытаются раздеть. Часы с руки хотели сорвать. Я руку спрятал под себя. Получил удар ботинком. Потом меня почему-то оставили. Я медленно встал, пошатываясь. Вижу, передо мной два милиционера. Спрашивают:

- Сколько их было?
- Двое, кажется.
- Домой дойдешь?
- Дойду.

И побрел потихоньку. Помню знакомую дыру в заборе. Потом помню себя перед крыльцом. Мысль «Детей напугаю»: кровь из головы так и льет. И уже окончательно пришел в себя, когда жена меня над тазом водой поливала.

Сбегали к соседям. Позвонили в скорую, врач сделал мне шапку Гиппократову. Лежу на кровати и думаю: «Не стал ли я идиотом после ударов по голове?» Вспомнил последнюю формулу, которую выводил. Значит, порядок!

Милиционеры, которые потом меня допрашивали, больше всего интересовались, где произошло нападение: до мостика через речушку по дороге со станции или после. Потому что эта речушка — граница между двумя отделениями милиции. Еще спрашивали, что у меня пропало. Шляпа, говорю. «А какого цвета?» — «Синяя», — отвечаю. — «Ничего не путаете, может, коричневая?»

Бандитов, как мне рассказали, к тому времени уже поймали. Они еще на одного человека напали, захватили с собой его коричневую шляпу, а больше ничего не успели: их спугнули проходившие мимо люди. И в тот же вечер эти незадачливые грабители нарвались на милиционеров. Те заметили, что у них что-то подозрительно много головных уборов, и арестовали.

Их судили. Оказалось, у них на счету было несколько нападений. Дали по пятнадцать лет. Что уж там дальше с ними стало, бог весть. А ведь оба были студенты, один — техникума, а другой — института. Тоже студенты...

НА ЛЫЖАХ И ВЕЛОСИПЕДАХ

В студенческие годы я занимался спортом, и довольно много. Предпочитал виды, требующие выносливости: бег на длинные дистанции, лыжи, плавание. Летом после второго и третьего курсов отдыхал в физтеховском спортивном лагере на Пестовском водохранилище в Подмоскowie. Лагерь создавали на берегу силами студентов. Кроме «общественно-полезных работ» (помогали колхозу на сенокосе), все сдавали нормы ГТО, катались на лодках и яхтах класса «Олимпия». Я увлекся яхтой и стал рулевым второго класса. Кроме того, получил второй спортивный разряд по плаванию. Зимой сдал норматив на второй разряд по лыжам, а уже работая в ЦНИИТМАШ, получил удостоверение инструктора туризма.

Запомнился первый наш самостоятельный поход по Среднему Уралу, куда в 1950 году меня позвал сокурсник Сергей Иорданский. Шли вшестером на лыжах вокруг Златоуста и потом до поселка Тирлян (Тирлянский). Я на лыжах бегал довольно прилично, остальные похуже, поэтому мой рюкзак нагружали сверх всякой меры.

Возникали проблемы с ночевкой. В первый раз мы остановились в богатой деревне. Постучали в одну избу. Для начала разговора попросили попить. Дали, конечно. Потом заикнулись насчет ночлега. Наткнулись на категорический отказ. Ну, что делать, пошли в другую избу. Результат тот же. Пока ночевку нашли, я так напился воды, что она уже через нос выливалась.

Еще в поезде познакомились с одной девушкой из Златоуста. Договорились с ней, что базироваться будем у нее в доме. Когда мы

обошли вокруг Златоуста, ночевать явились к ней. Один из наших ребят почувствовал себя плохо. Утром отправили его в больницу вместе с одним из наших, а другие пошли в баню. Приходит туда сопровождавший того, кто заболел, и говорит: «У Лехи корь. Я сам сыпь у него видел. Его в больнице оставили». Посмотрели мы друг на друга — и правда, у всех сыпь! Тут я вспомнил, что в детстве корью болел, а она не повторяется. Значит, сыпь у всех ложная.

Мы успокоились, пошли к нашей знакомой, а к ней в дом уже санитары с дезинфекцией ломаются. Пришлось новое жилье искать. С трудом устроились в общежитии какого-то техникума. Стали думать, как быть дальше. Придумали так: одного, самого слабого, оставили с больным Алексеем, отдали ему все деньги и продукты, какие только могли, а сами двинулись до Тирляна.

Но просчитались. Последняя ночевка у нас была в бедной избе. Вообще, мы усвоили: чем беднее изба, тем охотнее пускают ночевать. Спать легли на голодный желудок. Утром решили выпить последнюю заварку какао. Запах какао дало потрясающий. Мы сидим кругом, предвкушаем. Серега Иорданский встал, чтобы помешать какао, и головой сбил в котелок с веревки чей-то сохнувший носок. А он от засохшего пота как жестяной был.

Мат столбом: «Какой... развесил свои носки сушить, и какой идиот головой размахивает!» Серега достал носок ложкой: «Кто теперь это какао пить будет?» Дружно протянули кружки. А ведь все из культурных семей: у одного отец — замминистра, у другого — профессор. Выпили как миленькие, и кто-то даже предложил: отжать носок в кастрюлю, уж очень много в него какао впиталось.

В ресторане на вокзале Тирляна нас бесплатно (за хорошую запись в книге отзывов) накормили позавчерашним супом, но мы не наелись. В вагоне местного поезда напротив нас сел мужик, достал буханку, стал есть, отламывая большие ломти. Мы так внимательно на него смотрели, что мужик не выдержал, отдал нам остатки буханки: «Жрите, черти».

В скором поезде до Москвы ехать два дня. Едем голодные. Вдруг идут двое военных, ищут партнеров в преферанс. Мы с Серегой составили им компанию. Играем. Серега выигрывает, а я проигрываю. Отозвал я Серегу и объяснил, что расплачиваться нам нечем. После этого мы стали играть вдвоем на одну руку. Шулерство, конечно. Зато выиграли прилично. Всех ребят накормили и даже пивка выпили! Песни запели. Те военные приглашали нас, чтобы отыграть, но мы отказались.

Второй поход был тоже лыжный, на Северный Урал, по маршруту Серов — Карпинск. Там мы попали на трассу, где дороги не было. Пришлось вернуться в Серов, достать в райисполкоме карту и скопировать. Шли по глубокому снегу. Нас было четверо. Мы разделились на две пары: двое передних лыжню тропят, а двое задних тяжеленные рюкзаки несут. Мне в пару достался Гарик Кузьмак. А он однорукий. С горки легко съезжает, а на горку мне его рюкзак приходилось тащить. Так что все горки я проходил дважды.

После четвертого курса физтеха в составе отряда студентов МГУ я участвовал в велопробеге по великим стройкам социализма. Тогда я стал кандидатом в члены компартии, и мне поручили быть комиссаром похода. Ехали на велосипедах Харьковского велозавода, нас сопровождал инженер завода на машине, а по окончании пробега велосипеды забрали для исследования. Общая протяженность маршрута была четыре тысячи километров: Москва — Минск — Гомель — Киев — Одесса — Ялта — Харьков — Москва! От Одессы до Ялты плыли пароходом — передохнули, а так поход был очень тяжелый, здорово уставали, даже переругиваться начали. Но и веселья было предостаточно!

В одном городе отряд пустили на постой в приличное место — Дом пионеров. Там мы устроили турнир в домино (в «козла»). А чтобы исключить возможность подсказок, решили болельщиков отодвинуть подальше от игроков. И двое студентов стали ездить на велосипеде вокруг стола, за которым шла игра. Тут вдруг является директор.

Скандал! Еще у нас случались дуэли на арбузных корках — благо арбузов вокруг было полно.

Интересный случай произошел в Одессе. Руководителем отряда был известный спортсмен-профессионал. У него же хранилась общественная касса. Деньги он держал поближе к телу, под рубашкой. И вот гуляем мы по Одессе, кругом толпа, а рядом с нашим руководителем семенит местный нищий. И, как тому показалось, лезет ему под рубашку! Наш старший товарищ в крик, велит ребятам вернуть деньги, нищий (к тому же глухонемой) отбивается, прячет свои медяки... Одесситы остановились, наблюдают. «Шо цэ таке?» — «А это москали одесского нищего граблють». Оказалось, казна была на месте.

Четвертый большой поход — опять на лыжах, по Карелии. Дошли мы до деревни, где жила только одна семья, а дальше пройти не сумели: с дорогой запутались. Вот так бесславно кончилась эта эпопея.

Туристические походы мы возобновили, когда я начал работать. С женой ходили на байдарках вместе с семейством Цеханских. (Константин Ромуальдович Цеханский — мой самый близкий друг и коллега. Светлая ему память — совсем недавно его не стало.) Цеханские брали своих девочек Женю и Свету, мы — наших мальчишек. Правда, когда они выросли, стало понятно, что только младший приобщился к туризму, старший к нему охладел.

КАК РЕБЯТИШКИ БОЛЕЛИ

У нас с Майей двое сыновей: Алексей и Михаил. Алеша родился в 1953 году, Миша — в 1957-м. Выросли, окончили МВТУ им. Н. Э. Баумана, Алексей стал электронщиком, а Михаил пошел по моим стопам: он дефектоскопист-ультразвуковик, кандидат технических наук. Дети наши давно уже сами стали отцами и дедами, а для нас где-то в глубине души навсегда остались малышами. Самым тяжелым

для меня было время, когда они болели. Смотришь на него маленького, мятущегося в жару, и думаешь: «Господи, лучше бы я в десять раз сильнее мучился!»

Алексей болел редко и сравнительно легко. Хотя помню, как он захворал свинкой. Всю ночь я просидел у его кровати, успокаивал, а он бредил и пытался вскочить.

А Михаил рос слабым ребенком, чуть простудится — и насморк и кашель переходят у него в воспаление легких. Как-то летом, во время очередного похода, мы дневали на отличном песчаном берегу. Вдруг заметили, что Миша ведет себя странно: то выберется на солнышко, то в тень заползет. Потрогали головку — высокая температура. Сориентировались по карте и поплыли к большому селению Сенжары. Майя с Мишей попросились на постой — переночевать. Их пустила к себе семья тракториста. Глава семьи, когда вернулся с работы, съездил на мотоцикле и привез фельдшера. Тот сказал, что у Миши грипп, и в Москве детский врач поставил тот же диагноз. Непонятно, как на пустом берегу оказался вирус гриппа!

Неудивительно, что Миша часто болел. Это кусковское наше жилье испортило его здоровье. Еще бы: комнатка маленькая, а зимой одна стена все время сырая. Однажды врач, который его лечил от очередного воспаления, сказал: «А знаете, у него, похоже, менингит. Уж очень характерные судороги». Действительно, оказался серозный менингит. Михаила со скорой сразу в больницу положили. Ему тогда было три года. Мы с Майей по гроб жизни благодарны заведующей отделением Морозовской детской больницы Хельге Акимовне — вот уж врач божьей милостью!

Недели через две Миша поправился, но Хельга Акимовна посоветовала его не забирать, а отправить в детский легочный санаторий в Пушкино, чтобы не везти в сырость (была зима). Через месяц нам разрешили его навестить. Стоим мы с женой возле корпуса, смотрим, как ребятишек гулять выводят. Наконец показался наш. Идем с ним по дорожке, спрашиваем, как ему понравились игрушки, которые мы

ему посылали. Он вспомнил игрушечный автомобильчик: «Только у меня его сразу большие мальчики отняли». А потом спрашивает Майю: «Тетя, а можно мы вон тот домик посмотрим?» Жена в слезы: «Он меня тетей назвал. Берем его отсюда немедленно!» И забрали.

Мы тогда вскоре квартиру в Малаховке получили. Миша там по комнатам на трехколесном велосипеде разъезжал. А вечером кусочек хлеба под подушку прятал. Видно, в санатории еды не хватало...

Да и с Алешей не все и не всегда было благополучно. В один из походов он с нами не поехал, отправился со школьной командой в Коктебель, на виноградники. Работа тяжелая — тяпкой обрабатывать твердокаменную землю, питание скудное, а у Алеши самый рост (он был младше остальных ребят на два года, а вымахал такой же). У него даже случались голодные обмороки, но ребята считали это симуляцией.

КВАРТИРНЫЙ ВОПРОС

Я уже писал, что в молодости жил в Кусково, под Москвой. Комната плохонькая, площадью 10,6 квадратных метра, а семья — пятеро человек: мы с Майей, моя мама и двое детей. Ничего, как-то умещались, тогда ведь многие так жили... Обладание отдельной квартирой считалось серьезной жизненной удачей.

И вот ЦНИИТМАШ, где я работал, начал строить трехэтажные дома в Малаховке. Мне пообещали квартиру, но с отработкой. Я и жена взяли отпуска и вкалывали на строительстве все лето как подсобные рабочие. В результате получили трехкомнатную квартиру — метров сорок квадратных, теперь таких уже и не строят. Радости нашей не было предела.

Тем временем Москва расширилась до кольцевой дороги, и Кусково, где все мы еще оставались прописаны в нашей старой комнате, оказалось в пределах Москвы. Таким образом, мы стали москвичами по прописке. И начали к нам ходить люди, которые должны были

получить квартиры под Москвой, но с расширением столицы потеряли эту возможность, так как прописка у них была подмосковная. Предлагали менять нашу Малаховку на Москву. Предложений было довольно много, и мы выбрали квартиру в Карачарове, которое тоже стало считаться частью Москвы. Теперь мы были уже и фактически москвичами. А семья наша насчитывала уже шесть человек: теща переехала к нам.

Прошло лет десять. ЦНИИТМАШ к тому времени построил новый семиэтажный дом в Москве. Как-то А. С. Матвеев говорит мне: «Ты доктор, профессор. Добивайся расширения площади. Ведь дома институт строит в первую очередь для ученых». Ну, пошел я к заместителю директора по кадрам А. В. Бариленко. А та отвечает: «Игорь Николаевич, ваша квартира в ведомственном доме (железнодорожном). Если мы вам дадим квартиру, то ваши метры уйдут „к дяде“. Ведь не хотите же вы, чтобы ЦНИИТМАШ потерял вашу площадь! Вот если ведомство согласится отдать эту квартиру ЦНИИТМАШу — тогда пожалуйста».

Пошел я в ведомство просить. А там и слушать не хотят.

Рассказал я это Матвееву, а он говорит: «Иди к Зореву». (Николай Николаевич Зорев был директором нашего института.) Я стал возражать — неудобно директора своими нуждами беспокоить, но Алексей Сергеевич меня переубедил. Зорев подробностей слушать не стал, а позвонил заму по кадрам: «Алла Васильевна, у меня профессор Ермолов. Прошу решить его квартирный вопрос». Та предложила мне посмотреть пару квартир для отселения части семьи, а потом обменяться «на съезд». Посмотрел я эти квартиры — плохие, их не разменяешь. Пожаловался Матвееву.

А он опять: «Иди к Зореву». Пришел. Тот опять не слушает, а снимает трубку и говорит заму: «Алла Васильевна, у меня опять профессор Ермолов. Видимо, я недостаточно понятно выразился, что прошу решить его квартирный вопрос». В общем, живу я с тех пор в прекрасной квартире.

Иногда думаю, почему Зорев так поступил? Мало ли у него, руководителя крупного института, было более важных насущных вопросов! Полагаю, потому, чтобы преподать мне урок: в институте главное — научные кадры. Обслуживающий персонал, администрация — для нас, а не мы — для них.

О «ПОЛИТИКЕ» В НАУКЕ

В то время как я работал заведующим ультразвуковой лабораторией ЦНИИТМАШ, был создан Институт интроскопии. И вот директор института Владимир Владимирович Ключев пригласил меня на должность своего заместителя. Я стал взвешивать все «за» и «против». Уж очень мне нравилась работа в ЦНИИТМАШ, но и должность, признаюсь, манила.

Пошел в партком ЦНИИТМАШ (тогда члены партии увольнялись только по решению парткома). Там мне посоветовали дождаться, когда наш директор Зорев вернется из отпуска: он-то все и решит. И вот приглашает меня Зорев к себе: «Игорь Николаевич, я слышал, вы уходите собрались? Готов пойти вам навстречу. Хотите — переводом, хотите — по собственному желанию. Только послушайте меня. Ваше призвание — не административная, а научная работа». И тут же подсказал интересную идею для проработки.

Думал я два дня. Даже список плюсов и минусов составил. Потом пришел к Зореву и сказал: «Я остаюсь». — «Спасибо».

Прошло много времени, Зорев умер. И создалась у меня неприятная ситуация. Надумал уволиться мой ближайший помощник А. Х. Вopilкин. Директором тогда был Е. Т. Долбенко. Пошел к нему на прием. Ждал долго. Наконец пригласили. Я спрашиваю:

- Евгений Тихонович, вы Вopilкина знаете?
- Ну конечно.
- Уходить он надумал.
- И что вы от меня хотите?

— Евгений Тихонович, поговорите с ним. Вот я в свое время хотел уходить, а Зорев со мной поговорил, и я остался.

В этом Долбенко отказать не мог. Но он был не Зорев. Идей предложить не мог. И спросил:

— А чем мне его поманить?

— С квартирой у него проблемы.

В этом и состоял мой расчет. Если бы я сразу попросил о квартире — непременно бы отказал. Поговорил он с Вопилкиным, и тот остался. Я потом А. С. Матвееву об этом рассказал, а тот говорит: «Игорек, а ты на человека становишься похож».

КАЗУС В АУДИТОРИИ

По совместительству я лет десять читал лекции в Московском горном институте как кандидат наук, доцент. Думаю, меня многие считали строгим преподавателем: я терпеть не мог, когда студенты опаздывали на лекции. Впрочем, кому это нравится? И вот какой казус однажды приключился из-за моего стремления к дисциплине.

Прихожу на вторую по счету лекцию в семестре. На первой лекции я студентов в лицо, конечно, не запомнил. Только обратил внимание, что их было человек сорок. А тут пришло вдвое меньше. Спрашиваю: «Где остальные студенты?» В ответ слышу, что их, вероятно, задержали на предыдущей лекции. Ну, думаю, с начала семестра порядок наводить надо. Сел за стол и молчу. Студенты тоже испуганно молчат. Так в тишине прошло несколько минут... Гляжу, подходит группа, человек пять. Я их остановил в дверях, прочитал строгую нотацию насчет того, что здесь высшее учебное заведение, а не детский сад. Попросил закрыть дверь на шпингалет. «Да там еще наши ребята идут!» И правда, подтягивается еще несколько человек. Дверь не закрывают. Тогда я сам пошел, выпер плечом следующую ватагу, засунул в дверную ручку ножку от стула для надежности и, не обращая внимания на стук в дверь, начал читать.

Вдруг слышу робкий вопрос из зала:

— Простите, профессор, а что вы нам читаете?

— Как что — ультразвуковую дефектоскопию!

— А у нас сейчас по расписанию основы марксизма-ленинизма.

Тут я понял, что попал не в свою аудиторию. Собрал вещи и пошел к выходу. Вслед мне так насмешливо кто-то говорит: «Спасибо, что дисциплинку подтянули».

А за дверями толпа опоздавших студентов и лысый с портфелем: «Безобразие, что за хулиганство, я буду жаловаться! Я доцент, почему меня не пускают!»

Пришел в свою аудиторию, а там пусто. Не дождались меня студенты. С тех пор я всех опоздавших пускал без разговоров.

МОЙ ЧЕШСКИЙ ДРУГ

Ярослав Образ был первым иностранным ученым-дефектоскопистом, с которым я близко познакомился. Мы много лет сотрудничали, подружился, а началось все с того, что в особнячок на Таганке, где располагался наш отдел неразрушающего контроля, пришел какой-то человек и представился как чешский инженер, специалист по ультразвуку. Надо сказать, он очень хорошо говорил по-русски. Удивительно, но между нами не было никакой предварительной переписки, ни даже телефонных звонков. Пан Ярослав приехал в Москву, нашел нас совершенно самостоятельно и вот так запросто пришел познакомиться и поговорить. Ничего секретного в наших работах не было, и я вежливо познакомил с ними инженера Образа. Затем вспомнил, что на ВДНХ проходит выставка приборов по дефектоскопии, и предложил съездить посмотреть. Он отнесся к экспонируемым приборам с большим интересом и проявил себя как очень знающий специалист.

Не обошлось и без курьеза. Когда мы вышли с ВДНХ, на площади у входа на выставку прохаживался... лось! Вел себя очень спокойно,

с любопытством обнюхивал троллейбусы. Образ с удивлением спросил: «Товарищ Ермолов, неужели это лось?» Я подтвердил и сказал, что сам вижу живого лося всего второй раз в жизни. (Первый раз это было в Карелии, в лесу.) Так что, говорю, вам здорово повезло, что вы видите лося в Москве. И тут он поинтересовался: «А скажите, что, медведи в Москве по улицам тоже вот так ходят?» Видимо, он слышал известную байку о гуляющих по столице медведях.

Приблизительно через год мне предстояла длительная командировка в Чехословакию. А за границу в те времена посылали только тех, кто прошел предварительную беседу в ЦК партии. Дата этой беседы заранее не назначалась. Вообще считалось, чем меньше командруемый знает, тем лучше... С учетом этого я обязательно предупреждал секретаря, куда я еду, если нужно было отлучиться с работы.

И вот вызывают меня на совещание в Госплан. Я, как водится, предупредил: еду в Госплан. Отсовещались. А на выходе из Госплана меня вдруг задерживают. Почему — не объясняют. Препроводили в отдельную комнату. Я сижу, волнуюсь, не знаю, в чем дело. Входит майор КГБ. Спрашивает: «Гражданин Ермолов?» — «Да». — «Некая Галкина (наш секретарь) просила вас предупредить, что вам нужно быть в Министерстве энергетики, комната номер такой-то».

Так вот, оказывается, в чем дело! А ведь Р. Ф. Галкина не знала, по какому телефону меня можно найти. Но когда меня вызвали в Минэнерго, догадалась позвонить в охрану Госплана, чтобы мне сообщили о вызове. А руководство охраны решило проверить бдительность своих подчиненных. Ну, меня и задержали, как шпиона какого-то...

В Чехословакию мы ехали в составе довольно большой делегации. Разместили нас в хорошем отеле по двое. Валюту мы сэкономили: хотелось купить побольше подарков родным. Обедали нормально, а завтракали и ужинали московскими запасами.

Однажды пан Образ пригласил меня к себе домой на вечер. Я обрадовался, потому что и приглашение само по себе приятно получить, да и, по правде говоря, рассчитывал на чешское угощение.

Даже соседа по комнате предупредил: «Сегодня обедать не буду, поеду к знакомому чеху, у него отъежся».

Образ заехал за мной на машине, отвез к себе. Познакомил с семьей (у него была красавица-жена и две дочки). Квартира большая, просторная, на стенах пейзажи. И тут я, как говорится, лопухнулся. Спрашиваю Образа: «Это вы рисовали?» А это были картины очень известных чешских мастеров.

Завязался содержательный разговор (пани Образ немного говорила по-русски), подали бутылку сухого вина, а на еду никакого намека. Между прочим, жена захотела узнать, что в России кушают. Я с голодухи очень так цветисто описал различные блюда! Между прочим, помянул гречневую кашу. Жена спрашивает: «Что есть греча?» Оказалось, по-чешски это «пóганка». «Это нельзя кушать!» Тут я принялся описывать достоинства горячей гречки с маслом.

Привез меня Образ обратно в гостиницу, я как вошел в номер, так сразу и вскрыл «внеплановую» банку консервов. Сосед проснулся, ворчит: «Неужели в гостях не наелся!» А на другой день Образ повез меня на машине по окрестностям показывать достопримечательности. Завез в ресторан и накормил отличным обедом. У них, оказывается, не принято угощать дома.

Зато когда он сам в следующий раз приехал в Москву, мы накормили его домашней гречневой кашей. Да еще и с собой дали концентратов — для жены.

ПАМЯТНАЯ ВСТРЕЧА

Имя академика Бориса Евгеньевича Патона хорошо известно в нашей стране и за ее пределами. Мой рассказ о нем, возможно, дополнит образ этого замечательного ученого. Предваряя его, хочу поделиться впечатлениями «заочными».

По образованию физик, я был далек от проблем техники. Имя Б. Е. Патона услышал в связи с вопросами дефектоскопии элек-

трошлаковой сварки. (За открытие этого способа сварки Б. Е. Патон с сотрудниками получил Ленинскую премию.) Мне очень понравилась простая и эффектная идея этого сварочного процесса. И вот как-то на Новокраматорском заводе я познакомился с Волошкевичем, сотрудником ИЭС (Института электросварки) им. Е. О. Патона (тогда — Институт электросварки АН УССР), одним из изобретателей метода. Мы готовились к контролю сварки пластины толщиной около 300 мм, выполненной электрошлаковым способом. Сидели, ждали, когда придет слесарь, чтобы подготовить нам поверхность (снять окалину). Волошкевич спросил, хорошо ли ультразвуком контролируется эта сварка, мы ответили, что, в принципе, контролируется хорошо. Когда Волошкевич узнал, чего мы ждем, сам взял молоток и стал сбивать окалину. Мне стало стыдно: человек гораздо старше меня по возрасту, именитый ученый, не чурается черной работы! Затем Волошкевич попросил показать, как выполняется контроль. Посмотрел, попросил дать ему щуп (так мы тогда называли преобразователь) и начал сам проверять. Залез с места, где окалина была сбита, на поверхность с окалиной и говорит нам: «Так здесь же лучше вести контроль! И щуп движется легче, и сигнал от угла больше. Зачем вы сбиваете окалину?» Вскоре, кстати, рекомендации об обязательном удалении окалины были отменены. «Начальник, у которого такие подчиненные, видимо, очень хороший начальник», — подумал я тогда, имея в виду Б. Е. Патона.

Самого Бориса Евгеньевича я видел тогда только выступающим на трибуне. Но однажды тогдашний директор ЦНИИТМАШ Николай Николаевич Зорев пригласил его в институт. Академика, как полагается, сопровождала «свита» из нескольких человек, и я был в их числе. Помню, в сварочном зале гостю показывали автоматическую установку для приварки ребер к плавниковым трубам. Комментировал автор — Э. С. Слепак, а Зорев поторапливал: выбились из графика. Выслушали Слепака, и Зорев повел было Патона дальше. Но тот сказал: «Минуточку». Вернулся, спросил: «А как вы

бунтуете ребра?» (Слепак мне потом говорил, что долго возились с этой проблемой, так что вопрос был «в точку».) Автор рассказал, и Патона повлекли вперед. Но тот опять: «Минуточку!» Вернулся и пожал Слепаку руку: «Спасибо!»

Еще помню, Зорев говорит: «Борис Евгеньевич, я наших сварщиков давно убеждаю, что варить надо, как мы обрабатываем металл: детали закреплять в суппорте, а вместо резца — электрод». (Н. Н. Зорев, член-корреспондент АН СССР, был крупным специалистом по холодной обработке металлов.) А Патон: «Николай Николаевич, но у нас же температуры!» Сварщики потом говорили мне, что после этого Зорев уже не навязывал им эту свою идею.

Пришел Борис Евгеньевич и в нашу лабораторию. Мы тогда много работали над спектральным методом определения характера дефекта. Патон с интересом выслушал меня и посмотрел, как ведется контроль. Потом спросил: «А вы Гурвича знаете?» Он помог Анатолию Константиновичу выпустить книгу по ультразвуковому контролю сварки, это была первая в мире книга по данному вопросу. «Конечно, — говорю, — мы соавторы». (Речь шла уже о другой книге, которую также помог выпустить Б. Е. Патон.) «Правильно, — говорит Борис Евгеньевич. — Помню: Гурвич и Ермолов».

Вскоре после визита к нам Борис Евгеньевич принял значительное участие в подготовке постановления правительства, где большое внимание уделялось развитию работ по неразрушающему контролю сварки. Благодаря этому постановлению было построено здание ВНИИНК в Кишиневе и получено финансирование многих важнейших исследований.

... Не так давно я прочел в журнале «Наука и жизнь» интересную статью Б. Е. Патона, посвященную проблемам сварки в космосе и под водой. (В ней сварка неразрывно связывалась с дефектоскопией сварки.) Чувствовалось глубокое понимание вопроса, и не понаслышке. Это была статья специалиста, погруженного в проблему, более того, куратора проблем, связанных со сваркой. После ее прочтения

и появилось у меня желание записать эту историю. Позволю себе на ее примере привести также несколько тезисных соображений.

Каким должен быть настоящий крупный ученый?

Он должен владеть проблемой глубоко и всесторонне.

Он должен уметь подбирать и ценить сотрудников, стимулировать их самостоятельную работу.

Он должен быть простым и доступным, чураться помпезности, видеть прежде всего решаемую проблему, а не любоваться своей ролью в решении этой проблемы.

ПОДВОДЯ ИТОГИ

Кажется, так недавно происходило то, о чем я вспомнил в этих записках! Но вот уже позади мое пятидесятилетие, отмечен шестидесятилетний юбилей, пожелтела бумага поздравлений, которые сотрудники преподнесли мне в семидесятый день рождения...

Одно из них было стихотворным. Не стану приводить целиком этот чересчур лестный для меня текст. Но последнее четверостишие звучало так:

Хотя ему уж полных семь десятков —

Не возраст то в науке, господа!

И в пожеланье будем очень кратки:

Лет пятьдесят активного труда!

Ну что ж, пятьдесят не пятьдесят, но вот и еще десяток лет прошел. Сейчас мне восемьдесят. ЦНИИТМАШ, где я работал много лет, устроил грандиозный банкет по этому поводу. Подарков надарили множество, и в их числе — компьютер от моего ученика и коллеги А.Х. Вopilкина. На нем я и пишу сейчас эти строки.

Моя любимая жена Майя рядом со мной. У нас, как я уже рассказывал, двое сыновей, пятеро внуков (моя любимица — внучка Светочка, она окончила МАТИ с красным дипломом, работает генеральным конструктором). Есть у нас и правнуки, их пока двое, но на-

деемся, что будет больше. Мы с Майей живем на даче в Подмоскowie, в прекрасном месте среди деревьев, многие из которых посадили сами. Нас охраняет пес Яррис, приезжают дети. В последние годы стали одолевать болезни, но мы не унываем. Хотя на работу, конечно, ходить не можем. Тем не менее я числюсь консультантом в двух местах. Спасибо ученикам, которые меня помнят и поддерживают: Вopilкину, Воронковым, Щербинскому. При мизерной пенсии это очень существенно.

Подводя итоги своей жизни, должен заметить, что мне удивительно везло на хороших людей. Как-то получалось так, что меня всегда окружали на редкость душевные люди и помогали мне. А я в свою очередь старался помочь им.

У меня довольно много учеников. Аспирантов было не менее двадцати человек, и все благополучно защитились. Могу с уверенностью сказать, что шесть докторов наук вышли на защиту и получили ученые степени под моим влиянием — тоже в какой-то степени мои ученики!

Насколько я знаю, и в горном, и в энергетическом институте до сих пор читают лекции по моему плану. Вышло несколько моих трудов, вместе с сыном Михаилом я написал учебник для рабочих. Последняя моя книга — это третий том справочника по неразрушающему контролю. Писал я его вместе с Юлием Викторовичем Ланге, а издан он под редакцией Владимира Владимировича Ключева. В издательстве «Машиностроение» в 2006 году вышло уже второе издание объемом 859 страниц. В этом справочнике я изложил, можно сказать, все, что знал по ультразвуку. Большое спасибо Владимиру Владимировичу, что дал мне возможность его опубликовать.

В журнале «Дефектоскопия» я несколько лет печатал мои «Дефектоскопические истории». Это ряд поучительных случаев из практического контроля, которые я постарался изложить общепонятным языком. Отдельной книгой эти заметки ранее не издавались. Надеюсь, моим молодым коллегам будет небезынтересно их прочесть.



Игорь — школьник, 6-й класс



Майя Ивановна. Физтех



Сын Алексей читает газету, как и Игорь



*Дети Алеша и Миша,
совсем маленькие,
с бабушкой Марией Алексеевной
(мамой Игоря)*



*Старший внук Женя
(сын Алексея)*



Детские игры. Алексей и Миша



*Бабушка Наталья Васильевна
(мама Майи) с внуками*



*Младший сын Михаил с женой Ириной
и детьми Светой и Андреем*



Спортивные соревнования



Игорь — участник художественной самодеятельности в шефском походе в деревню Подольниха



Игра в бадминтон в байдарочном походе



Перетаскивание песка в спортлагере



Спортлагерь



Спортлагерь, у костра



Спортлагерь на Пестовском водохранилище



*На лыжах в зимнем походе
по Северному Уралу*



Игорь на лыжне



Велопробег. Игорек проснулся



Походы по Угре с Цеханскими



*Походы по Угре
с Цеханскими*



*Удачный улов
Кости Цеханского*



На работе



*Игорь Николаевич.
Физтех*



*Игорь Николаевич Ермолов выявил огромную трещину
в поковке ротора*



*Михаил Федорович Кравчак и Игорь Николаевич Ермолов
настраивают систему контроля прутков.
Предположительно 1965 г.*



*Профессор
Юлий Викторович
Ланге*



*Игорь Николаевич Ермолов пишет
кандидатскую диссертацию*



Защита кандидатской диссертации в ЦНИИТМАШ (1958 г.)



Портрет Игоря Николаевича



*Обычная работа ученых в СССР —
овощная база*



Коллектив ЛУЗМИМ



*Начальник ОНМИМ
Алексей Сергеевич
Матвеев*



*ОНМИМ. Ермолов демонстрирует
Алешину новое достижение*



*Защита Ермоловым
докторской
диссертации*



На субботнике



*Ермолов поздравляет своего сотрудника Стасеева с успешной
защитой кандидатской диссертации*



Коллектив ЛУЗМИМ



*Фото Игоря Николаевича
с доски почета ЦНИИТМАШ*



На работе



*Доклад на заседанији парткома
ЦНИИТМАШ*



*Поздрављење с успешном заштитом
докторске дисертације*



Игорь Ермолов и Ярослав Образ



*На международной выставке в Германии.
Ярослав Образ и Игорь Ермолов*

ЧАСТЬ 2

Игорь Ермолов

**ДЕФЕКТО-
СКОПИЧЕСКИЕ
ИСТОРИИ**

ПЕРВЫЙ СЕРИЙНЫЙ

Эту историю я записал со слов В. Д. Королева, слесаря-механика, старейшего сотрудняка ЦНИИТМАШ.

Первым ультразвуковым дефектоскопом, выпускавшимся серийно на приборостроительном заводе, был УЗД-7Н. Прибор был разработан в ультразвуковой лаборатории ЦНИИТМАШ. Королеву посчастливилось принять участие в этой работе. Теперь уже все члены того коллектива либо умерли, либо на пенсии, и Владимир Дмитриевич решил, что необходимо оставить воспоминание об этой важной странице развития дефектоскопии в России.

Ультразвуковая лаборатория ЦНИИТМАШ была создана начальником отдела приборостроения А. С. Матвеевым. Ее небольшой коллектив состоял в основном из техников и электронщиков-практиков. За короткое время они создали несколько типов ультразвуковых дефектоскопов, толщиномеров и преобразователей к ним. Приборы шли и на продажу, и для оснащения лаборатории. Сотрудники лаборатории часто сами выезжали на заводы и с помощью этих приборов проводили контроль. Все замеченные недостатки оперативно исправлялись в конструкции и учитывались при выпуске новых приборов.

В январе 1953 года появился дефектоскоп УЗД-7М. Он очень хорошо себя показал в работе на заводах, но требовал кое-какой доработки. Усовершенствования были выполнены. Задумались, как назвать следующую модель прибора. Марка УЗД-7 себя хорошо зарекомендовала, на заводах успешно работало больше десятка этих

приборов, поэтому ее хотелось сохранить. Буква «М» означала, что модель модернизирована. Может быть, следующую модель назвать УЗД-7-2М? Но Матвеев предложил использовать следующую после «М» букву алфавита. Так и появился УЗД-7Н.

Прибор имел две рабочие частоты: 2,5 и 1,8 МГц. В комплект (впервые в мировой практике) входили наклонные призматические преобразователи, так что можно было контролировать сварные швы. Преобразователи тогда делали на основе титанита бария, а этот материал легко располяризовывался. Предусмотрели дополнительное гнездо на задней панели прибора с высоким постоянным напряжением. Подключишь к нему преобразователь — и он за ночь опять поляризуется.

Глубиномер был ультразвуковой. Его называли «паровая машина». В нем был цилиндр, наполненный глицерином, и вспомогательный ультразвуковой преобразователь. Отражался ультразвук от поршня. Время пробега ультразвукового импульса в изделии сравнивалось со временем пробега импульса в глицерине, а оно определялось по градуированной шкале. В то время, когда импульсная техника только осваивалась и была неточной, очень удачным оказалось именно такое решение.

Однажды А. С. Матвеева вызвали для демонстрации прибора на заседание правительства. Он взял с собой М. Ф. Краковяка. А поскольку вызваны они были неожиданно, то Краковяк как был в валенках, так и поехал. Там им предоставили стол, они подключили прибор и показали, как выполняется контроль. Все прошло благополучно, но Краковяк потом рассказывал, что он здорово боялся. Рядом стоял молодой человек (видимо, из КГБ) и держал руку в кармане. И тут же Михаил вспомнил, что в приборе электролитические конденсаторы стоят прямо под электронно-лучевой трубкой. Электролитики иногда взрывались — а от них и трубка может взорваться. Если бы это, не дай бог, случилось, кэґэбэшник в один момент «пришил» бы им дело за покушение на правительство!

— Помню, приехали к нам французские ученые — профессора Бекар и Ланжевен, — рассказывает В. Д. Королев. — Бекар — мужчина средних лет, а Ланжевен очень старый. Возможно, это был тот самый Ланжевен, который изобрел во время Первой мировой войны акустический способ поиска немецких подводных лодок. Французам УЗД-7Н очень понравился. Особенно глубиномер. Сами поочередно взяли преобразователь в руки, нашли дефекты и измерили их глубину. Конечно, перемазались все в машинном масле. Ультразвук — дело грязное! И тут вышел конфуз. Коллектив у нас был мужской, поэтому около умывальника лежало самое простое мыло — хозяйственное, а полотенце — мокрое и грязное, как овечий хвост в плохую погоду. Хозяйственным мылом французы руки вымыли, хоть и поморщились, а полотенцем воспользоваться не рискнули — платки носовые достали.

У этого эпизода, запомнившегося В. Д. Королеву, было продолжение. Я в то время только познавал ультразвук. Но уже был заведующим лабораторией, а значит, на меня и шишки посыпались. После визита французов меня вызвал директор и сделал «втык». Оказывается, иностранцев нужно было пригласить в туалет на втором этаже. Там было приготовлено чистое полотенце, туалетное мыло и поставлен вахтер (потому что один кусок мыла уже утащили). А я-то об этом и не знал!

Потребность в ультразвуковых дефектоскопах тогда была очень велика, поэтому лаборатория делала по пять-шесть приборов УЗД-7Н в месяц. Потом документацию и опытный образец передали на Ленинградский инструментальный завод. Он выпускал приборы года два-три, пока не построили завод «Электроточприбор» в Кишиневе. Там уже стали делать более совершенные приборы.

КАК СТАТЬ ДЕФЕКТОСКОПИСТОМ

В далеком 1953 году я окончил вуз, поступил в ЦНИИТМАШ и вскоре неожиданно для себя стал заведующим ультразвуковой лабораторией. Так сложились обстоятельства. По специальности

я был физик-атомщик, об ультразвуке не знал почти ничего и первым делом полез в курс физики Папалекси, чтобы прочесть, что это такое. Под руководством «стариков» постепенно входил в курс дела и уже лихо находил всякие искусственные дефекты.

Однажды в Краматорске контролировал с М. Р. Губановой пластины толщиной 200 мм, сваренные электрошлаковой сваркой. Дня два возились — ни одного дефекта. Закралось какое-то сомнение: а нужен ли вообще контроль? Наконец однажды замелькали на экране импульсы. Ура, дефект! Но это оказался какой-то номер, выбитый на обратной стороне пластины около шва.

Как-то раз возникла необходимость внедрять ультразвуковой контроль на Барнаульском котельном заводе. Наш начальник отдела А. С. Матвеев послал меня, а в «дядьки» дал Михаила Федоровича Краковяка (светлая ему память!). За плечами у него было всего семь классов школы, а методист и разработчик аппаратуры он был отменный. Бывало, попросит рассчитать параметры схемы — я повожусь, даю ему результаты. Он посмотрит и говорит: «Правильно. Я уже собрал и попробовал. Те же самые величины».

На Барнаульском заводе об ультразвуке тогда только слышали. Выделили нам кучу сварных образцов-свидетелей, которые сварщики варят для проверки квалификации, и сказали: «Найдете дефекты, тогда с вами разговаривать будем».

Нашли мы несколько дефектов, но они либо были видны с поверхности, либо были какие-то странные. Импульсы широкие, чуть не в половину экрана. Потом оказалось, что это рыхлота в сварном шве. А один дефект, в шве толщиной миллиметров сто, брался четко. Михаил Федорович уверенно сказал: «Трещина. Миллиметров пять по высоте». Сказали об этом начальнику цеха. А нам в ответ: «Лопухнулись вы, мужики. Этот шов классный сварщик варил. После него дефектов не бывает». Мы тогда говорим: «Давайте вскрывать».

Обкернили мы это место. Знали, что вырезать будет газом, поэтому линию кернов отодвинули от дефекта подальше — не дай

бог, заденут резакон наш дефект! Договорились, что вырезанный газом темплет будут строгать и через каждые 2 мм травить. Ну, начали строгать и травить. День прошел — ничего не нашли. Я ночь не сплю, все думаю, есть там что-нибудь или нет. Краковьяка разбудил:

— Миш, как думаешь, есть там дефект?

— Да спи ты, — говорит, — трах тарарах.

Утром пошли на завод.

— Какие, — спрашиваем, — результаты?

А нам в ответ:

— Да выкинули мы ваш темплет. Ничего в нем нет. Мы его рентгеном просветили и ничего не нашли.

— Как выкинули, куда выкинули?

Час копались в металлоломе, нашли наш темплет. Принесли обратно в цех:

— Строгайте дальше!

Подошел я к строгалю, посмотрел. А он миллиметра два слой снял и дальше собирается строгать. Я ему говорю:

— Тебе же сказали, травить через каждые 2 мм.

— Да пошел ты! Так я не заработаю ничего.

— Слушай, найдешь дефект — с меня пол-литра.

Получаса не прошло, приходит строгаль.

— Травите, говорит, есть дефект.

Протравили — точно, трещина! Не пять, а семь миллиметров, но там, где надо. Мы с этим дефектом к главному инженеру пошли, показали, протокол составили.

После этого случая начали обучать выделенных людей.

А когда мы со строгалем обещанные пол-литра распивали, он нам и говорит:

— Вы, москвичи, правильные ребята. Я знаешь как нашел дефект? Стружка на нем начала ломаться. Слушайте, там еще дефекты есть. Давайте по четвертинке за каждый!

Эту историю я студентам рассказывал, когда лекции в МЭИ читал, уже как профессор. А в заключение говорил:

— Не тогда вы станете дефектоскопистами, когда диплом получите. И не тогда, когда контролировать начнете. А когда вы свой первый дефект найдете и его собственными глазами увидите, — вот тогда вы в себя как в специалиста и поверите. И в ультразвук поверите тоже!

АКУСТИЧЕСКИЙ ТРАКТ

Вывод формул акустического тракта — это, пожалуй, мое главное достижение в ультразвуковой дефектоскопии. С самого начала работы по ультразвуку я стал задумываться, как рассчитать амплитуду сигнала в зависимости от размера и расстояния до дефекта. Впоследствии их в России назвали формулами акустического тракта.

У нас, да и во многих других странах, в качестве модели отражателя (дефекта) было принято использовать плоское дно цилиндрического отверстия (плоскодонное отверстие). С ним сравнивались естественные дефекты. Площадь дна плоскодонного отверстия, амплитуда сигнала от которого равна амплитуде сигнала от дефекта, называется эквивалентной площадью дефекта. Нормы разбраковки изделий ультразвуком включают количество дефектов, превышающих заданную эквивалентную площадь. Естественно, что я начал с формул акустического тракта для плоскодонного отверстия.

Но меня опередил доктор технических наук Д. С. Шрайбер. Впоследствии я его формулу раскритиковал за неточность, но она была первой. Потом Ю. В. Ланге снял кривые экспериментальной зависимости амплитуды сигнала от плоскодонки. Но они годились для конкретного преобразователя.

Свою формулу я представил в виде степенных рядов, и с экспериментами она совпала хорошо. Однако потом увидел статью Й. Крауткремера, который представил амплитуду сигнала от пло-

скодонки в виде зависимости от двух безразмерных параметров, и снял экспериментально диаграмму АРД (амплитуда — расстояние — диаметр). Она годилась для всех прямых преобразователей. Стало понятно: это и есть решение вопроса о плоскодонном отверстии.

Я обратил внимание, что для небольших дисков и округлых отражателей (сферы, цилиндра) амплитуда зависит от двух параметров: размера отражателя и расстояния до него, но эти параметры нужно выражать в безразмерных величинах. Поэтому, когда ко мне обратилась редакция журнала «Дефектоскопия» с предложением написать обзорную статью о формулах для амплитуды сигнала, я стал искать решение именно в таком виде. Воспользовался лучевыми представлениями из оптики и составил формулы для амплитуд сигналов от всех применявшихся отражателей. Проверил их экспериментально. Сошлось хорошо. Все это вошло в мою докторскую диссертацию.

Дефектоскописты, обучавшиеся в Швеции, принесли мне как-то листок из учебника по дефектоскопии на английском языке. Там мои формулы фигурировали под титулом «Формулы Ермолова».

Некоторые проблемы возникли с отражением от цилиндра поперечных волн. Об этом я пишу в разделе «А есть ли минимумы?».

Все формулы относились к прямым преобразователям. А как быть с наклонными? К тому же их множество и они применяются для таких объектов, как сварные швы. Плоскодонка для них не подходит. Изготовить наклонное отверстие трудно. Тогда мы с В. С. Гребенником и А. З. Райхманом придумали такой отражатель, как зарубка. О нем тоже есть отдельный раздел.

Все выведенные формулы собраны в моей с соавторами книге «Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии».

А есть ли минимумы?

Боковое цилиндрическое отверстие — очень удобный для настройки дефектоскопа искусственный дефект. Изготовить его легко и с большой точностью, отражение от него одинаково, независимо

от угла ввода. Всем хорош отражатель, но есть у него существенный недостаток.

Покойный Александр Сергеевич Голубев рассчитал зависимость амплитуды отражения от диаметра цилиндра. Точнее, от отношения диаметра цилиндра к длине волны ультразвука. Оказалось, что если для продольных волн амплитуда монотонно увеличивается с ростом диаметра и соответствует лучевому приближению, то для поперечных волн амплитуда изменяется немонотонно: имеются весьма заметные минимумы и максимумы. В области, где есть немонотонность, использовать боковое цилиндрическое отверстие для настройки чувствительности аппаратуры, конечно, нельзя.

Позднее многие исследователи обращались к отражению от бокового цилиндрического отверстия и нашли, что причина немонотонности — в волнах обегания и соскальзывания. Поперечная волна вблизи поверхности отверстия распространяется как оббегающая его волна Рэлея. Она порождает поперечную волну, которая соскальзывает по касательной к поверхности отверстия. При диаметрах отверстия, существенно больших длины волны, становятся заметны головная волна обегания и волна соскальзывания в виде поперечной волны, которая распространяется под третьим критическим углом, но это нас здесь не интересует.

Рэлеевскую волну обегания легко наблюдать на стандартном образце СО-2. После сигнала, отраженного от отверстия диаметром 6 мм, заметны слабые импульсы волн обегания и соскальзывания. Немонотонность амплитуды отраженных поперечных волн объясняется интерференцией прямо отраженной волны и первой волны обегания и соскальзывания для цилиндра малого диаметра, меньше 6 мм.

Ничего из вышесказанного не было известно в 1973 году, когда я решил экспериментально проверить, как изменяется амплитуда отражения от цилиндрического отверстия. Дело в том, что в статье А. С. Голубева экспериментальные точки приведены, но они расположены редко и немонотонностей убедительно не подтверждают.

Я заказал образцы с боковыми отверстиями диаметрами от 2 до 20 мм с шагом в зоне предполагаемой немонотонности 0,1 мм. Уж при таком небольшом шаге немонотонности пропустить было нельзя. Измерения проводил на трех частотах — и немонотонностей не обнаружил! Для проверки попросил повторить измерения опытного дефектоскописта, инженера И. А. Вятскова, и он тоже немонотонностей не обнаружил. Наши экспериментальные точки располагались между максимумами и минимумами кривой А. С. Голубева.

Об этом я сделал доклад на международной конференции в Варшаве. Й. Крауткремер, который вел заседание, задал мне много вопросов. Он был в курсе проблемы немонотонности. В частности, он выразил сомнение, что диаметры отверстий измерены правильно. Вернувшись в Москву, я проверил диаметры отверстий с помощью разверток различного диаметра и подтвердил правильность измерений.

Об этом эпизоде я вспомнил во время конференции УЗДМ-2004 («Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций»). В своем докладе профессор А. К. Гурвич утверждал, что немонотонности существуют. В личной беседе Анатолий Константинович сказал, что по его поручению кривую изменения амплитуды отражения в зависимости от диаметра цилиндрического отверстия многократно снимали студенты. Не верю я студенческим результатам! Я сам две недели тер образцы щупом, добиваясь максимальной достоверности.

Чем объясняется отсутствие немонотонности? Расчеты показали, что для обычно применяемых ультразвуковых импульсов в три-четыре периода колебаний ширина спектра частот соответствует интервалу частот, на котором укладываются минимум и максимум кривой А. С. Голубева. Импульсный характер излучения вызывает усреднение кривой А. С. Голубева.

Возможно, сказывается также то обстоятельство, что мы ищем максимум амплитуды эхосигнала от отверстия. При этом мы немного изменяем положение точки падения от преобразователя на отра-

жатель и невольно приходим к таким условиям, когда интерференция, приводящая к образованию минимума, нивелируется. Но этот вариант объяснения вызывает сомнение, так как в этом случае максимумы кривой должны были бы сохраниться.

О зарубке

Зарубка — очень распространенный в России тип искусственного дефекта при ультразвуковом контроле сварных соединений малой и средней толщины. Однако для использования зарубки необходимо решить ряд вопросов. Точно изготовить зарубку очень трудно. Здесь рассказано о том, как зарубку можно не делать.

При разработке методики контроля сварных соединений толщиной от 3,5 мм и более трудную задачу составлял выбор типа искусственного отражателя, по которому должен настраиваться дефектоскоп. Искусственный отражатель должен удовлетворять ряду требований.

1. Он должен изготавливаться достаточно просто.
2. Воспроизводимость искусственного отражателя должна быть хорошей, чтобы разброс амплитуд эхосигналов от него не превышал 2 дБ. Высокая повторяемость результатов нужна для того, чтобы контроль был одинаковым, например у изготовителя и заказчика продукции.
3. Изменение размеров искусственного отражателя должно обеспечивать получение широкого диапазона амплитуд эхосигналов (до 10 дБ).
4. Желательно, чтобы настроенный искусственный дефект подходил на естественные дефекты объекта контроля (ОК).
5. Еще одно требование к искусственному дефекту — возможность расчетного сопоставления с основным типом искусственного отражателя: плоскодонным отверстием.

Рассмотрим, как удовлетворяют этим требованиям известные искусственные отражатели применительно к контролю тонких

сварных соединений. Плоскодонное отверстие явно не подходит: его просто негде разместить в тонком сварном соединении. Боковое цилиндрическое отверстие нехорошо тем, что путается прямое отражение от искусственного дефекта с отражениями от него и от поверхностей ОК. Вертикальное цилиндрическое отверстие не обеспечивает требуемой стабильности. Как показали Н. Волкова и А. Нелидов, амплитуда сигнала от него сильно меняется в зависимости от того, с какой стороны ведется прозвучивание. Кроме того, амплитуда эхосигналов от отверстия пропорциональна корню квадратному из его диаметра. Чтобы обеспечить выполнение третьего требования, диаметр должен изменяться — например, от 1 до 900 мм, что нереально.

В конце концов мы остановились на зарубке с плоской отражающей гранью. Важное достоинство этого настроечного искусственного дефекта в том, что зарубка прекрасно имитирует непровары и трещины в корне сварного шва — наиболее опасные дефекты. Если эхосигнал в сварном шве больше, чем от зарубки, налицо признаки опасного дефекта.

Первоначально зарубку предполагалось изготавливать ударным способом с помощью специального зубила. Однако этот способ не обеспечивал хорошей повторяемости результатов. Нужно заметить, что правильно изготовить зарубку не так-то просто. Нужно обеспечить перпендикулярность к поверхности отражающей грани, выдержать правильные размеры зарубки с точностью до 0,1 мм, высокую чистоту отражающей грани. С. П. Первалов исследовал различные способы изготовления зарубок. В результате установил, что наилучшая повторяемость амплитуд эхосигналов достигается при изготовлении зарубок электроэрозионным способом. Хорошие результаты дает также использование полуплоскодонного отражателя, но его трудно изготовить. Нужно выполнить в образце плоскодонку, а затем разрезать ее пополам плоскостью, которая в дальнейшем должна играть роль донной поверхности.

Чтобы добиться возможности сопоставления с плоскодонным отверстием, были проведены следующие вычисления и эксперименты. Для небольшого плоскодонного отверстия формула для амплитуды отражения A :

$$\frac{A}{A_0} = \frac{sS}{r^2 \lambda^2},$$

где A_0 — амплитуда зондирующего импульса, s — площадь дна отверстия, S — площадь пьезоэлемента преобразователя, r — расстояние преобразователь — отражатель, λ — длина волны.

Для зарубки формула для амплитуды отражения имеет вид:

$$\frac{A_3}{A_0} = \frac{s_3 S}{r^2 \lambda^2},$$

где s_3 — площадь отражающей грани зарубки.

Для сопоставления этих формул мы ввели коэффициент пропорциональности N , впоследствии измененный на G .

$$\frac{sS}{r^2 \lambda^2} = G \frac{s_3 S}{r \lambda}.$$

Мы провели эксперименты и получили кривую для $G(\varphi)$. Эта кривая как зависимость $N(\varphi)$ приведена в ГОСТ 14782, где зарубка рекомендована как один из основных типов искусственных отражателей при контроле сварных соединений. Зарубку стали применять при контроле сварных соединений в энергетике, строительстве газо- и нефтепроводов, грузоподъемного оборудования. В России она стала основным типом искусственного отражателя при ультразвуковом контроле сварных соединений малой и средней толщины.

Дальнейшие исследования показали, что кривая $G(\varphi)$ в ГОСТе недостаточно точна. При углах φ меньших 50° она зависит не только от φ , но также от глубины зарубки h . Это связано с образованием

головной волны на поверхности перед зарубкой. К счастью, тонкие сварные соединения контролируют с углами ввода, большими 50° , так что кривая $G(\varphi)$ из ГОСТа 14782 оказывается пригодной к применению. В целом кривая $G(\varphi)$ из ГОСТа соответствует зарубке глубиной 2 мм.

С. П. Переваловым показано, что даже при оптимальном способе изготовления зарубок разброс амплитуд эхосигналов от них очень велик и достигает 8 дБ. В то же время амплитуда отражения от двугранных углов на торце трубы или листа в зависимости от толщины стенки отклоняется от среднего значения не более чем на 0,5 дБ. Отражатель в виде торца удовлетворяет всем требованиям, кроме третьего. Предлагаемый способ настройки устраняет этот недостаток.

Хорошую идею предложил Н. А. Кеслер: настраивать дефектоскоп по торцу трубы или листа, а потом повышать чувствительность на строго определенную величину, определяемую размерами зарубки. Кеслер провел расчеты и эксперименты. В результате появилась Инструкция по настройке путем перехода от торца к зарубке за счет увеличения амплитуды эхосигнала. Но в Инструкции предписывается настраивать чувствительность не только по торцу образца в виде отрезка трубы, а по отражению от цилиндрической вогнутой поверхности образца V-2 или по отражению от угла пластины толщиной 6 мм. Притирать преобразователь к поверхности трубы, согласно Инструкции, не нужно. Это является недостатком такого подхода, так как при контроле трубы на преобразователе образуется желобок, и в результате возникает перебраковка.

Проведенная мною проверка показала, что кривые в Отчете, на основе которого написана Инструкция, не соответствуют расчетным формулам, приведенным здесь же. Экспериментальные точки подозрительно точно совпадают с этими кривыми. Автору представляются более убедительными экспериментальные точки с большим разбросом, приведенные у Перевалова.

Предлагаемый путь использования отражателя от двугранного угла торца трубы или листа вместо зарубки состоит в том, что чувствительность повышается на величину, определяемую простым расчетом. Отношение амплитуд эхосигналов от зарубки и двугранного угла равно:

$$\frac{A_3}{A_y} = \frac{2s_3}{\lambda r_{об}}$$

Здесь $r_{об}$ — общий путь УЗ-импульса в ОК и преобразователе: $r_{об} = H / \cos \alpha + r_{пр}$, где H — толщина ОК, α — угол ввода, $r_{пр}$ — приведенный путь импульса в призме преобразователя $r_{пр} = c_{пр}^2 \tau / 2c_t$, $c_{пр}^2 = 2,75$ мм/с — скорость продольных волн в призме, $c_t = 3,25$ мм/с — скорость поперечных волн в ОК (стали), τ — время задержки в призме, определяется как разность общего времени пробега импульса в СО-3 минус расчетное время пробега в нем: $2 \cdot 55 / 3,25 = 33,8$ мкс.

По указанному алгоритму были рассчитаны кривые для различных зарубок. Они значительно лучше совпадают с экспериментальными точками, чем кривые, построенные по Инструкции.

Приведенная формула соответствует отражениям в плоскопараллельном образце. Кривизна поверхностей трубы может существенно повлиять на амплитуды отражений. Окажет определенное влияние также степень притирки преобразователя к поверхности трубы. Тем не менее эти факторы, по-видимому, окажут меньшее влияние на изменение амплитуд, чем наблюдаемый разброс от изготовления зарубок. Удовлетворительное согласие с опытными данными (часть экспериментальных точек получена на образцах в виде труб, а часть — в виде листов) свидетельствует о целесообразности применения предлагаемой методики настройки чувствительности.

Из рассказанного видно, что использование зарубки в качестве настроечного отражателя потребовало значительных исследований, но теперь этот вопрос представляется решенным.

САЛО КАК ИДЕАЛЬНАЯ КОНТАКТНАЯ СРЕДА

С измерением затухания я вожусь очень давно, лет тридцать, наверное. Что-то новое узнаю или придумаю, посчитаю, поэкспериментирую, продвинусь на шагок и перейду к другим проблемам. Года через два возникает опять что-то новое, и тогда я возвращаюсь к вопросу затухания. Сравнительно недавно я опубликовал обзорную статью о способах измерения затухания [17], где собрал все, что было мне известно на тот момент. Однако недавно получил новые результаты, и сейчас возвращаюсь к этой непростой теме. Здесь я буду рассказывать об измерении затухания продольных волн в обычно контролируемых ультразвуком материалах, где коэффициент затухания не очень велик, например в мелкозернистой стали или алюминии.

В таких материалах на пути в 100 мм ослабление от затухания составляет 2–3 дБ. Но при контроле толстых изделий (а их много в энергомашиностроении) ослабление достигает 6–12 дБ. Измерения обычно выполняют на сравнительно тонких образцах, а результатами пользуются при контроле массивных изделий. Коэффициент затухания необходимо знать при исследовании структуры материалов, а также когда при дефектоскопии используют АРД-диаграмму.

Процедура измерения коэффициента затухания продольных волн на первый взгляд довольно проста. Нужно измерить амплитуды первого и второго донных сигналов в исследуемом объекте контроля (ОК). Уменьшение второго донного сигнала по сравнению с первым зависит от затухания. Однако помимо затухания на отношение амплитуд влияют еще два фактора.

Прежде всего это дифракционное ослабление, то есть расхождение лучей на пути от преобразователя до отражателя и на обратном пути. Если пользоваться лучевыми представлениями, то в дальней зоне преобразователя это вызывает ослабление отношения амплитуд первого и второго донных сигналов в два раза, то есть на 6 дБ. Но когда мы стали вводить такую поправку, то получили

отрицательные значения коэффициента затухания. Оказалось, что дифракционное ослабление нужно учитывать более точно, принимая во внимание более медленное ослабление амплитуды в ближней зоне преобразователя и в переходной зоне, то есть на границе ближней и дальней зон. Короче, следует пользоваться кривой «донный сигнал» АРД-диаграммы.

Здесь возникает другая трудность. Оказалось, что у разных исследователей кривые для донного сигнала в зависимости от безразмерной величины, характеризующей расстояние (отношение толщины образца к протяженности ближней зоны преобразователя), выглядят по-разному. В акустике применяют кривую, рассчитанную Бассом и проверенную экспериментально многими исследователями. В ультразвуковой дефектоскопии большее доверие вызывает экспериментальная кривая из ранней работы Й. Крауткремера, в которой он выдвинул идею АРД-диаграмм. В современном сборнике АРД-диаграмм, выпускаемом фирмой «Крауткремер», приводятся кривые, похожие на кривую, рассчитанную Бассом, но не идентичные ей. Возникает вопрос: какой из этих кривых пользоваться?

Я был в затруднении до тех пор, пока В. Н. Данилов не рассчитал кривую для донного сигнала с помощью компьютерной модели. Оказалось, что форма кривой зависит от волнового размера пьезопластины. Для преобразователей с разным отношением диаметра к длине волны нужно пользоваться разными кривыми. С учетом этого кривые, рассчитанные Даниловым, в ближней и переходной зонах совпали с результатами всех исследователей.

Правда, компьютерная модель В. Н. Данилова несовершенна. В ней предполагается, что пьезопластина — это бесконечно протяженный слой, а диаметр пьезоэлемента определяется диаметром электродов на его поверхностях. Возможно, именно поэтому или потому, что при расчетах задаются более точные граничные условия, чем в дифракционной теории, кривые донных сигналов для разных преобразователей, по Данилову, в дальней зоне идут несколько

выше кривых, рассчитанных по классической дифракционной теории. Я думаю, что в ближней зоне следует пользоваться кривыми, рассчитанными Даниловым (с учетом волнового размера преобразователя), а в дальней — дифракционной теорией. Другой фактор, вызывающий ослабление второго донного сигнала и приводящий к появлению погрешности при измерениях коэффициента затухания, связан с потерями при отражении ультразвука от преобразователя. Когда измеряется амплитуда первого донного сигнала, часть ультразвуковой энергии уходит в преобразователь. Это вызывает ослабление второго донного сигнала на 1–4 дБ в зависимости от качества акустического контакта преобразователя с ОК, но количественно определить величину этих потерь очень трудно, а величина эта соизмерима с потерями на затухание.

Владимир Иванович Рыжов-Никонов (к сожалению, ныне покойный) предложил способ оценки этого эффекта, основанный на применении балластного преобразователя, то есть преобразователя, не подключенного к дефектоскопу, но точно такого же, как работающий. Идея способа в том, что во время измерения амплитуды первого донного сигнала к донной поверхности прижимается балластный преобразователь. В результате первый донный сигнал уменьшается приблизительно на такую же величину, как и второй при измерениях без балластного преобразователя. Для реализации этого способа нужно иметь доступ к донной поверхности, а при контроле труб донная поверхность недоступна.

Мне гораздо больше нравился способ, предложенный Пападакисом. Суть его в том, что между преобразователем и ОК вводится твердотельная задержка. Долю ультразвуковой энергии, уходящую из ОК в задержку, можно измерить по амплитуде первого эхосигнала от этой границы, а также многократных отражений в ОК. Я несколько усовершенствовал способ Пападакиса, предложив непосредственно измерять уходящую в задержку долю энергии по измерению амплитуд эхосигналов от конца задержки, когда она прижата и не прижата

к ОК. Кроме того, я предложил учитывать дифракционное ослабление. Этого у Пападакиса не было.

Способ Пападакиса (как с моими усовершенствованиями, так и без них) представлялся мне безупречным. Я опробовал его на разных образцах и получил неплохие результаты. Задержка была выполнена в виде плексигласового цилиндра диаметром 50 мм и высотой 50 мм. Несколько смущало, правда, что при многократных измерениях коэффициента затухания таким способом наблюдался значительный разброс результатов. В чем здесь дело, я понял позднее.

Я попробовал измерять способом Пападакиса затухание ультразвука в стенке трубы и получил, что поправка на дифракционное ослабление плюс поправка на неполное отражение больше, чем экспериментально измеренное ослабление второго донного сигнала по отношению к первому, то есть коэффициент затухания получался отрицательным. Это мы уже проходили! Я решил: дело в том, что между криволинейными поверхностями стенки трубы ультразвук отражается по-другому, чем между плоскопараллельными поверхностями. Потом я вернулся к этому вопросу и рассчитал отношение амплитуд первого и второго донных сигналов для стенки трубы. Оказалось, что при узкой площади контакта преобразователя с трубой отношение такое же, как в плоском образце. Значит, дело в чем-то другом.

Продолжая эксперименты с трубами, я заметил, что ослабление сигнала от торца задержки при прижатии задержки к стенке трубы очень велико. Когда я прижимал задержку к плоской поверхности, сигнал от ее торца уменьшался на 0,5–2 дБ. Когда же я прижимал задержку к стенке трубы, сигнал уменьшался на 6–7 дБ. Почему? Казалось бы, площадь контакта задержки с образцом в случае трубы — это узкая полоска, то есть она гораздо меньше, чем в случае плоской поверхности. Энергии в трубу уходит меньше, а ослабление амплитуды сильнее. Парадокс!

А разрешается этот парадокс так. При отражении от свободной поверхности торца задержки фаза отраженного сигнала изменяется на обратную. То есть если амплитуда первого колебания в падающем импульсе положительна, то в отраженном сигнале эта амплитуда будет отрицательной. Суммирование падающего и отраженного сигналов дает нуль давления или, что более точно, компонент тензора напряжения. Так и полагается: на свободной поверхности давление или напряжение должны быть равны нулю.

Когда мы прижимаем задержку к плоской поверхности ОК, фаза отражения уже не изменяется, потому что волновое сопротивление материала ОК (стали) больше, чем задержки (плексигласа). А что получается при контакте с трубой? В месте контакта (это неширокая полоса) фаза отраженного сигнала не изменилась, а там, где поверхность задержки не соприкасается с трубой, фаза отраженного сигнала изменилась на обратную. При суммировании этих двух сигналов на приемнике они подавляют друг друга. Ультразвуковой энергии в трубу вошло меньше, чем в плоскопараллельный образец, а амплитуда уменьшилась сильнее. Таким образом, амплитуда сигнала, отраженного от границы, в этом случае не характеризует долю вошедшей в трубу энергии ультразвука. В таких условиях не будут работать ни метод Пападакиса, ни моя модификация этого метода.

Получило объяснение также явление нестабильности измерения затухания на плоских образцах, о котором я говорил выше. Некоторые «плохие» участки поверхности задержки не контактировали (или плохо контактировали) с плоской поверхностью ОК. Они давали отрицательный (по фазе) сигнал по отношению к контактирующим «хорошим» участкам. Наличие «плохих» участков не просто уменьшает энергию, вошедшую в ОК, а приводит к подавлению сигналов от «хороших» участков.

Как же быть? Значит, нужно устранить «плохие» участки! Применительно к контролю труб нужно сделать задержку, у которой вся торцевая поверхность контактирует с трубой. У нас есть великий

мастер Владимир Дмитриевич Королев. Он мне за два дня сделал задержку в виде усеченной пирамиды. На широком основании пирамиды размещался преобразователь, а узкое основание (размером 4 × 20 мм) прижималось к ОК.

Амплитуда сигнала от свободного торца такой задержки уменьшалась на 7 дБ по сравнению с цилиндрической задержкой, но уменьшения амплитуды при прижатии новой задержки к плоской поверхности ОК и к трубе были одинаковыми: приблизительно 1 дБ.

Однако появились неприятные ложные сигналы, которые предполагаются после сигнала, отраженного от торца задержки. Они вызываются отражениями ультразвука от боковых поверхностей сужающейся задержки. Амплитуда этих сигналов децибелов на двадцать меньше, чем отражение от торца, и приходят ложные сигналы после сигнала от торца с опозданием на 5–6 мкс. Такие же ложные сигналы появляются после второго донного сигнала в задержке. Плохо, если измеряемые донные сигналы ОК совпадают с отражениями и ложными сигналами задержки. Чтобы этого не случилось, нужно иметь задержки разной высоты и подбирать такую, при использовании которой подобные неприятности не возникают. В общем, найденное решение не вполне удовлетворительное.

В целом я разочаровался в методе Пападакиса. Когда в измерение амплитуд вмешиваются фазовые поправки, точных измерений ждать не приходится. Нужно искать дальше.

Хорошие результаты дает измерение затухания при иммерсионном способе контакта. Обеспечивается стабильный контакт преобразователя с ОК, а коэффициент прозрачности для границы «жидкость — твердое тело» легко рассчитывается, так как отсутствует контактный слой неопределенной толщины. Однако необходимость создания иммерсионной ванны очень усложняет контроль.

Я попробовал заменить иммерсионную ванну толстым слоем вакуумной резины. Оказалось, однако, что затухание ультразвука в резине очень велико на обычно применяемых частотах.

Тут я вспомнил, что ультразвук очень хорошо распространяется в мясе. Мясо эластично (даже более эластично, чем резина) и будет хорошо контактировать с поверхностью ОК, облекая неровности поверхности. Волновое сопротивление у него очень близко к воде или маслу — обычно применяемым контактными жидкостям, поэтому влияние контактного слоя практически не скажется на измерениях. Вот только портится мясо быстро.

Тогда я попросил жену купить на рынке хорошо просоленное украинское сало. Оно подобно мясу, но портится не так быстро. В.Д. Королев сделал мне обоймочку в виде трубочки, которую надел на преобразователь. Я поместил в трубочку кусочек сала толщиной (в направлении распространения ультразвука) 30 мм. Внутренний торец сала контактировал с преобразователем через солидол, а наружный выступал над торцом трубочки на 1–2 мм. Он контактировал с ОК также через солидол. Получился преобразователь, похожий на иммерсионный, но без жидкости.

Наверное, применение такого необычного в технике материала, как сало, вызовет у читателя усмешку. Не надо смеяться! Во время учебы на физтехе я слушал лекции по курсу «Экспериментальная физика» академика, Нобелевского лауреата Петра Леонидовича Капицы. Однажды он нам рассказал, что во время разработки турбодетандера (портативного прибора для получения жидкого кислорода из воздуха) он долго не мог подобрать материал для прокладок и сальников. Все резины и пластики при низких температурах становились хрупкими. Подошла кожа, сохранявшая эластичность при температурах около -180 °С. Так что химия не всегда может предложить материалы, подобные созданным природой.

Чтобы рассчитать коэффициент отражения от границы «сало — ОК», нужно знать удельное волновое сопротивление сала, то есть произведение скорости продольных волн в сале (c) на плотность сала (ρc). Скорость c с помощью дефектоскопа измерить легко, она

оказалась равной 1,44 мм/мкс. А как измерить плотность? Самый точный метод — метод Архимеда. Взвешивают образец сначала в воздухе, а затем когда он погружен в воду. Таким образом, узнают объем, равный весу вытесненной жидкости. Но сало в воде не тонет! Попробовал я измерить объем по повышению уровня воды в мензурке. Такой способ дал значение объема $V = 14 \text{ см}^3$. Но это очень неточно. Погрешность — порядка 1 см^3 .

Тогда я придумал такой способ. Стал класть на плавающее сало гири-разновески. При некотором их весе p сало начало тонуть. Обозначим вес сала P_c , вес вытесненной воды P_B . Тогда составляем уравнение:

$$P_c + p = P_B.$$

Поделим все на объем и получим:

$$\rho_c = \rho_B - p/V,$$

где ρ_B — плотность воды, равная 1 г/см^3 .

В этой формуле значение объема входит в поправочный член, и неточность его измерения сказывается гораздо меньше, чем при прямых расчетах плотности по формуле $\rho_c = P/V$. Измеренная таким образом плотность оказалась равной $0,91 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, волновое сопротивление сала будет равно $1,3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$. Рассчитанное значение коэффициента отражения от границы «сталь — сало» равно 0,94.

Методика экспериментального измерения коэффициента отражения для преобразователя с салом такая же, как в методе Пападакиса с твердотельной задержкой. Экспериментальное измерение дало значение $R = 0,93\text{--}0,94$. Потери амплитуды, связанные с неполным отражением от границы «сталь — сало», равны $0,54\text{--}0,63 \text{ дБ}$ (это соответствует значению R в дБ). Среднее значение — 0,59. Эта величина вычиталась из разности амплитуд (в децибелах) первого и второго донных сигналов в ОК. Формула для расчета коэффициента затухания с помощью такого преобразователя такая же, как для иммерсионного метода.

Поскольку скорости звука в сало и стали отличаются очень сильно, необходимо обеспечить строго перпендикулярное падение ультразвука на границу «сало — сталь», как при иммерсионном контроле, чтобы не возникало преломления волн. В.Д. Королев закрепил на трубочке-обоймочке колечко с тремя винтами, упирающимися в поверхность ОК. Подвинчивая эти винты, я добивался максимальной амплитуды отражения от границы ОК. Одновременно достигались максимальные амплитуды многократных отражений в ОК.

Значение затухания продольных волн в одном из образцов СО-2 (в направлении толщины, равной 30 мм), измеренное с помощью описанного преобразователя, равнялось 0,022–0,028 дБ/мм. Измерения выполнялись на одном и том же участке образца при пятикратной установке преобразователя. Разброс в $\pm 12\%$ характеризует точность метода. Вполне удовлетворительный результат!

На сегодняшний день я считаю преобразователь с задержкой из сала лучшим средством измерения затухания продольных волн, как в плоских изделиях, так и в трубах в производственных условиях. Храню я преобразователь в холодильнике и перед работой размораживаю минут десять.

ЧУДЕСА УЛЬТРАЗВУКА

В ультразвуковой дефектоскопии встречается довольно много парадоксальных явлений, объяснение физики которых вызывает серьезные затруднения. Более того, некоторые явления до настоящего времени не объяснены или, по крайней мере, автору такие объяснения неизвестны. Некоторые парадоксальные явления, пока не нашедшие отражения в литературе, стали предметом моих «Дефектоскопических историй» и других статей. В этой главе я собрал все парадоксальное, что вспомнил из практики ультразвукового контроля или о чем мне рассказали коллеги.

Почему сигнал не пальпируется?

Попробуйте получить максимальный эхосигнал от СО-3 наклонным преобразователем. Вам часто приходится это делать, когда вы определяете положение точки ввода на призме преобразователя. Теперь попробуйте найти положение области на цилиндрической поверхности СО-3, от которой происходит отражение. Как? Пальпированием, разумеется. То есть нажимая на цилиндрическую поверхность СО-3 пальцем, смазанным маслом, и пытаясь обнаружить уменьшение амплитуды эхосигнала. Не найдете вы такой области. Сколько ни жмете — уменьшения амплитуды не обнаруживается.

Объяснение этому явлению дал профессор В. Г. Щербинский. Колебания частиц в поперечной волне, излучаемой наклонным преобразователем и падающей на цилиндрическую поверхность, происходят по касательной к этой поверхности. Такая волна не может пройти через слой масла и попасть в палец. Она попросту проскальзывает под пальцем. В. Г. Щербинский встретился с этим явлением, когда ему не удавалось пальпировать эхосигнал от провисания сварного шва. Поперечная волна также проходила через геометрический центр цилиндрической поверхности, которую представляло собой провисание, и колебания происходили по касательной к этой поверхности.

Почему сигнал даже увеличивается?

А теперь попробуйте пальпировать двугранный угол, чтобы определить, от него ли отразился ультразвук (опять же, поперечная волна, излучаемая наклонным преобразователем). Если угол ввода небольшой (до 60°), все будет в порядке. Амплитуда эхосигнала будет уменьшаться. В отличие от предыдущего случая поперечная волна падает на поверхности объекта контроля наклонно, и имеются составляющие колебаний частиц, не параллельные отражающим поверхностям, которые частично уходят в палец. А вот при больших

углах начнутся чудеса. При пальпировании нижней поверхности возле двугранного угла эхосигнал будет уменьшаться, а при пальпировании боковой поверхности эхосигнал будет увеличиваться! Я лично много раз наблюдал это парадоксальное явление и не находил ему объяснения.

Все расставил по местам В. Н. Данилов. Он обратил внимание, что угол падения на боковую поверхность меньше третьего критического ($90^\circ - 60^\circ = 30^\circ < 33^\circ$ — третий критический угол для стали). При этом угле падения поперечная волна частично трансформируется в продольную. Так вот, при слабой нагрузке боковой поверхности пальцем трансформация в продольную волну уменьшается, и большая часть энергии остается в поперечной волне. Амплитуда увеличивается не намного, меньше чем на 1 дБ, но при пальпировании этот эффект хорошо заметен.

Почему помехи почти не изменяются?

Однажды меня позвала Л. В. Воронкова (тогда моя аспирантка, а теперь — кандидат наук) и продемонстрировала такое явление. Она прямым преобразователем получала донный сигнал от чугунного образца. При изменении качества акустического контакта (изменялась толщина слоя контактной жидкости) донный сигнал изменялся почти на 20 дБ, а структурные помехи (их в чугуне хватает) почти не изменялись. Мы пригласили всю нашу научную элиту (а у нас три доктора и шесть кандидатов наук — специалистов по ультразвуковому контролю), показали им эффект, но никто разумного объяснения предложить не смог.

Это сделала сама Любовь Владимировна. Эхосигнал от дефекта (или дна объекта контроля) зависит от амплитуды импульса. Уровень же структурных помех зависит от энергии импульса, так как он является результатом интерференции отражений от большого количества зерен. При «неудачной» толщине слоя контактной жидкости амплитуда прошедшей через слой волны уменьшается.

Естественно, уменьшится донный сигнал. А энергия импульса может изменяться в гораздо меньшей степени, потому что энергия импульса зависит от произведения квадрата амплитуды на длительность импульса. При «неудачной» толщине контактного слоя импульс «растягивается», потому что испытывает больше многократных отражений от контактирующих поверхностей объекта и преобразователя. В результате энергия импульса изменяется гораздо меньше, чем его амплитуда. Это и приводит к слабому изменению уровня структурных помех. Объяснение представляется мне физически обоснованным.

Вычисление амплитуды, формы, спектра и энергии импульса при прохождении границы «сталь — слой жидкости — сталь» В. Н. Даниловым не подтвердило это предположение в полной мере. Максимум прошедшей энергии достигался при оптимальном (полуволновом) слое, а минимум — при неблагоприятном четвертьволновом. Возможно, здесь проявляются другие эффекты, ответственные за это явление.

Прохождение через слой воздуха

Через слой воздуха толщиной h_c , расположенный между двумя твердыми телами, ультразвук проходит очень плохо. Если обе среды одинаковы с волновым сопротивлением z , а слой с волновым сопротивлением z_c тонкий ($h_c \ll \lambda_c$ — длины волны в слое), то коэффициент отражения по энергии рассчитывают по формуле Рэлея:

$$\tilde{R}_c = \left[1 + \left(\frac{z_c \lambda_c}{zh_c} \right)^2 \right]^{-1}.$$

Ниже в таблице сведены рассчитанные по этой формуле значения для слоев воздуха в стали на частоте 2,5 МГц. Таблица показывает практически полное отражение от тончайшего воздушного зазора (0,00001 мм), имитирующего дефект.

Отражение от слоев в стали

Толщина слоя, мм	Коэффициенты отражения по энергии, %	
	для слоя воздуха	для слоя воды
$1 \cdot 10^{-6}$	86,67	$2,67 \cdot 10^{-6}$
$1 \cdot 10^{-5}$	99,85	$2,67 \cdot 10^{-4}$
$1 \cdot 10^{-4}$	99,998	$2,67 \cdot 10^{-2}$
$1 \cdot 10^{-3}$	99,998	2,60
$1 \cdot 10^{-2}$	99,998	60
$1 \cdot 10^{-1}$	99,998	97
∞	99,998	88

Согласно экспериментальным измерениям, ширина воздушного зазора, при котором коэффициент отражения резко возрастает, на два-три порядка (0,1 мм) больше предсказанного теорией.

Чем объясняется такое существенное расхождение? Высказывалось предположение, что оно вызывается неточностью измерения амплитуды ультразвуковой волны на берегах слоя. Однако ошибка измерения амплитуды на два порядка маловероятна. Возможно, расхождение объясняется неточностью выполнения воздушного зазора, наличием в нем точек, где поверхности контактируют. Такое предположение представляется сомнительным из-за того, что формы теоретических и экспериментальных кривых очень похожи.

Выполнить поверхности с чистотой обработки 10^{-5} – 10^{-4} мм очень трудно. Известно, что плитки Иогансона имеют чистоту поверхности 12-го класса. Это означает, что шероховатость поверхности не превосходит $4 \cdot 10^{-5}$ мм. На заре своих занятий ультразвуковым контролем я решил узнать, изменит ли прижатие друг к другу двух плиток Иогансона отражение ультразвука от свободной поверхности? Чтобы удалить возможные следы масла, я протер две плитки ацетоном, подсушил и, закрепив прямой преобразователь на поверхности

ввода одной плитки, прижал к донной поверхности другую плитку. Донный сигнал не изменился!

На мои упражнения обратил внимание опытный механик. Он сказал, что я делаю не так. Взял плитки и притер их уголками, а затем надвинул друг на друга. После этого плитки слиплись под действием межатомного притяжения, а донный сигнал немного уменьшился. Мы тогда не измеряли амплитуд в децибелах (в приборах не было аттенюаторов), но на глаз уменьшение было децибела на два. Этот эксперимент подтверждает, что воздушный зазор порядка 10^{-5} мм уменьшает отражение ультразвука.

Очевидно, теория не верна. Но почему? Возникает предположение, что в этом случае прохождение ультразвука определяется не чисто геометро-акустическими факторами, из которых исходит формула Рэлея, а силами межатомного взаимодействия поверхностей воздушного зазора. Межатомные расстояния в кристаллической решетке твердого тела имеют величину $10^{-6} - 10^{-7}$ мм, но межатомное взаимодействие проявляется уже при расстояниях порядка 10^{-5} мм. Представляется интересным выполнить измерение коэффициента отражения от воздушного зазора в вакууме. Если уменьшение коэффициента отражения вызывается силами межатомного взаимодействия, то в вакууме это явление будет проявляться так же, как в воздушной среде.

Прохождение через слой масла

Однажды ко мне на консультацию пришел коллега (к сожалению, я не запомнил его фамилию) и продемонстрировал странное явление. Он прямым преобразователем получил отражение от дна стального образца, а потом через слой масла прижал к дну образца другой стальной образец. Поверхности обоих образцов были хорошо обработаны. При этих условиях можно было ожидать, что донный сигнал от первого образца резко уменьшится и появится донный сигнал от второго образца. Но этого не произошло! Ничего

не изменилось. Донный сигнал от второго образца не появился! Мы хорошо притерли и сжали образцы. Тогда удалось получить очень слабый донный сигнал от второго образца.

Как следует из приведенной выше таблицы, заполнение зазора жидкостью резко улучшает прохождение через слой, но тем не менее слою жидкости толщиной 0,1 мм (а приблизительно именно такая была толщина слоя в нашем случае) соответствует коэффициент отражения 97%, то есть доля прошедшей энергии составит всего 3%. Так что в этом случае теория подтверждает плохое прохождение ультразвука через жидкостный зазор, даже более плохое, чем через толстый слой иммерсионной жидкости (см. последнюю строку в таблице). Это обстоятельство необходимо учитывать при контроле. Например, пальпировать лучше, касаясь поверхности пальцем, а не твердым материалом.

Почему кривая нелинейна?

Для разделения дефектов на неразвитые и развитые по высоте относительным способом «6 дБ» выполняют упрощенное измерение условной высоты. На уровне 6 дБ от максимальной амплитуды эхосигнала сравнивают перемещения эхосигнала по линии развертки, соответствующие дефекту и боковому цилиндрическому отверстию, выполненному на той же глубине, что и дефект. Если это перемещение для дефекта больше, дефект считают развитым по высоте. Сравнение с отверстием нужно, чтобы учесть перемещение эхосигнала, связанное с раскрытием диаграммы направленности преобразователя.

Согласно теории, если затухание ультразвука в материале ОК пренебрежимо мало, то в дальней зоне преобразователя временной интервал Δt для отражения от цилиндрического отверстия должен увеличиваться линейно с увеличением глубины u .

Отклонение от линейности приведенных кривых в сторону уменьшения временного интервала для больших глубин происходит под влиянием повышенного затухания УЗ. Отклонение от линейности

для малых глубин связано с влиянием ближней зоны. Однако для некоторых кривых (например, 2,5; 65°, то есть на частоту 2,5 МГц с углом ввода 65°) заметно от линейности в дальней зоне. Наблюдается этакий «горб».

Я больше года думал, чем может быть вызвано отклонение от линейности. Возникло единственно возможное предположение, что отклонение вызывается недостаточной величиной стрелы наклонного преобразователя. Дифракция УЗ-волн на переднем нижнем угле призмы искажает акустическое поле преобразователя в объекте контроля.

Предположение требовало проверки. Изготовить преобразователь на 65° с увеличенной стрелой в то время я не мог, поэтому уменьшил стрелу преобразователя 2,5; 50°, для которого зависимость Δt (y) в дальней зоне была линейной. И кривая стала нелинейной, на ней появился «горб», как на кривой 2,5; 65°! Отмечу, что при этом в начале линии развертки появился большой сигнал-помеха, связанный с отражением от угла призмы, а для преобразователя 2,5; 65° этот сигнал от других помех практически не отличался. Повидимому, разработчики преобразователя 2,5; 65° подбирали длину стрелы экспериментально, добиваясь отсутствия сигнала-помехи, связанного с отражением от угла призмы, конечно, не задумываясь о возможном искажении акустического поля преобразователя в объекте контроля.

Точка выхода

При настройке глубиномера дефектоскопа выполняют две подготовительные операции: определяют точку выхода наклонного преобразователя (или точку ввода на поверхности объекта контроля) и угол ввода. Угол ввода может отличаться от рассчитанного по закону Снеллиуса, и это тоже одно из чудес ультразвука. Но оно (квазиискривление луча) слишком хорошо известно. Даже в программе для дефектоскопистов первого уровня квалификации оно есть,

поэтому здесь мы его рассматривать не будем. Между прочим, в европейских стандартах на преобразователи или на контроль сварных соединений это явление не упоминается. Почему? Может, потому что там редко применяют ультразвук для контроля сварных соединений толщиной более 100 мм, где квазиискривление проявляется очень сильно? А вот о смещении точки выхода известно меньше.

Как известно, точку выхода наклонного преобразователя O определяют по $CO-3$, находя максимум эхосигнала от вогнутой полуцилиндрической поверхности образца. Точка выхода при этом располагается над осевой линией полуцилиндра. Положение точки выхода (точнее, линии выхода) отмечают рисками на боковых поверхностях призмы преобразователя.

Обычно точка выхода, измеренная на $CO-3$, совпадает с точкой пересечения геометрической оси пьезопластины с контактной поверхностью. Однако для преобразователя с большими углами наклона наблюдается уменьшение угла ввода по сравнению со значением, расчетным по закону Снеллиуса (квазиискривление), и смещение измеренной точки выхода в направлении увеличения стрелы преобразователя. Почему это происходит?

Явление можно объяснить, если учесть, что представление о точке выхода наклонного преобразователя как о центре, от которого расходятся УЗ-лучи, очень приближенно. Более точно рассматривать акустическое поле как формирующееся в призме преобразователя, причем считать (в плоскости падения), что это пучок лучей расходится от центра пьезопластины, и каждый луч падает на границу с ОК под своим углом. Пучок расходящихся лучей в призме еще не сформировался, однако по отношению к дальнейшему поведению поля в дальней зоне представление о пучке лучей в призме правомерно.

Известно, что в области вблизи второго критического угла коэффициент прозрачности границы «плексиглас — сталь» быстро уменьшается с увеличением угла падения, в преломленном

поле максимум амплитуды сместится от акустической оси к лучам с меньшими углами падения. Этим лучам соответствуют увеличенное значение стрелы наклонного преобразователя и уменьшение угла ввода по сравнению с рассчитанным по закону синусов. Увеличению амплитуды отмеченных лучей также способствует то, что они проходят меньший путь в призме преобразователя — материале с большим коэффициентом затухания.

В большинстве стран для определения точки выхода вместо СО-3 используют образцы V-1 и V-2. В одном из докладов 15-й Международной конференции обращается внимание на то, что точка выхода наклонного преобразователя изменяется в зависимости от материала стандартного образца V-2, хотя из геометрических построений следует, что ее положение не должно зависеть от материала образца. Наблюдалась также разные положения точки выхода при настройке по вогнутым цилиндрическим поверхностям радиусами 25 и 50 мм образца V-2.

Явления эти, помимо отмеченных обстоятельств, также связаны с тем, что малый радиус одной из цилиндрических поверхностей образца V-2 (25 мм) близок к ближней зоне пьезопластины и пучок расходящихся лучей в образце V-2 еще не сформировался.

СТРУКТУРА

В дирекцию ЦНИИТМАШ позвонил главный инженер Ижорского завода и попросил прислать опытного ультразвуковика: какие-то непонятные сигналы обнаружены в большом роторе. В застойные времена торговаться не приходилось, просьба завода — закон. Ехать пришлось самому, так попросил директор.

Ротор оказался диаметром метра два с половиной и длиной метров восемь. Контролировал я его прямым преобразователем на частоте 1,8 МГц. Впрочем, на 2,5 МГц результат получался тот же. На обширном участке поверхности ротора наблюдались сиг-

налы выше браковочного уровня. Сигналов было не очень много: 5–6 на всей линии развертки. Особенно большие сигналы были вблизи канала ротора. Мне как-то и в голову не пришло, что это могут быть структурные помехи. Известно, что такие помехи обычно заполняют весь экран, а тут — довольно редкие импульсы.

Короче, я дал словесное заключение: брак. Тем более что ротор передавался для дальнейшей обработки на завод «Электросила», а там дефектоскописты строгие. Но заведующий ультразвуковой лабораторией завода Е. Ф. Кретов усомнился. «Игорь Николаевич, — говорит, — это структура лезет». Он обратил мое внимание, что больше всего сигналов вблизи канала: «Быть того не может, чтобы какие-нибудь дефекты не вылезли на поверхность канала».

Обвязался Евгений Федорович веревкой и полез в канал. Канал был диаметром 300–400 мм. Кретов — худощавый, только он и мог туда залезть. Часа два возился и дал заключение: нет дефектов. «Я, — говорит, — и травил металл в канале реактивами, и в лупу смотрел — ничего там нет».

Написали мы с ним заключение, что, по-видимому, наблюдаются помехи от крупнозернистой структуры и ротор следует подвергнуть дополнительной нормализации. И оказались правы: после нормализации эхосигналы исчезли.

Меня потом главный инженер встретил и говорит: «Лопухнулись вы, профессор. Хорошо наш Женька вас выручил». Узнал, злодей, как все было!

Вот теперь зададимся вопросом, как же все-таки отличить полезные сигналы от структурных помех? Ведь сам я и студентам лекции читал, и дефектоскопистов учу, чтобы знали отличительные признаки помех.

Существует два механизма образования структурных помех, то есть импульсов, порождаемых отражениями ультразвука от кристаллитов в металле. В материалах с крупными неоднородностями каждый импульс структурных помех вызывается отражением от отдельной неоднородности. В материалах с более мелкими неоднородностями

родностями импульсы структурных помех образуются в результате суммирования сигналов от нескольких неоднородностей.

Сложение импульсов от нескольких структурных неоднородностей, приходящих к приемнику в один и тот же интервал времени, происходит с учетом фаз импульсов. Соотношение фаз случайно, импульсы могут взаимно усилить или ослабить друг друга. В результате на экране дефектоскопа структурные помехи имеют вид отдельных близкорасположенных пиков (их часто сравнивают с травой). При небольшом перемещении преобразователя случайное соотношение фаз импульсов от мелких неоднородностей изменяется, в результате изменяется картина импульсов на экране.

Импульсы-помехи от отдельных крупных неоднородностей расположены на развертке более редко. При перемещении преобразователя они плавно изменяются, подобно сигналам от дефектов. По-видимому, в том роторе реализовался какой-то промежуточный случай, что и ввело меня в заблуждение.

Меня должно было насторожить, что импульсы максимальной амплитуды наблюдались вблизи канала ротора, то есть на максимальной глубине. Это характерно для структурных помех. Дело в том, что уровень структурных помех убывает обратно пропорционально расстоянию, а амплитуда сигнала от плоскодонки, по которой определяется уровень фиксации, — обратно пропорционально квадрату расстояния. С помощью системы временной регулировки чувствительности (ВРЧ) по глубине добиваются, чтобы плоскодонка заданного диаметра имела одинаковую амплитуду по всей толщине изделия, и тогда получается, что уровень структурных помех с увеличением глубины возрастает.

А вообще, нужно создать специализированный дефектоскоп для контроля крупнозернистых материалов. В нем нужно реализовать один из статистических методов выделения сигналов на фоне помех, чтобы определять, являются ли обнаруженные импульсы полезными сигналами или это помехи. Простой способ выполнить это требование — обеспечить вариацию длительности зондирующего

импульса τ при сохранении его амплитуды. Если $\tau \geq 4T$ (T — период колебаний), то полезный сигнал практически не увеличивается при дальнейшем увеличении длительности импульса τ . В то же время уровень структурных помех растет пропорционально $\sqrt{\tau}$. Дефектоскоп для контроля крупнозернистых материалов должен обладать переменной длительностью зондирующего импульса как минимум от четырех до девяти периодов.

Когда возникает сомнение, что наблюдаемый импульс вызван структурными помехами, то в предлагаемом мною дефектоскопе нужно изменить τ и проверить, изменяются или нет амплитуды непонятных сигналов. Если амплитуда не изменяется (с точностью 1 дБ), то импульс — сигналы от дефектов. Если амплитуда изменяется приблизительно на 3 дБ или более — это структурные помехи.

К сожалению, прибора такого пока нет, и приходится обходиться косвенными признаками. Хочу предложить еще один, только предупредяю, что экспериментально я его не проверял.

В главе «Чудеса ультразвука» я рассказал, что, согласно измерениям Л. В. Воронковой, помехи, вызываемые рассеянием на неоднородностях структуры, при вариации толщины слоя контактной жидкости между прямым преобразователем и объектом контроля практически сохраняют свой уровень, в то время как амплитуды эхосигналов от дефектов очень сильно изменяются при вариации толщины слоя. Поэтому я предлагаю попробовать изменять толщину слоя контактной жидкости. Если амплитуда непонятных импульсов почти не изменяется, значит, существует большая вероятность, что это структурные помехи.

КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТИ КАНАЛА

Здесь я хочу обратить внимание на особенности ультразвукового контроля внутреннего канала роторов, втулок, толстостенных труб, продольных сварных швов труб и других цилиндрических изделий. Дело в том, что во всех перечисленных случаях угол падения на внутрен-

ную поверхность цилиндра φ не равен углу ввода α , как для плоско-параллельных объектов контроля, а определяется формулой:

$$\varphi = \arcsin \frac{\sin \alpha}{1 - H/R},$$

где H — толщина стенки, а R — радиус наружной цилиндрической поверхности.

То есть этот угол больше α . Влияние этого явления я хочу показать на примере ситуации, возникшей с одним моим хорошим знакомым.

Он работал за границей как дефектоскопист второго уровня квалификации на проверке очень ответственных изделий одной американской авиационной фирмы. Все изделия фирмы контролировались в строгом соответствии с технологическими картами. Процесс контроля регистрировался видеокамерой. Во время контроля он должен был говорить, какую операцию и каким образом выполняет. Это, конечно, также регистрировалось.

Часть изделий имела вид втулки или патрубка, причем с довольно толстыми стенками. По технологии он должен был выполнять контроль преобразователем с углом 45° по хорде. Но он, когда изучал технологию, обратил внимание, что луч такого преобразователя пройдет, не касаясь внутренней поверхности втулки, таким образом, дефекты на поверхности канала внутри втулки выявляться не будут. С учетом этого он взял преобразователь с углом ввода 35° и пояснил: «Подключаю тридцатипятиградусный преобразователь, чтобы обеспечить контроль поверхности канала».

Прошло недели две, и от фирмы пришло предписание: «Немедленно отстранить от контроля дефектоскописта такого-то за нарушение технологии». Ему пришлось писать объяснительную записку, обосновывая свои действия. Прошло месяца два, пока фирма изучила вопрос и внесла изменения в технологическую карту. Тем не менее он получил «втык». Технологию нарушать строжайше запрещено! Вероятно, чтобы избежать нареканий, ему следовало выполнить

контроль в соответствии с технологией, а потом провести дополнительный контроль, как он считал правильным.

Дефекты вблизи канала, расположенные в осевой плоскости, возникают довольно часто. Это остатки центральной рыхлоты или трещины в центральной части ковальной или катаной заготовки. В Соединенных Штатах в 50-х годах было два случая разрушения крупных роторов в результате развития трещин от поверхности канала. После этого в код А-388 США вошло требование выполнять контроль поверхности канала лучом, проходящим по касательной к внутренней поверхности.

Вообще от дефектов типа рисок на внутренней поверхности канала большие эхосигналы достигаются не только при падении ультразвука по касательной к поверхности. При углах падения поперечной волны φ на поверхность, меньших 50° , эхосигналы также очень большие. Однако при контроле толстостенных полых цилиндров углы падения, меньшие 50° , обычно не получаются. Углы падения в пределах $55\text{--}80^\circ$ дают небольшие эхосигналы, а при падении как поперечных, так и продольных волн по касательной (угол падения 90°) опять достигается максимум отражения.

Если отношение наружного диаметра к внутреннему больше двух, то поперечная волна, вводимая с наружной поверхности обычным наклонным преобразователем с углами ввода 35° и более, не достигает внутренней поверхности, проходит над ней. Преобразователи с углами, меньшими 35° , не выпускаются, так как в этом случае излучилась бы интенсивная продольная волна. Для контроля толстостенных цилиндров код А-388 предписывает применять прямой преобразователь, расположенный на специальной призме-насадке с углом преломления, меньшим первого критического, чтобы продольная волна шла по касательной к поверхности канала и обеспечивала выявление поверхностных дефектов.

Авиационная фирма, составляя технологическую карту, вероятно, не обратила внимания, что в возникшей ситуации толстостенная

штука (с точки зрения ультразвукового контроля) уподобилась крупногабаритному ротору.

Кстати, ГОСТ 24507 на ультразвуковой контроль поковок совсем не рассматривает этот вопрос, что, конечно, неправильно. А вот в документе «Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля ПНАЭ Г-7-009-89» (М: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ СССР, 1991. 320 с.) даны подробные рекомендации применительно к контролю продольных сварных швов труб.

КАК Я ПРОВЕРЯЮ ДЕФЕКТОСКОП

Мне много раз приходилось участвовать в экспертизе лабораторий неразрушающего контроля в самых разных городах России. Может быть, кто-то не знает, что такое экспертиза лаборатории? Тогда поясню.

По распоряжению Госгортехнадзора все лаборатории, выполняющие неразрушающий контроль поднадзорных объектов, должны проходить экспертизу силами организаций, уполномоченных Госгортехнадзором. Бригада из двух-трех человек, обычно специалистов по разным методам контроля (тем, на которые лаборатория подала заявку), проверяет наличие в лаборатории необходимого дефектоскопического оборудования, его исправность, подготовку дефектоскопистов (вопросы на проверку знаний задаем!), укомплектованность технической документацией, систему регистрации результатов контроля и т. д.

Такая проверка — вещь очень полезная. Она заставляет лабораторию повышать уровень своей работы, следить за высоким качеством выполняемого контроля. Для проверяющих работа также представляет интерес, и не только материальный. Знакомишься с коллегами-практиками, узнаешь об интересных приемах контроля, о неординарных случаях из практики.

Здесь я хочу рассказать о том, как в процессе экспертизы я проверяю ультразвуковой дефектоскоп. Обычно документы на дефектоскоп в порядке, как от изготовителя дефектоскопа, так и от региональных органов Госстандарта. Предъявляют свеженький документ с подписями и печатями о том, что дефектоскоп прошел поверку в полном объеме и годен к эксплуатации. Этому документу, однако, далеко не всегда можно доверять. Региональный орган нередко не имеет средств поверки дефектоскопа и специалистов, способных осуществлять поверку. Он только берет деньги за выдачу свидетельства о поверке.

Уже шесть прошедших до меня поверку, но неисправных в действительности дефектоскопов я обнаружил за три года работы. Вот почему я решил здесь рассказать о своих приемах проверки, не претендующих на высокую точность, но обеспечивающих полную уверенность, что прибор пригоден для контроля и измерений. Я убедился, что, несмотря на элементарность рекомендуемых ниже операций, этими приемами владеют далеко не все дефектоскописты.

В дефектоскопе есть два измерительных устройства: глубиномер и аттенюатор. Их-то я и проверяю. Попутно при этом автоматически проверяется работа генератора импульсов, усилителя, системы развертки и системы стробирования. Останутся непроверенными рабочая частота, мертвая зона, временная регулировка чувствительности. Чтобы проверить дефектоскоп полностью, нужен комплект устройств (КУ), выпускаемый ЦНИИТМАШ.

Глубиномер проверить просто. Нужно измерить несколько известных расстояний между поверхностями. Я использую прямой преобразователь и многократные отражения по толщине (30 мм) в СО-2. При правильной работе глубиномера интервалы времени между первым и вторым, вторым и третьим и т. д. донными сигналами должны быть одинаковыми, а интервал между зондирующим импульсом и первым донным сигналом будет больше других интервалов на время пробега импульса в протекторе преобразователя и слое контактной жидкости. Более полная проверка глубиномера требует

подстройки начала отсчета времени, скорости распространения ультразвука (например, по расстоянию 59 мм в СО-2) и прямого измерения нескольких расстояний, но при экспертизе я считаю такую проверку избыточной.

Теперь о проверке аттенюатора. В дефектоскопе УД2–12 (как и в большинстве других дефектоскопов) фактически есть два аттенюатора: грубый и плавный. Проверка заключается в сравнении их показаний. В УД2–12 грубый аттенюатор — это кнопочный со степенями 2, 4, 8, 16 и 32 дБ, а плавный — это блок цифровой обработки (БЦО), включенный на измерение децибелов. С помощью некалиброванных регуляторов чувствительности (это ручки «АМПЛ» и «>») я устанавливаю амплитуду эхосигнала от какого-либо отражателя на полную высоту экрана. При этом показания шкалы БЦО должны быть близкими к нулю. Нажимаю одну из кнопок аттенюатора, например, 16 дБ (она должна быть предварительно отпущена). Импульс при этом уменьшится, а БЦО должен показать 16 дБ. Допустимая погрешность $\pm 0,3$ дБ. Также проверяю другие кнопки, кроме ступени 32 дБ.

Степень 32 дБ я проверяю так. Отпускаю кнопку «32», нажимаю кнопку «16», ручками «АМПЛ» и «>» устанавливаю амплитуду эхосигнала от какого-либо отражателя на полную высоту экрана. При этом показания БЦО должны быть близки к 0. Нажимаю кнопку «32» и отпускаю «16». Показания БЦО должны быть $16 \pm 0,3$ дБ.

Конечно, ортодоксальный стандартизатор назовет такую проверку фикцией — и будет неправ. Вероятность того, что два разных измерительных устройства (кнопки и БЦО) будут ошибаться одновременно и притом одинаково, чрезвычайно мала.

Еще я считаю нужным проверить абсолютную чувствительность дефектоскопа или, по-другому, резерв чувствительности. Эта величина должна показать, насколько можно ослабить зондирующий импульс, чтобы наблюдать сигналы на экране. Для этого я беру с собой наклонный преобразователь на 2,5 МГц с углом ввода 50°, в хорошей работе которого я уверен.

Подключаю преобразователь к дефектоскопу и получаю максимальный эхосигнал от вогнутой поверхности СО-3. Этот сигнал практически равен зондирующему импульсу, он меньше зондирующего всего децибела на два. Нажимаю все кнопки кнопочного аттенюатора, то есть уменьшаю ими чувствительность. Увеличиваю чувствительность до максимума ручками «АМПЛ» и «>», отсчетку вывожу. Если при этом эхосигнал достигает полной высоты экрана — чувствительность хорошая. При работе с данным преобразователем резерв чувствительности равен 82 дБ: сумме значений кнопок аттенюатора (62 дБ) плюс 20 дБ — доступное наблюдению и измерению с помощью БЦО изменение сигнала на экране. Таким прибором можно контролировать сварные соединения из углеродистой стали толщиной миллиметров двести. Будем называть описанную настройку дефектоскопа нулевой.

Если эхосигнал достигает полной высоты экрана при отжатой кнопке «16» (16 дБ) — чувствительность удовлетворительная. Резерв чувствительности — 66 дБ. Прибором можно контролировать сварные соединения толщиной миллиметров пятьдесят. Если приходится отжимать кнопку «32 дБ», чувствительность прибора низкая. Его нужно сдать в ремонт. Изложенного вполне достаточно для проверки дефектоскопа при экспертизе.

Мне встречались приборы, у которых нулевая настройка достигалась, когда некалиброванные регуляторы чувствительности еще не были полностью использованы. Одна из причин, почему я выполняю проверку абсолютной чувствительности с наклонным преобразователем, состоит в том, что с прямым преобразователем абсолютная чувствительность децибелов на двадцать больше, и описанная ситуация возникает очень часто. Какой же резерв чувствительности у такого дефектоскопа? Для экспертной проверки этого знать не нужно, но интересно знать возможности своего дефектоскопа.

Я применяю следующую методику измерений. Добиваюсь нулевой настройки. Отпускаю кнопку «32 дБ». Иногда достаточно отпу-

стить кнопку «16 дБ». В обоих случаях сигнал от СО-3 уходит за экран. Сдвигаю преобразователь из положения максимального сигнала от СО-3 настолько, чтобы эхосигнал уменьшился и достигал полной высоты экрана. Ручками «АМПЛ» и «>» увеличиваю чувствительность до максимума. Определяю показания БЦО — назовем это значение N дБ. Величина $(32 - N)$ составляет тот резерв чувствительности, который содержался в не полностью введенных некалиброванных регуляторах чувствительности. Общий резерв чувствительности дефектоскопа будет равен: $82 + 32 - N$ дБ.

Хочу дать совет, как быть, если при настройке глубиномера на измерение координаты X или Y во время контроля наклонным преобразователем не удастся правильно отрегулировать скорость звука. Такое случается с некоторыми дефектоскопами. Тогда настраивайте прибор на измерение вдвое большего или вдвое меньшего значения.

Например, нужно настроить дефектоскоп на измерение координат при контроле преобразователем 40° . Включаем БЦО на измерение времени, рассчитываем время пробега поперечной волны в СО-3 ($t = 2 \cdot 55: 3,23 = 34,06$ мкс, 55 мм — радиус СО-3), получаем максимальный сигнал от СО-3 и ручкой «>0<» («уши») добиваемся показания 34,06. Это мы настроили глубиномер на начало отсчета, теперь 0 мкс соответствует моменту вхождения импульса из призмы преобразователя в металл.

Далее настраиваем дефектоскоп на правильное измерение координаты Y . Включаем БЦО на измерение Y . Получаем максимальный эхосигнал от отверстия диаметром 6 мм в СО-2. Глубина залегания точки отражения ультразвука меньше, чем глубина залегания центра отверстия — 44 мм. Она приблизительно равна $44 - 2 = 42$ мм. Вращая колесико « Y », мы должны добиться показания на БЦО 42 мм. Не получается! Удастся получить только отсчет 38, например. Как же быть, понимаешь, всем хорош прибор, а координату правильно измерять нельзя! Тогда настраиваем дефектоскоп на глубину $42: 2 = 21$ мм. Только нужно помнить, что после такой настройки

необходимо при измерении глубины дефекта умножать показания БЦО на коэффициент 2.

Практика моей работы показывает, что проверка дефектоскопа в органах Госстандарта — излишнее требование. Лаборатория неразрушающего контроля сама кровно заинтересована, чтобы работать исправными приборами. Выполнения описанных операций плюс проверки частоты и других параметров на КУ вполне достаточно для аттестации работоспособности дефектоскопа, а эту проверку может выполнить прошедший обучение сотрудник лаборатории без каких-либо измерительных приборов.

СВАРНЫЕ РОТОРЫ

Харьковский турбинный завод начал выпускать сварные роторы, кажется, в 1957 году. Технологию разрабатывал ЦНИИТМАШ. На нашу долю выпала задача разработки методики неразрушающего контроля.

Конструкция сварных соединений была очень трудной для дефектоскопии. Доступа к полости внутри ротора не было, поэтому применить гамма-просвечивание было невозможно. Для ультразвука также были трудности. Расстояние между дисками ротора было очень небольшим, так что отодвинуть преобразователь от шва было некуда. Мы вывели разъем для подключения кабеля наверх (чтобы можно было прижать преобразователь к диску), укоротили до предела контактную поверхность преобразователя, уменьшили угол ввода до 37° — и только тогда ультразвуковой луч контролировал корень шва. Методику разрабатывала М. Р. Губанова, а продолжил работу В. И. Рыжов-Никонов.

Главная помеха в расшифровке результатов заключалась в том, что в корне шва, как правило, возникали зашлаковки, не влиявшие на прочность ротора, но дававшие большие эхосигналы. Их очень трудно было отличить от эхосигналов, связанных с очень опасными

корневыми трещинами. Нашим сотрудникам приходилось выезжать в Харьков почти на каждый ротор и разбираться с сигналами.

Главным сварщиком завода был Г., который буквально третировал не только дефектоскопистов, но и сварщиков, и термистов ЦНИИТМАШ. Он устраивал совещания у директора, у главного инженера завода, высмеивал нас, чуть ли не обвинял во вредительстве. Ругал и за наши, и за свои ошибки!

Мало он над нами и сварщиками на заводе изгалялся — приехал в институт нас добивать...

Помню, сидим на совещании у заместителя директора, и Г. свои претензии выкладывает. Наш заведующий отделом А. С. Матвеев открывает дискуссию:

— Вы наше письмо от 17 мая получили?

Г.:

— Да. Я им подтерся!

— А это потому, что вы засранец!

Заместитель директора шлепнул ладонью по столу:

— Прекратить!

Но совещание после этого пошло гораздо веселее. Что бы Г. ни начинал говорить, все смеялись.

В общем, завод стал варить роторы по-своему, а контролировать — через пень-колоду. Как потом признавались заводские дефектоскописты, они просто перестали проверять корень шва.

Лет через двадцать случилась первая авария — сломался ротор на Ленинградской АЭС. Решили: случайность. Через две недели сломался ротор на Курской. Правда, роторы были так сконструированы, что поломка приводила только к сильным вибрациям, но все равно плохо: внеплановый простой электростанции.

Стали раскапывать, в чем дело. Проверили мы на заводе ультразвуком готовый к сдаче ротор — во всех швах нашли корневые трещины! Разрезали (а сварные швы толщиной 72 мм!) — трещины подтвердились. И так почти в каждом роторе! Значит,

и на работающих роторах полно трещин. Почему же эти роторы работают?

Разобрались наши прочнисты. Оказывается, если трещина глубиной не более 4,2 мм, она практически не развивается при данной конфигурации шва, а если больше — разрезает шов за короткое время. Конструкцию сварного шва и технологию сварки кардинально изменили, как с самого начала советовал ЦНИИТМАШ. Корень шва стали проверять самые опытные дефектоскописты, способные отличить трещины от зашлаковок. И сейчас роторы выпускаются вполне надежные.

Но что делать с уже выпущенными роторами? Их уже 120 штук крутится! Мы должны были научиться не только обнаруживать в них трещины, но и измерять их глубину с высокой точностью.

Эксперименты показали, что в очень узком сварном соединении ротора условия контроля таковы, что амплитуда ультразвукового эхосигнала для угла ввода 37° быстро растет, пока глубина трещины на достигает 2,3 мм, а все более глубокие трещины дают приблизительно такую же амплитуду.

Почему так происходит, теоретически было ясно. При угле ввода преобразователя $35\text{--}40^\circ$ возникает незеркальное отражение. Поперечная волна, излучаемая преобразователем, отражается от поверхности вблизи трещины, частично трансформируясь в продольную поверхностную (так называемую головную или ползущую) волну. Доля продольной волны тем больше, чем угол падения (равный углу ввода) ближе к третьему критическому углу 33° (для стали). Эта волна переносит энергию вдоль отражающей поверхности в сторону трещины. Дальше волна отражается от трещины, трансформируясь опять в поперечную волну. В результате такого своеобразного углового эффекта эхосигнал сразу становится очень большим.

Я никак не мог придумать, как научиться измерять глубину трещин в 4–5 мм, хотя ломал над этим голову постоянно. Амплитуда дифракционного эхосигнала от кончика трещины была меньше

уровня структурных шумов, поэтому дифракционно-временной метод (TOFD) применить не удавалось.

И вот тут два моих бывших студента, а затем научные сотрудники Олег Щербаков и Вадим Воронков, придумали! Они предложили применить «спаренный» РС-преобразователь: излучатель и приемник один за другим на постоянном расстоянии друг от друга, так чтобы акустические оси преобразователей пересекались в корне шва. Теперь этот способ стали называть «корневой тандем». Зависимость «амплитуда — глубина» трещины стала гораздо более пологой, и можно было измерять глубину. Поистине неисчерпаем ультразвук: вроде бы нельзя, а хорошенько подумаешь — так можно!

Этим способом были проверены все 120 роторов. Шесть штук забраковали — и разрушения прекратились. Один ротор, правда, еще разрушился: мы послали проверять его на Кольскую АЭС неопытную бригаду.

Никогда не забуду чувство глубочайшего удовлетворения, которое я тогда испытал. Я, учитель, придумать не смог, а ученики смогли! Матвеев учил ультразвуку меня, я научил их. Значит, им дальше шагать. И жизнь это подтверждает: Щербаков теперь руководит самостоятельной фирмой, Воронков сменил меня на должности заведующего лабораторией, а теперь он заведующий отделом.

Вскоре В. В. Рахманов разработал установку для автоматического контроля сварных швов роторов. Изобретательный Виктор Васильевич сконструировал ее так, чтобы траектория движения преобразователя точно повторяла перемещение при ручном контроле. Сейчас установка работает на Харьковском заводе.

ПОЧЕМУ УГОЛ ВВОДА УМЕНЬШАЕТСЯ?

Здесь объясняется экспериментально обнаруженное моим сыном М. И. Ермоловым явление уменьшения угла ввода с понижением частоты наклонного преобразователя.

Хорошо известно явление квазиискривления луча — уменьшения угла ввода наклонного преобразователя с увеличением глубины залегания дефекта. Оно вызывается более сильным ослаблением лучей с большим углом ввода из-за большего пути до дефекта. Но здесь речь пойдет о другом явлении.

Изготовители наклонных преобразователей с большими углами ввода сталкиваются с таким странным явлением: угол ввода уменьшается с понижением частоты ультразвука. Например, при изготовлении преобразователя на угол ввода 70° (исходя из расчета по формуле синусов) при частоте 5 МГц угол ввода получается $69,5^\circ$, а при частоте 2,5 МГц — угол ввода 68° . В обоих случаях применялись одинаковые призмы, пьезопластины размером 12 мм, а угол ввода измерялся по максимуму эхосигнала, отраженного от отверстия диаметром 6 мм в СО-2.

Некоторые специалисты даже полагали, что изменение частоты вызывает изменение скорости ультразвука, а с этим связано изменение угла ввода. Это, конечно, неправильно: скорость объемных волн от частоты не зависит.

Это связано с тем, что изменение коэффициентов отражения и прозрачности в зависимости от угла оказывает заметное влияние на положение максимума при отражении и прохождении расходящегося пучка лучей.

Вблизи пьезопластины, в призме преобразователя излучаемую волну можно считать плоской. Но в дальней зоне, где измеряется угол ввода, распространяется расходящийся пучок лучей, и можно показать, что он образуется еще в призме. Так что на границу «плексиглас — сталь» падает именно расходящийся пучок лучей.

В результате значения углов преломления отклоняются от найденных по формуле синусов:

$$\sin \beta / c_{\text{пл}} = \sin \alpha / c,$$

здесь β — угол падения (угол призмы), $c_{\text{пл}}$ и c — скорости звука в плексигласе (материале призмы) и стали.

Отклонение от закона синусов происходит в сторону максимума значения коэффициента прозрачности D границы «плексиглас — сталь». Это связано с тем, что из расходящегося пучка лучей на границе меньше ослабляются лучи, для которых коэффициент прозрачности больше. Для поперечных преломленных волн максимум этого коэффициента приходится на угол $\beta = 31^\circ$. Для углов больших 50° происходит быстрое уменьшение D . Именно в этой области происходит наиболее заметное уменьшение углов ввода.

Явление тем сильнее, чем шире диаграмма направленности преобразователя. Это понятно: чем шире диаграмма направленности, тем больше выбор лучей, падающих на поверхность раздела под углами с большим значением D . Уменьшение частоты при сохранении диаметра пьезопластины вызывает увеличение расхождения лучей, то есть расширение диаграммы направленности. Этим и объясняется уменьшение угла ввода с понижением частоты.

Совершенно правильно в России угол наклонного преобразователя называют углом ввода, а не углом преломления. Эти углы — разные по изложенной выше причине, а также в связи с квази-искривлением луча.

ОТКУДА «ЛИШНИЙ» ИМПУЛЬС?

Здесь рассматривается особенность технологии изготовления наклонного преобразователя с узкой пьезопластиной, с которой столкнулся М. И. Ермолов.

Фирма «Эхо-импульс», в которой он работает, получила заказ на изготовление наклонных 45-градусных преобразователей на частоту 2,5 МГц, у которых должна быть очень узкая пьезопластина. Ширина ее в плоскости падения должна быть 4 мм. Такие преобразователи нужны для акустической голографии, для которой полезна широкая диаграмма направленности. «Эхо-импульс» принимает заказы на разработку и изготовление любых пьезопреобразователей по желанию заказчика.

Преобразователи были изготовлены. Угол призмы был подобран таким, чтобы угол ввода равнялся 45° (рассчитали по формуле синусов). Проверка на СО-2 показала, что на угле 45° действительно наблюдался импульс большой амплитуды от отверстия диаметром 6 мм. Но впереди него наблюдался еще какой-то маленький импульс. Когда преобразователь сдвигали ближе к отверстию, оба импульса перемещались к началу развертки, но первый маленький импульс перемещался медленнее. При угле 42° импульсы сливались, и амплитуда эхосигнала достигала максимума максиморума. Получалось, что если бы заказчик стал проверять угол ввода по обычной методике, то есть отыскивая максимум эхосигнала от отверстия, то он бы сказал, что угол ввода равен 42° .

Чтобы выполнить требование заказчика об угле ввода, был изготовлен преобразователь на угол 47° . Мой сын надеялся, что максимум максиморум достигается при угле 45° . Но этого не произошло. Для угла 47° временной интервал между импульсами увеличился, но слияние импульсов происходило, как и ранее, при угле 42° .

Стали думать, откуда взялся передний маленький импульс. Между прочим, для преобразователей с нормальным размером пьезопластины он не наблюдался. Если предположить, что он появился от наклонной продольной волны, то его расстояние от начала развертки было бы чуть не вдвое меньше, чем для импульса поперечной волны. А в действительности интервал между импульсами при угле 45° составлял 2–3 мкс.

Возникла гипотеза, что появление «лишнего» импульса вызывается головной волной. Узкая пьезопластина излучает в призму расходящийся в широком диапазоне углов пучок лучей. Среди них находится луч, падающий на границу под углом $27,5^\circ$, при котором возникает головная волна. Как известно, распространяясь вдоль поверхности, головная волна порождает в любой точке поверхности ввода поперечные волны, которые имеют угол ввода, равный третьему критическому, для стали — 33° . Один из лучей такой

поперечной волны отражается от отверстия в СО-2 и порождает «лишний» импульс.

Для проверки гипотезы я провел расчеты времен распространения волн. Для поперечной волны с углом ввода $\alpha = 45^\circ$ время распространения до настроечного отверстия t_{45} равно $t_{45} = H / (c_t \cos \alpha = 44 (3,22 \cdot \cos 45^\circ) = 19,32$ мкс, где $H = 44$ мм — глубина залегания отверстия в СО-2, $\alpha = 45^\circ$ — угол ввода, $c_t = 3,22$ мм/с — скорость поперечной волны.

Расстояние по поверхности образца от точки ввода преобразователя до проекции настроечного отверстия

$$x_{45} = H \operatorname{tg} \alpha = 44 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 44 \text{ мм.}$$

Расстояние по поверхности до проекции настроечного отверстия для луча поперечной волны, распространяющегося под углом $\alpha = 33^\circ$

$$x_{33} = H \operatorname{tg} \alpha = 44 \cdot \operatorname{tg} 33^\circ = 28,57 \text{ мм.}$$

Время распространения головной волны вдоль поверхности ввода СО-2

$$t_{\text{гол}} = 44 \cdot (\operatorname{tg} 45^\circ - \operatorname{tg} 33^\circ) / 5,92 = 2,61 \text{ мкс,}$$

где 5,92 мм/с — скорость продольной (и головной) волны в стали. Суммарное время распространения головной и поперечной волн

$$t_{\Sigma} = 44 \cdot (\operatorname{tg} 45^\circ - \operatorname{tg} 33^\circ) / 5,92 + 44 / (3,22 \cdot \cos 33^\circ) = 18,90 \text{ мкс,}$$

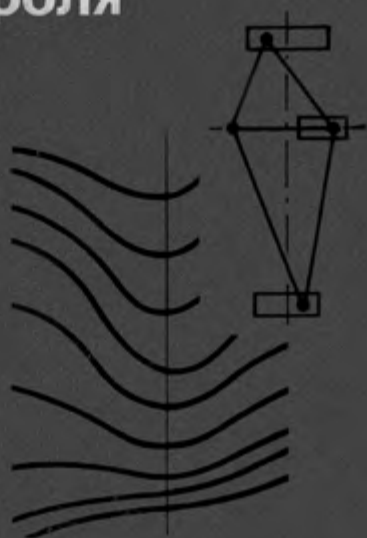
на 0,42 мкс (для отраженного сигнала — на 0,84 мкс) меньше, чем t_{45} , как и наблюдалось на экране. Если учесть, что путь в призме для луча, образующего головную волну, короче, чем для луча с углом ввода 45° , то разница в интервалах времен распространения импульсов увеличится.

Подобные вычисления для угла ввода $\alpha = 42^\circ$ дали значения $t_{42} = 18,39$ мкс и $t_{\Sigma} = 18,16$, которые довольно близки. Таким образом, оценки временных интервалов подтверждают предположение, что появление «лишнего» импульса связано с возникновением головной волны.

Заказчику был передан преобразователь на расчетный угол 47° с соответствующими пояснениями.

И. Н. ЕРМОЛОВ

Теория и практика ультразвукового контроля



ЧАСТЬ 3

И ЭТО ВСЕ О НЕМ

(Воспоминания
об И. Н. Ермолове)

М. И. Ермолова

СТУДЕНТ ИГОРЬ ЕРМОЛОВ

Курс, на котором в МГУ учился Игорь, очень любили и администрация, и преподаватели. Это был первый набор студентов из абитуриентов, окончивших среднюю школу, на новый факультет, созданный в 1946 году по просьбе академиков-физиков и ЦАГИ. Так как на факультете было очень строго с анкетой, часть студентов исключили уже в учебном году. На их места объявили набор студентов из технических вузов. Надо было сдать экзамены по физике и математике по вузовской программе. По результатам экзаменов переводили на физтех по приказу Министерства образования. Так Игорь и я попали на физтех.

На курсе Игоря обкатывали новые программы. Фактически совместили программы трех вузов: мехмата и физфака МГУ и МВТУ им. Н. Э. Баумана (сейчас — МГТУ им. Н. Э. Баумана) с углубленным курсом иностранного языка. Кроме того, один день в неделю отводился для практики — работе по специальности в научно-исследовательских институтах. Всего в неделю было 52 часа академических занятий вместо 36 часов, как в других вузах. Еще были домашние задания («простыни») по математике, физике, теоретической механике с множеством задач. За несданное преподавателю задание можно было лишиться стипендии.

Общую физику у Игоря читали академики П. Л. Капица и Л. Д. Ландау. Математику и другие дисциплины также вели академики АН СССР,

в том числе М. И. Лаврентьев и Л. И. Соболев. На втором курсе студентам предложили курс теоретической физики, не «начитав» еще необходимую математику. Почти все провалились. Академик Ландау посетовал студентам: «Я от вас ожидал большего». А на экзамене, как вспоминал Игорь, он сидел за столом в вольной позе, покачивал ногой и говорил профессору Лифшицу: «Гони их, Женя, гони...» Ну и прогнали большинство студентов. Оценок на этом экзамене было всего две — либо «неуд», либо пятерка. Игорь был одним из немногих, кто получил пятерку. А результаты экзамена потом отменили... Было решено курс повторить через год.

Как-то Игорь сдавал экзамен академику Соболеву. Как и почти все преподаватели на физтехе, академик не просто спрашивал, но и любил студентов «проверить на прочность». Игорь ответил на заданные вопросы и получил дополнительный «хитрый» вопрос. Ответил. Академик говорит: «А если подумать?» Игорь подумал и повторил ответ. Академик опять: «А если еще подумать?» Игорь безнадежно вздохнул и повторил ответ. Соболев похвалил его и поставил «отлично».

Видя, что над ними экспериментируют, мы, первокурсники, переживали за этих ребят. А они ко всему относились с юмором, что нам нравилось. Например, при сдаче зачета по сопромату на двери аудитории ребята писали мелом счет в пользу студентов и преподавателя — профессора Феодосьева из Бауманского училища. Окончательный счет был в пользу Феодосьева — приблизительно 63:56. Игорь и этот зачет сдал успешно. Хочу отметить, что у нас были блестящие отличники. Некоторые из них спустя годы сами стали академиками АН СССР, например Ю. Прокошкин, Л. Горьков.

По сравнению с москвичами Игорь выглядел несколько провинциальным, хотя по интеллектуальному развитию им мало уступал. Он не ходил в консерваторию слушать классическую музыку, как это было принято на физтехе не только у преподавателей, но и у студентов. Впервые в Большой зал консерватории Игорь отправился

со мной. У меня был абонемент на музыку Чайковского. Так как я пропустила один концерт, то могла использовать два билета. Искала попутчика, и Игорь вызвался идти со мной в Большой зал консерватории. Помню, давали Шестую симфонию Чайковского. В дальнейшем мы вместе еще несколько раз ходили в консерваторию, но в конце концов я поняла, что эта музыка была ему, как сейчас говорят, «не в кайф», и перестала его мучить классикой. (Потом, уже после нашей женитьбы, мы часто бывали в театре и посмотрели, думаю, все самые интересные спектакли того времени. Стремилась в первую очередь в «Современник», иногда удавалось попасть в Театр на Таганке, часто бывали в театрах им. Вахтангова и Моссовета. А вот в Большом театре, на операх и балетах, Игорь откровенно спал.)

Он любил студенческие песни, сам неплохо пел их у костра, в компании. Игорь знал много песен Визбора, а самыми его любимыми были «Бригантина», «Король, который войну проиграл», песня из спектакля «Пять вечеров» театра «Современник» — «Милая моя», песня на слова Киплинга «Пыль, пыль». Еще ему нравилось петь глупые и смешные песни, такие как «Моржи», «Отелло», «Гамлет» (написанные бардами), «Шел один верблюд, шел другой верблюд» и прочие в том же духе.

Перейдя на физтех МГУ из МЭИ, Игорь стал жить в общежитии факультета, рядом с учебным корпусом. На старших курсах было много фронтовиков. Солидный народ, они стремились воспитывать младших. Бурлила общественная жизнь: заливали каток между корпусами, устраивали душ с горячей водой, ловили вора, который крал забытое в умывальнике мыло, изобретая для его поимки хитроумные приспособления... А в комнате отдыха по ночам играли в «гоб-доб». Игра состояла в следующем. Две команды садятся за стол напротив друг друга. Одна прячет под столом в чью-либо руку пятак по приказу противника «гоб». По команде «доб» все выбрасывают руки на стол. Противник должен угадать, где спрятан пятак. Если

пятак находили, то проигравшая команда вставала и кричала: «Мы проиграли, мы не умеем играть в „гоб-доб“! Нам стыдно!» Эта глупая игра пользовалась у студентов огромным успехом. А Игорю она так нравилась, что и спустя годы мы играли в «гоб-доб» вместе с нашими друзьями и детьми.

И раз уж зашла речь об играх... Со временем мы с Игорем стали настолько близкими людьми, что казалось, все уже переговорено, обо всем мы рассказали друг другу. Не то чтобы стало скучно, но... возникла некая пауза. И тут Игорь предложил сражаться в шахматы! Ребята, мои друзья, говорили, что я играю на третий разряд. Думаю, они мне льстили: Игорь меня обыгрывал гораздо чаще, чем я его. Когда шахматы надоели, мы стали играть в поддавки, затем в домино, но не простое — в «пятерки». Эта игра состояла в том, что к первому дублю приставляются кости с четырех сторон и главную роль играет сумма точек на четырех концах. Она должна быть кратна пяти. Выигрывал тот, у кого сумма пятерок равнялась двумстам пятидесяти очкам.

Затем мы играли в кости, в детскую игру «эрудит», похожую на «балду», в нарды... Все эти игры были логическими. Они не только давали общение, но и развивали мышление. Мне кажется, эти игры помогли нам мирно существовать вместе столько лет.

А. Х. Вопилкин

ПРОФЕССОР И ЕГО ЖЕНА

Майя Ивановна Ермолова — человек, который знает об Игоре Николаевиче все, это его второе «я». Более пятидесяти лет они были вместе. Я имел возможность наблюдать их взаимоотношения на протяжении трех десятилетий. Это была настоящая любовь — единственная и на всю жизнь. Ради нее он пожертвовал карьерой физика-ядерщика (после окончания вуза его должны были распределить в Курчатовский институт, но этого не произошло

из-за «подпорченной» после женитьбы анкеты). Мне кажется, более счастливой пары на свете и быть не может. Они во всем были самодостаточны. Зачем нужен кто-то еще, когда и вдвоем можно прекрасно провести время — поиграть в карты, шахматы, нарды или просто побеседовать? Идеальная жена!

Майя Ивановна, всегда очень приветливая, тактичная и гостеприимная, стала своим человеком в кругу коллег и учеников Игоря Николаевича. В 70-е и 80-е годы прошлого столетия мы примерно одной и той же компанией каждую весну вместе отдыхали в домах отдыха. В нашу компанию входили Н. П. Алешин, В. Г. Щербинский, В. И. Иванов, А. П. Шишов и, конечно, Игорь Николаевич, всегда вместе с Майей Ивановной. Они, как правило, занимали самый большой номер, и вечерами там собиралось по десять-двенадцать человек. Это была наша «кают-компания». По сути, там собирался филиал ученого совета ЦНИИТМАШ, на котором решались самые актуальные научные вопросы, в том числе обсуждались диссертационные работы, например докторская диссертация В. И. Иванова. Первый вариант моей диссертации также был рассмотрен во время такого отдыха. Очень много было сделано замечаний и предложений (в первую очередь, конечно же, Игорем Николаевичем), которые позволили мне завершить ее в сжатые сроки.

Мой коллега В. Г. Щербинский вспоминает, что со стороны это было любопытное зрелище: сверхдемократичный стиль одежды (тренировочные костюмы, свитера, тапочки-шлепанцы и т. п.) и несколько расслабленное состояние участников после лыж и обеда с аперитивом... Несмотря на это дискуссии носили острый и принципиальный характер. Майя Ивановна была непременным участником наших обсуждений.

Сама по себе она тоже незаурядная личность — кандидат наук. При этом оба они удивительно скромные люди. Однажды мы были на конференции в Риме, и в первый же день в метро у Игоря Николаевича украли все деньги. Мы, конечно, предложили ему денеж-

ную помощь. Он взял самый минимум со словами: «Мне ничего не нужно, вот только бы Майечке купить белую беретку». И мы вместе выбирали ее.

После гайдаровско-чубайсовской реформы начала 90-х годов Ермолов (впрочем, как и большинство россиян) потерял все свои немалые сбережения. При этом он не озлобился, не ругал реформаторов и всем доказывал, что другого пути у России нет и через все это надо пройти. Хотя ох как не хватало ему этих сбережений в старости!

...В последние годы они постоянно жили на даче, в старом кирпичном домике, в более чем скромных условиях, без особых удобств. По моим понятиям, человеку такой величины не подобает жить в подобных условиях. На мои предложения как-то улучшить их они все время повторяли, что их все устраивает, демонстрируя свою великую скромность и способность обходиться малым.

Вот уже десять лет Майя Ивановна живет без любимого мужа там же, на даче, все так же без удобств. Единственное, что изменилось: сын Михаил помог перестроить пристройку, теперь она не отваливается от дома. Майя Ивановна очень стойкий человек, не из породы нытиков. Миша, естественно помогает, обеспечивает продуктами, на дачу к ней приезжают внуки и правнуки.

М. И. Ермолова

ЕРМОЛОВСКАЯ «ФАЗЕНДА»

Наши дети, Алеша и Миша, долго верили в то, что в поселке Чуприяновка, в Тверской области, всегда стоит лето. Там у моей мамы Натальи Васильевны был садовый участок, куда мы отвозили мальчиков на каникулы. При содействии отца Игоря, Николая Ивановича, на участке построили бревенчатый дом, состоявший из двух комнат — одна внизу, другая на чердаке — и веранды.

Мы жили на чердаке. Мебель для дачи Игорь мастерил сам. Хоть она и была неказистой, зато прочная: кое-что до сих пор стоит

на нашей теперешней даче. За самодельным столом Игорь в отпуске писал кандидатскую диссертацию.

Моя мама по профессии агроном, так что сад у нее цвел и плодоносил вовсю! Мы приезжали на выходные, привозили городские продукты и везли обратно домой горы фруктов и банок с компотами и вареньем. Автомшины у нас не было, поэтому мы и туда, и обратно шли на поезд нагруженные, как ишаки. Ребятам в саду было раздолье: много сверстников, простор и безопасность, игры, велосипеды.

Но дети растут, а мамы стареют... Моя пожилая мама осталась одна и зимой стала жить на своем садовом участке. Кроме нее, в соседних домах на зиму оставалось еще четыре-пять стариков. Конечно, мы не могли допустить такого и забрали ее к себе в Москву. Так наши мамы стали жить с нами (мы с Игорем оба — единственные дети). Это было непросто. Они разделили хозяйственные дела по дому, но все равно напряжение накапливалось. Тогда мы покупали путевку в дом отдыха одной из мам, а затем посылали отдыхать и другую.

Летом моя мама жила с ребятами на даче, а Мария Алексеевна оставалась дома и отдыхала от хлопот с ребятами. И стали мы подумывать о покупке дачи поближе. Толчком для ее поисков послужило посещение дачи Владимира Дмитриевича Королева, сослуживца Игоря, в Ильинском. Нам очень понравились эти места, кстати, и рядом с домом Королевых продавалась отличная дача на двадцати пяти сотках земли. Денег немного не хватало, но владелец соглашался подождать. Однако наши планы не осуществились: хозяин нашел более выгодных покупателей. И тут я случайно увидела карандашное объявление на столбе у Курского вокзала о продаже дачи в подмосковном городе Климовске, недалеко от Подольска. Приблизительно час езды на электричке, окраина города, рядом лес и речка Петрица. Дом кирпичный, сад с яблонями на шести сотках. Мы мало разбирались в строительных хитростях, поэтому не заметили недостатки дома и купили его.

О дефектах дачи стало ясно после первой же зимы, когда появились трещины в стенах пристройки. Оказалось, что дом стоит на плывуне и фундамент вырыт недостаточно глубоко. С тех пор Игорь часть отпуска тратил на замазывание этих трещин, на замену пола, на штукатурные работы и т. д. Мастеров не приглашали, все ремонты на даче (и дома, кстати, тоже) мы делали сами. Жители окрестных улиц организовали кооператив по проводке воды и газа, мы тоже провели водяное отопление на газе, и в дом пришло тепло. Мама была рада крохотному участку, перевезла в него все лучшее из чуприяновского сада. А мы стали проводить здесь летний отпуск. Игорь с удовольствием работал на даче — и физически, и особенно умственно.

Выросли дети, и на даче стали резвиться наши внуки. Потом выросли и они, и когда мы стали постоянно жить на даче, по выходным кто-то из них, если не мог приехать сын Михаил, привозил продовольствие, помогал с душем и другими проблемами, которые нам стали уже не по силам. Для безопасности мы завели собаку, но она выросла такой большой и сильной, что мы с ней не справляемся. Пес по имени Яррис очень породистый — босерон — и очень умный и хитрый. Он всегда находит способ убежать на улицу, несмотря на наши старания его не пустить. Зато с ним не страшно жить на окраине города, когда шпана шарит по пустым дачам. На нашем участке вырос тенистый сад с обилием яблок и ягод. В урожайные годы мы просто изнемогали от их обилия и старались как можно больше их раздать. Игорь очень любил яблоки. На работу и на лекции в энергетический институт он всегда брал с собой несколько яблок, предпочитая их апельсинам и другим фруктам. Он копал землю, сажал картофель вместе со мной. Я покупала для посадки сортовой картофель, и он у нас вырастал чистый и вкусный. Иногда нас «доставал» колорадский жук, в сырое лето — фитофтороз, но, как бы там ни было, нам хватало своего картофеля до нового урожая. В последние годы мы стали засаживать участок многолетними растениями, преимуще-

ственно цветами: розами, флоксами, луковичными. Игорю больше всех цветов нравились синие пролески — сциллы сибирские. Цвели они весной, и весь сад был синего цвета...

В. Т. Бобров

ВСЕ НАЧАЛОСЬ С ЯБЛОКА

Те, кому посчастливилось общаться с Игорем Николаевичем Ермоловым, знают, каким простым, доступным и доброжелательным человеком он был. Жаль, что бумага не передает интонаций. И все же, читая его воспоминания, как будто слышишь его живой голос. Записки Игоря Николаевича я увидел впервые еще до печати, на экране монитора. Компьютерную программу буквально коробило от образных выражений профессора. То и дело компьютер пытался отредактировать такие слова, как «напрочь» (комментарий ПК: «Просторечное выражение, не свойственное литературной речи»), «морды» (комментарий ПК: «Слово с ярко выраженной экспрессивной (негативной, иронической) окраской»). Ну а в живом общении он был и вовсе неподражаем! И привлекали его рассказы тем, что не было в них ни грана чопорности, «академизма», это были рассказы товарища, а для многих и старшего товарища, и друга одновременно.

Мои контакты с Игорем Николаевичем начались в 1965 году. К тому времени он несколько раз приезжал к нам в Кишинев, в СКБ ультразвуковой дефектоскопии, но тогда я не смел даже заговорить с мэтром. А дорогу в ЦНИИТМАШ проторил Сергей Анатольевич Филимонов. Его отзывы об атмосфере этого института и особенно ОНМИМ, а также тот факт, что И. Н. Ермолов активно исследовал проблемы ультразвукового контроля сварных соединений, придали мне смелости. Я к этому времени уже определился в своих пристрастиях, да и конкретная работа над установками для автоматизированного ультразвукового контроля качества сварных швов труб в поточных линиях производства продвигалась успешно.

Будучи в очередной раз в командировке в Москве, я напросился на консультацию к Ермолову, тогда еще кандидату технических наук. Принял меня Игорь Николаевич радушно, тут же угостил яблоками из своего сада, предложил рассказать, чем я занимаюсь, а сам в это время перекусил, выпил большую кружку чая и быстренько расставил шахматы. Нет, меня он не пригласил составить партию, у него были «счеты» со своими постоянными партнерами. Я же, закончив рассказ о своих планах в науке, терпеливо ждал приговора. Когда обеденный перерыв закончился, Ермолов уделил мне еще несколько минут и закончил аудиенцию памятной для меня фразой: «Интересно... Перспективно... Заходите...» Когда, спустя несколько месяцев, я вновь оказался в ЦНИИТМАШ, разговор наш повторился до нюансов: то же яблоко, то же «расскажите»... Я понял, что от моего первого рассказа в памяти мэтра не осталось ничего. Так повторялось несколько раз... Уж не помню, с какого раза Ермолов начал узнавать настойчивого (а может быть, назойливого?) визитера.

В 1966 году я вместе с еще шестью счастливицами сдал вступительные экзамены и был зачислен в аспирантуру ЦНИИТМАШ без отрыва от производства. Конечно, нам, аспирантам-заочникам, не хватало постоянного общения с нашими научными руководителями, но это обстоятельство способствовало большей самостоятельности. Много позже Игорь Николаевич признавался, что не очень надеялся на мою успешную защиту, но я первым из нашего набора и в срок, в мае 1970 года, защитил диссертацию. Прекрасно помню, как переживал Ермолов за меня при подготовке к заседанию диссертационного совета: то опасение, что не будет вовремя отзывов, то — что в мое отсутствие нужно получать авторефераты из печати и организовывать их рассылку, а я приезжаю из Кишинева урывками и, конечно, не успеваю все отследить. Несмотря на занятость собственной докторской диссертацией, Игорь Николаевич взял на себя всю рутинную часть работы, потом писал мне: «Ну и хлопот у меня было с Вашим авторефератом. Торчал по два раза каждый день в типографии, жал, чтобы

успеть к 17 апреля. Потеснил даже одного нашего почти доктора. Ну, сейчас все позади. А я себе на ус намотал, больше не полезу в это дело. Надо мной посмеивались, что я так бегаю за своего аспиранта, обычно, дескать, наоборот». Когда пришло время определяться с оппонентами, а докторов наук по специальности 05.02.11 тогда было очень мало, Игорь Николаевич задумчиво произнес: «Опять надо просить Д. С. Шрайбера...» — и добавил: «Когда он меня просит оппонировать его диссертантам, я соглашаюсь без оговорок, а мне приходится кланяться ему». А мне довелось встречаться с Давидом Соломоновичем во ВНИИНК и на защите кандидатской диссертации А. В. Малинки по близкой тематике, поэтому я попросил разрешения позвонить Д. С. Шрайберу. Игорь Николаевич с некоторой опаской посмотрел на меня и разрешил. Я тут же позвонил и получил согласие, чем привел его в удивление. Защита проходила в круглом зале ЦНИИТМАШ, я шел вторым и в ожидании своего часа, видимо, откровенно волновался, на что Давид Соломонович отреагировал: «Не волнуйтесь, самый большой враг на защите — сам диссертант». Защита прошла успешно. Потом машиностроители в ВАК «захлебнулись» в волнах Лэмба, затянули рассмотрение моей диссертации сверх всяких сроков, и опять потребовалось вмешательство Игоря Николаевича — он настоял на ускорении рассмотрения, пусть даже путем передачи работы так называемому «черному» оппоненту. Уже значительно позже я узнал, что этим оппонентом был крупный ученый из Акустического института, автор известных монографий по волнам Лэмба, доктор технических наук И. А. Викторов.

Не оставляя Игорь Николаевич своих учеников и после защиты диссертаций, в полной мере это относилось и ко мне. То он как член редакционного совета журнала *NDT International* договаривается с главным редактором журнала о публикации моей статьи по электромагнитно-акустическому возбуждению волн Лэмба, то организует наше участие в 8-й Всемирной конференции в Каннах, то сетует, что я не посоветовался с ним о защите докторской: «На вас я немножко

обижен. Я лишь от Алешина узнал, что вы собираетесь защищаться в форме научного доклада. Неужели вы сомневались в моей поддержке? Защищаться вам нужно в совете у Ключева. Надеюсь, вы подготовите хорошую работу, и не сомневаюсь в успехе». А когда я все-таки пошел на защиту в совете МГТУ им. Н. Э. Баумана, в работе которого принял участие В. В. Ключев, Игорь Николаевич направил отзыв на диссертацию и выступил на защите с высокой оценкой моей работы.

Мне не раз приходилось потом слышать отзывы других соискателей об отношении к ним руководства — совсем не таком заботливом! Так что я вполне оценил отношение Игоря Николаевича и к себе, и к другим его многочисленным ученикам. А шутовое, «с подначкой», представление Г. Т. Бордюгова посетившим ВНИИНК немецким коллегам меня как «любимого ученика профессора Ермолова» я принял всерьез и навсегда. И, если бы не постоянное подталкивание И. Н. Ермолова, А. К. Гурвича, Н. П. Алешина, вряд ли я взялся бы за защиту докторской: ведь мне в должности заместителя директора по научной работе ВНИИНК, с проблемами передачи документации на разработанные приборы и установки ультразвукового контроля на завод «Электроточприбор», и так было чем заняться. Ну и действительно, куда было спешить? Незаметно после защиты кандидатской пролетело двадцать лет, и я наконец решился.

Часто ли вам приходилось слышать, а тем более читать признания такого рода: «Я готовлю книгу „Теория и практика ультразвукового контроля“, в связи с этим у меня возник к вам вопрос о природе возбуждения SH-волн». Затем Игорь Николаевич на доступном языке излагает существо ответа, как нередко он сам отвечает на вопросы, на которые очередной диссертант ответил неудачно. И далее: «Извините за, может быть, наивные вопросы, но я человек прямой, и чего не знаю — никогда не стесняюсь спрашивать». Вот таким он был...

Так что воспоминания о поддержке И. Н. Ермолова я сохранил на всю жизнь, и свое отношение к молодым, ищущим в науке свои пути, стараюсь строить по примеру моего учителя.

А. Х. Вотилкин

МОЙ НАСТАВНИК

С Игорем Николаевичем Ермоловым я познакомился в 1966 году, будучи студентом третьего курса Московского горного института. Так получилось, что преподаватель, читавший нам физику ультразвука, поставил большей части группы на экзамене двойки и уехал в отпуск кататься на лыжах. Повторный экзамен попросили принять Игоря Николаевича. Мне он поставил пятерку, так что первое знакомство оказалось для меня очень даже приятным!

Начиная со следующего семестра Игорь Николаевич начал читать нам лекции. И так меня влюбил в себя, что я после окончания института не задумываясь распределился в НПО «ЦНИИТМАШ», непосредственно в лабораторию к Игорю Николаевичу (хотя были и более выгодные в денежном плане предложения).

Преподавателем он был, что называется, от бога. Лекции читал потрясающе, умел так увлечь студентов, что на его лекции почти никто не опаздывал, и уж тем более не пропускал. Я, как и многие студенты того времени, подрабатывал на двух-трех работах, и многие лекции, к сожалению, пропускать приходилось. Но только не Игоря Николаевича! Хотя иногда от усталости я мог уснуть прямо за партой. Помню забавный случай. Я пришел на занятия, которые вел Игорь Николаевич, после ночной смены и не заметил как задремал. Во время лекции на задних рядах поднялся какой-то шум. Игорь Николаевич повернулся к аудитории и возмущенно спросил: «Кто вопит?» Спросонок мне показалось, что я слышу свою фамилию. Вскрываю и бодро рапортую: «Я!» Всеобщий хохот. В другой раз, увидев меня спящим, Игорь Николаевич пошутил: «Не будите, наверняка ему снится, что он на моей лекции».

Кстати, у Ермолова была интересная особенность, о которой я узнал позже. На совещаниях, заседаниях парткома и других форумах, не имеющих прямого отношения к дефектоскопии, он... спал. Во всяком случае, со стороны казалось, что спит. Обычно

он сидел с закрытыми глазами, опершись на руку. Когда у Игоря Николаевича допытывались, правда ли он спит и как в таком случае умудряется быстро ответить на самый коварный вопрос от выступающего, он отшучивался, говорил, что свои реплики готовит заранее. Якобы «проспав» доклад, Игорь Николаевич поднимал руку и выступал по делу так, что ни у кого не оставалось никаких сомнений в том, какое решение должно быть принято. К тому же у Ермолова был богом данный талант популяризатора, человека, который мог простыми, доступными пониманию окружающих словами объяснить все, что хотел сказать выступающий на НТС или на защите.

Но продолжу рассказ о нашей совместной работе. И так, 1 августа 1968 года я пришел в НПО «ЦНИИТМАШ», в лабораторию, которую возглавлял Игорь Николаевич, и проработал под его руководством двадцать два года. В течение тринадцати лет был его заместителем. Безмерно благодарен Игорю Николаевичу как учителю и наставнику. Очень многим, чего я достиг в науке, я обязан именно ему. В 1974 году под его руководством защитил кандидатскую диссертацию. Здесь уместно вспомнить следующий эпизод. На следующий день после защиты появилась стенгазета нашего отдела с поздравлением. Но были там и следующие строчки:

*Он защитился раньше срока,
Надеялся на старый ВАК,
Но в спешке этой мало проку,
И может выйти все не так.*

Как потом выяснилось, их автором был Игорь Николаевич. Дело в том, что ВАК (Высшая аттестационная комиссия) в то время должна была начать реформироваться, ученые советы закрывались примерно на год, а этот год мне терять не хотелось. Вот я и упросил Игоря Николаевича, у которого был аспирантом, выпустить меня на защиту, хотя в диссертации оставались кое-какие шероховатости. А эта стенгазета у меня до сих пор хранится.

Мне очень импонировал его подход к аспирантам: главное — не мешать. Даже если аспирант делает ошибки, он должен сам их найти и прийти к правильному решению, считал Ермолов. Он никогда не напрашивался с советами, но если его просили помочь в теории или обсудить эксперимент, всегда находил время. Для самостоятельных аспирантов он был идеальным руководителем, нерадивые отпадали сами по себе. При написании диссертации Игорь Николаевич тщательно выверял каждый вывод, особенно щепетильно относился к выводу и анализу формул. Поэтому диссертации всех его аспирантов были образцовыми и быстро проходили через ВАК.

Особенно педантично Игорь Николаевич отнесся к защите моей докторской диссертации. Он настоял на том, чтобы перед выходом на защиту я доложил ее в самых разных организациях (примерно в десяти). Почти везде лично присутствовал на докладах. Один из последних моих докладов состоялся в Ленинграде, в ЛИИЖТе, где он не смог присутствовать и попросил А. К. Гурвича внимательно и критично отнестись к моей работе. Анатолий Константинович собрал практически всю дефектоскопическую общественность Ленинграда и Ленинградской области. Присутствовало порядка ста специалистов. Такого активного обсуждения работы в моей практике больше никогда не было. Семинар длился семь часов, было задано сто двадцать семь вопросов, выступило пятнадцать человек. Все они хорошо приняли работу. После этого доклада Игорь Николаевич сказал: «Все, Леша, теперь я абсолютно уверен в качестве твоей докторской, можешь выходить на защиту». Этим примером я еще раз хочу подчеркнуть его высокую научную принципиальность и ответственность при подготовке научных кадров.

Диссертацию 25 июня 1987 года я защитил успешно (результаты голосования — 18:0), но через некоторое время выяснилось, что в тот же день в ВАК пошла на меня анонимка, которая бросала тень не только на меня, но и на ученый совет ЦНИИТМАШ. При бли-

жайшем рассмотрении оказалось, что из нее «торчат уши» другого ученика Игоря Николаевича, который за неделю до моей защиты также защищал докторскую с гораздо меньшим успехом. Работу его совет завалил (3 «за», 15 «против»). Видимо, он не справился со своими чувствами и таким весьма подлым образом отреагировал на провал своей диссертации. И хотя в анонимке не было ни слова правды, она много крови попортила и мне, и Игорю Николаевичу как председателю ученого совета. После этого случая он разорвал все отношения с тем человеком.

Вообще, под руководством Игоря Николаевича защитилось порядка тридцати кандидатов и пять докторов наук. Не так давно, года три назад, он мне сказал: «Знаешь, Харитоныч, среди всех моих учеников ты у меня самый любимый, я тобой горжусь». Для меня эти слова остаются высшей наградой за мои скромные заслуги.

В последние годы жизни на вопрос, где он трудится, Игорь Николаевич с гордостью отвечал: «Я работаю у своего ученика Вовпилкина». Он работал (и немалый срок — пятнадцать лет) консультантом в Научно-производственном центре «ЭХО+». Одно упоминание об этом являлось хорошим средством для привлечения наших заказчиков: ведь имя Ермолова само по себе уже стало «брендом»! Хотя прямого участия в разработках компании он не принимал, но всячески способствовал нашему развитию и популяризации наших разработок, помогал возвращать у нас ученых. Под его влиянием наконец-то защитил докторскую диссертацию В. Г. Бадалян, кандидатскую — Д. С. Тихонов, начал готовить докторскую диссертацию Е. Г. Базулин (в 2014 году он защитил докторскую диссертацию). Игорь Николаевич по-отечески относился к нашим сотрудникам, помогал прежде всего мне в моей научной и организаторской деятельности на посту генерального директора «ЭХО+». Работая у нас, он издал свой фундаментальный труд — третий том энциклопедии под названием «Неразрушающий контроль», который, по сути, явился итогом более чем пятидесятилетней деятельности ученого.

В. Н. Данилов

К 70-ЛЕТИЮ И. Н. ЕРМОЛОВА

Тернистый путь — к вершинам знаний,
Не каждый может им идти,
Чтоб после трудных испытаний
Науки истину найти.

Лишь тот, кому по воле бога
Талант был дан, чтобы творить,
Осилит тяжкую дорогу
И сможет смысл тайн раскрыть!

И тем путем, усталости не зная,
Уж много-много лет вперед
Ермолов Игорь, сын Николая,
Спокойной поступью идет.

С контролем жизни ультразвуком
Душой сроднился он навек,
Дефектоскоп ему стал другом,
Для АРД — свой человек.

Как смело, круто загребают
Он поперечную волну!
А в дальней зоне как ныряет
В помех структурных глубину!

Пытливая душа, натура
Идей и замыслов полна:
Сварного шва что за структура?
Как затухает там волна?

Широкий кругозор в науке —
Почти мгновенно скажет он,
Как искажает ультразвуки
Рельс, что дефектом поражен.

Теории доброжелатель
Трудолюбив — и оттого
Даже мельчайший отражатель
Не сможет скрыться от него!

Большого сердца обаяние
Поможет каждому понять,
Как мертвой зоны снять влияние,
Дефекта площадь измерять.

Но если вдруг неправду видит,
Псевдонаучность, фальшь, вранье,
Коли кто истину обидит —
Горою встанет за нее!

Принципиален, честен. Други,
Хвала ученому-борцу,
Пока на страже он, в науке
Не будет хода подлецу!

И в светлый праздник дня рождения
Спешим поздравить все его,
За то, что он с улыбкой гения
Свое нам дарит волшебство!

Хотя ему уж полных семь десятков —
Не возраст то в науке, господя!

И в пожеланье будем очень кратки:
Лет пятьдесят активного труда!

В. Г. Бадалян

НЕОЦЕНИМАЯ ПОМОЩЬ

Я познакомился с Игорем Николаевичем Ермоловым во время работы в Акустическом институте им. Н. Н. Андреева в начале 80-х годов. Мы в то время мы бились над проблемами применения акустической голографии в дефектоскопии. Дело в том, что, хотя тема исследований была направлена на практическое применение в дефектоскопии, о самой дефектоскопии мы имели весьма поверхностное представление. Поэтому председателем комиссии по сдаче этапов работы пригласили Игоря Николаевича, зная его как крупнейшего специалиста в этой отрасли.

Игорь Николаевич внимательно вникал в особенности исследований по новой для него тематике, и мы по его реакции проверяли, понимаем ли мы особенности применения акустической голографии в дефектоскопии, в правильном ли направлении движемся в своих исследованиях. Спустя много лет, уже работая в Научно-производственном центре «ЭХО+», Игорь Николаевич признался, что он испытывал серьезные сомнения в целесообразности выбранного нами пути и рад, что ошибался.

Мне хотелось бы вспомнить один эпизод из встреч с Игорем Николаевичем в те далекие годы, который характеризует его как цельного человека, беспредельно преданного науке и совсем не думающего о карьере. Как-то я рассказал ему, что один из недавних сотрудников Акустического института за очень короткий период (три-четыре года) стал заместителем министра. Реакция Игоря Николаевича была мгновенная: «Быстро взлетел — быстро может упасть и сильно разбиться. Завидовать нечему: наше положение фундаментальнее». Так оно и произошло.

Е. Г. Базулин

ДО И ПОСЛЕ

«Отец считает, что вам пора писать докторскую диссертацию!» — возвращая мне статью в «Дефектоскопию» с рецензией, заявил Михаил Игоревич Ермолов, сын Игоря Николаевича. От неожиданности я остолбенел. В жизни любого человека есть мгновения, о которых он потом говорит: «Это было до...» или «Это было после...». Так и у меня в этот миг будто внутри щелкнул переключатель, и вместо туманных мечтаний: «Эх, хорошо бы написать диссертацию!» — я твердо решил: «Все! Напишу! Обязательно напишу!» Не знаю, каким образом Игорю Николаевичу это удалось, но факт есть факт: одна его фраза, переданная через сына, перетряхнула и перестроила мои жизненные планы.

Профессор, доктор технических наук Игорь Николаевич Ермолов работал консультантом в Научно-производственном центре «ЭХО+», но в силу преклонного возраста и проблем со здоровьем работу выполнял у себя дома. Поэтому Михаил взял на себя обязанности по организации обмена информацией между отцом и «ЭХО+».

С этого момента я постоянно ощущал на себе пристальное, но, увы, удаленное внимание Игоря Николаевича. Каждую пятницу я ожидал прихода Михаила с его традиционным вопросом: «Для отца что-нибудь есть?» — и постоянно думал о том, какие материалы подготовить для Игоря Николаевича. Благодаря этому «давлению», я вынужден был оформлять свои мысли в виде вольных записок, часть из которых впоследствии была доработана и превратилась в статьи. Хочется надеяться, что мои заметки помогали Игорю Николаевичу чувствовать, что его не забывают, давали пищу для размышлений, и это придавало ему силы в последние годы жизни.

Помнить И. Н. Ермолова будут еще очень долго — коллеги, ученики, ученики учеников, которым старшие товарищи наверняка расскажут немало о замечательном человеке и ученом. Ведь многие, в том числе и я, до сих пор ощущают присутствие Игоря

Николаевича в своей жизни. А человек жив, пока память о нем живет в окружающих его людях.

В. Г. Щербинский

ХАРИЗМАТИЧНЫЙ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ

В конце 50-х годов, поработав после распределения в лаборатории ядерной геофизики одного из институтов АН СССР, я перешел в закрытую организацию — п/я 1036 (с 1963 года — НИКИМТ). В этом институте-заводе необходимо было организовать гамма-просвещение сварных швов нержавеющей стали для Министерства среднего машиностроения. Каким-то чудом в нашем «ящике» оказался ультразвуковой дефектоскоп УЗД-7Н конструкции ЦНИИТМАШ. Я заинтересовался его возможностями, начал читать и, конечно, сразу же наткнулся на фамилию И. Н. Ермолова.

А впервые я увидел Игоря Николаевича Ермолова в ноябре 1958 года на 1-й Всесоюзной конференции по неразрушающему контролю, проходившей в Доме научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского. Будучи молодым «чайником», практически никого из участников конференции я не знал и поэтому внимательно присматривался ко всем «мэтрам». Игорь Николаевич хоть и не относился еще к их числу, но привлекал к себе людей. Он просто говорил о сложных вещах, был азартен и убедителен в споре с Д. С. Шрайбером, по докладам задавал прямые вопросы, откровенно уточнял, что именно он не понимает, а не темнил, как бывает иногда. За всем этим явно скрывалось большое знание предмета. У него была, как сейчас говорят, яркая харизма: Игорь Николаевич притягивал к себе людей, как магнитом. Я обратил внимание, что вокруг него все время так и вились участники конференции. Позже я обнаружил, что Игорь Николаевич чрезвычайно интересный собеседник. Он никогда не принижал людей своим интеллектом. Во время его беседы, например, с кем-то из аспирантов, несмотря

на очевидную разницу в знании предмета, казалось, что дискутируют две равновеликие величины.

Ермолов «заразил» меня ультразвуком. Стремясь внедрить ультразвуковую дефектоскопию в отрасль, я старался читать все, что публиковалось по теме, посещать научные лаборатории. Был в МВТУ им. Н.Э. Баумана у профессора С.Т. Назарова, в ВИАМе у Д.С. Шрайбера, в ЦНИИТМАШ в лаборатории А.С. Матвеева. Кроме главной своей задачи — приобщения к опыту коллег, — я попутно присматривался и к коллективам. Работы лаборатории ЦНИИТМАШ отличались высоким уровнем. К тому же там была не просто доброжелательная, а, я бы даже сказал, дружески ироничная атмосфера при полном отсутствии фанатерии у начальства и дистанции между старшими и младшими по званию (в разумных, конечно же, пределах). О том, какое впечатление на меня произвел И.Н. Ермолов, я уже сказал. Все это вкупе привело меня через четыре года к нему в заочную аспирантуру.

В аспирантуре мне открылась, а в дальнейшей совместной работе подтвердилась интересная черта Игоря Николаевича как педагога и руководителя. С аспирантами он руководствовался простым принципом «естественного отбора». Он высоко ценил самостоятельное мышление. Новому аспиранту предлагал направление работы и никогда не определял ее конкретное содержание, не давал подробную разработку фактического учебного плана. Он не тянул за уши отстающих и уж конечно никогда ни за кого не писал диссертаций.

Ермолов направлял своих учеников на поиск интересных для производства и в то же время «диссертабельных» задач. Очень ценил, когда такие задачи, содержащие как интересную физику, так и прикладное значение, находились. Помню по собственному опыту, да и по воспоминаниям других: на первых порах каждый аспирант имел возможность часто общаться с Игорем Николаевичем как с руководителем. Но после определенного момента (который, надо заметить, наступал

очень скоро) это общение становилось все реже и реже. Аспирант должен был работать сам. Но если возникала какая-то неразрешимая проблема, Игорь Николаевич глубоко вникал в нее и подсказывал путь выхода из тупика. По-моему, он ни одной диссертации своих аспирантов от корки до корки не читал (мою так точно!). Только «по диагонали»! Тем не менее все ключевые моменты, находки знал блестяще и помнил всю жизнь. При обсуждении диссертации, как правило, он лучше аспиранта пояснял суть работы и ее научную новизну.

Вот лишь один из примеров его отношения к делу. В 60-е годы Аркадий Зусьевич Райхман, первый аспирант Игоря Николаевича, предложил для настройки чувствительности дефектоскопа зарубку как эквивалент плоскодонного отражателя. Вместе с В. С. Гребенником (другим аспирантом Игоря Николаевича) им были проведены теоретический анализ и экспериментальное обоснование. Нашли границы применимости, и Аркадий Зусьевич защитил диссертацию. Ввели зарубку в НТД и ГОСТ. Но выяснилось, что на практике не все так гладко, как на бумаге. Оказалось, что возникающие наклеп и макротрещины около краев увеличивают отражательную способность зарубки, и сложная зависимость сигнала от многих факторов приводит к неоднозначной оценке качества. Естественно, Игорь Николаевич не мог не провести более глубоких исследований. Выяснилось, что в этой проблематике очень интересная, ранее не исследованная физика. Поэтому вопросом отражения от зарубок и двугранного угла Ермолов занимался с тех пор до последних дней своей жизни. Он проанализировал все опубликованные на эту тему статьи, сопоставил чужие экспериментальные данные, провел сравнение со своими теоретическими выкладками. Благодаря Игорю Николаевичу мы теперь знаем об отражении УЗК от зарубки и двугранного угла, наверное, все... И когда читаешь британский журнал *Insight*, в котором начали появляться публикации по этому вопросу (кстати, без ссылок на И. Н. Ермолова), удивляешься, насколько работы Игоря Николаевича опередили Запад.

Будучи весьма крупной величиной, Игорь Николаевич тем не менее всегда был объективен к себе и спокойно реагировал на критические замечания со стороны. Так, в 2006 году меня попросили отрецензировать рукопись учебного пособия для операторов. Титульный лист отсутствовал, и я считал, что автор — это человек, представивший рукопись. У меня было много замечаний, поэтому я порекомендовал существенную переделку рукописи. И вдруг звонок с дачи Ермолова: «Виктор, спасибо за критику! Ты прав, я немножко схалтурил». Понятно, я в шоке! Оказалось, Игорь Николаевич — один из соавторов. Кстати, по его разделу замечания были не принципиальные.

В науке проблема соавторства — тема весьма деликатная. Игорь Николаевич всю жизнь активно работал сам, написал сотни статей, и думаю, что у него, в отличие от многих других, статей с соавторами менее трети. Он всегда отказывался от соавторства, если в этой работе не участвовал. А в последние годы Игорь Николаевич часто просил посмотреть рукопись статьи до отправки в редакцию. И всегда в своих статьях выражал благодарность неофициальному рецензенту.

Игорь Николаевич никогда не только не ограничивал творческий и карьерный рост своих сотрудников, а напротив, оказывал максимальное содействие в их продвижении по служебной лестнице. Так было со мной, а через несколько лет — с А. Х. Вopilкиным. В 1971 году я защитил кандидатскую диссертацию. У меня уже была группа из девяти человек в составе лаборатории Игоря Николаевича. Осенью 1975 года Игорь Николаевич вызвал меня к себе: «Виктор, ты вырос. У тебя сформировалось свое направление. Тебе нужна своя лаборатория». Я не возражал. И. Н. Ермолов вместе с тогдашним заведующим отделом В. И. Ивановым пошли в дирекцию. Что-то там не сложилось, однако Игорь Николаевич не успокоился! И вот 7 ноября 1975 года колонна ЦНИИТМАШ идет с демонстрацией к Красной площади. На Полянке Игорь Николаевич и Валерий Иванович забе-

гают вперед колонны, которую возглавлял директор ЦНИИТМАШ Н. Н. Зорев. Через десять минут они возвращаются в ряды отдела и поздравляют меня: «Виктор, ты завлаб!»

За долгое время (сорок три года!) совместной работы я всего раза два-три слышал, как Ермолов повысил голос. Он отличался очень ровным характером. Даже когда вспыльчивые и заводные натуры (вроде автора этих строк) «взбрыкивали» и начинали дискутировать на повышенных тонах, Игорь Николаевич спокойно возражал по существу дела, и заводная натура быстро успокаивалась.

Конечно, конфликтные и острые житейские ситуации возникали и у него. Но надо отдать ему должное: он остро переживал, однако наружу это выходило очень редко. И все же выходило! Ведь он был живой человек... И принципиальный!

Вспоминается защита по УЗК докторской диссертации одного энергетика в конце 80-х годов. А надо сказать, что в те годы в тепловой энергетике — и на заводах, и в эксплуатации, и на монтажах — дефектоскопия была поставлена хорошо. Работали очень сильные кадры, было приличное по тому времени материальное оснащение и, главное, хорошо проработанная технологическая документация. В частности, Игорь Николаевич был научным соруководителем основного документа по технологии контроля — ОП501-ЦД-75. Уровень этого документа подтверждается тем, что он был «приватизирован» с минимальными переделками (касающимися норм) целым рядом других отраслей.

И вот в круглом зале ЦНИИТМАШ идет защита. Докторант — лицо известное и уважаемое. Диссертация наряду со многими положительными моментами содержит много спорных или не доказанных экспериментально положений. Отзывы у всех положительные, но есть много замечаний. Очевидно, что защита может повернуться в любую сторону. И тут выступает Игорь Николаевич. В резкой, не свойственной ему манере он подчеркивает негативные стороны работы и говорит, что бросит «черный шар». Никто из присутствующих этого не ожидал, все удивлены. Начинается

дискуссия, мнения членов совета разделяются, дискуссия все острее и острее, защита идет уже больше четырех часов... И тут Игорь Николаевич в очередной раз берет слово и рассказывает следующее. Его, Ермолова, на днях вызывали в ЦК КПСС и ознакомили с письмом диссертанта, в котором он поименно перечисляет ЦНИИТМАШевцев, включая Игоря Николаевича и других, обвиняя их в развале дефектоскопии в отрасли! О положении дел в то время я сказал выше. Так что это была явная ложь, непонятно с какой целью написанная. Как сейчас помню, Игорь Николаевич, обращаясь к залу, сказал: «Вы представляете, если бы это письмо было написано в тридцать седьмом году? Никого из нас сейчас бы здесь не было... Я считаю, что степень доктора наук нужно давать не только за высокое качество работы, но и за высокие моральные качества. Соискатель второму не удовлетворяет! Я буду голосовать против». Совет поддержал его.

Хочется вспомнить еще один эпизод, характеризующий принципиальность Ермолова. В Европе только что принята трехуровневая система оценки квалификации дефектоскопистов. Наш неутомимый Анатолий Константинович Гурвич по ее образцу разработал отечественную систему аттестации кадров и организовал проведение заседания НАК в Репино. Из общепризнанных специалистов, в первую очередь докторов наук, необходимо было выбрать самых первых экзаменаторов, которые бы аттестовали других на право аттестации последующих. На заседании от Европы присутствуют доктор Шнитгер (Германия) и Ларсен (Дания).

Каждая кандидатура обсуждается вслух. Украинская ССР номинирует кандидатуру В. А. Троицкого по радиографии и ультразвуку. Номинант — фигура известная, специалист по источникам питания сварочных автоматов, но в дефектоскопии относительно новая. Совсем недавно Б. Е. Патон заставил Троицкого заняться этой проблемой, и по УЗК он практически не работал. Обижать коллегу тем не менее не хочется, поэтому, опуская глаза, некоторые присутству-

ющие ратуют за присвоение В. А. Троицкому третьего уровня по УЗК, находя в поддержку какие-то формулировки общего характера... Берет слово Игорь Николаевич и прямо говорит: «Вы, Владимир Александрович, еще УЗК не знаете, и поэтому мы не можем сейчас вам присвоить третий уровень». Это было, прямо скажем, смелое и нелицеприятное выступление. Члены собрания с облегчением поддержали Игоря Николаевича. Надо отдать должное и В. А. Троицкому: вскоре он стал крупным специалистом в достаточно новой для него сфере. Через несколько лет творческий коллектив под его руководством (в состав которого вошел и Ермолов) получил премию Совета Министров СССР.

О человеческих и профессиональных качествах Игоря Николаевича можно рассказывать еще много. Тем более что лучшие его человеческие черты всегда проявлялись в работе. Вот, например, такой случай. В 60–80-х годах в нашем отделе неразрушающих методов исследования металлов (ОНМИМ) была очень сильная мастерская, предмет гордости и руководства отдела, и всех сотрудников. Уже пожилые слесари-механики и станочники высочайшей квалификации делали фантастические вещи! Я почти каждый день заходил в мастерскую, где мне изготавливали различные средства ультразвукового контроля. Заглядывал туда и Игорь Николаевич. Со всеми рабочими здоровался за руку, перекидывался несколькими словами. После защиты Игорем Николаевичем докторской диссертации я был свидетелем такого разговора. Один из молодых рабочих вслух сказал: «Теперь Ермолов зазнается и здороваться перестанет! Вот посмотрите на профессора N (он иногда пользовался услугами нашей мастерской). В упор уже никого не видит!» И получил дружную отповедь от старожилков: «Игорь Николаевич никогда не зазнается! Не тот человек!» Все, кто знал Игоря Николаевича, могут подтвердить, что никакие звания, почести и выборные должности его не меняли. Высочайшая планка интеллигентной простоты в общении в нем была заложена на генетическом уровне.

В. Г. Щербинский

ИСТОРИЯ МЕТОДА

Жизнь быстротечна, и нынешнее поколение дефектоскопистов плохо представляет историю развития неразрушающих методов. Поэтому я и хочу вспомнить обстоятельства, которые способствовали признанию за ультразвуковой дефектоскопией сварных соединений статуса самостоятельного (браковочного), сдаточного полноценного метода с соответствующим его полным признанием надзорными органами и конструкторами ответственного оборудования. А метод является самостоятельным, сдаточным, если он обеспечивает полный технологический цикл контроля, включая оценку качества без привлечения дополнительных методов и экспертных оценок. Роль Игоря Николаевича Ермолова, как будет очевидно далее, тут очень велика.

С момента изобретения ультразвукового метода контроля членом-корреспондентом Академии наук СССР С. Я. Соколовым ультразвуковая дефектоскопия стала общепризнанным ведущим методом контроля поковок и проката. Это произошло потому, что конкурирующих методов выявления внутренних дефектов в деформированных металлах не существовало, да и до сих пор не существует. Действительно, радиационный контроль не способен обнаруживать сильно сжатые дефекты таких заготовок. Да и экономически он нецелесообразен.

Другое дело сварные швы. Здесь успешно применялся радиационный контроль, несмотря на относительно плохую выявляемость трещин и, конечно, радиационную опасность.

В начале 50-х годов прошлого века даже в центральной прессе, в статье о блестящих возможностях ультразвука, можно было встретить фразу о том, что, конечно, ультразвуком никогда не удастся контролировать сварные соединения. Прорыв в этом вопросе произошел после создания под руководством А. С. Матвеева (ЦНИИТМАШ) наклонного призматического преобразователя, излучающего в металл только поперечные волны.

Н. В. Химченко (НИИХИММАШ) был первым, кто в 1955 году успешно проверил этим преобразователем сварные соединения нефтехимического оборудования в городе Ангарске. Затем ультразвуковой контроль сварных швов был широко освоен в мостостроении и спецстроительстве (А. К. Гурвич, А. С. Кукли, Л. И. Кузьмина, Г. А. Круг, В. А. Цечаль), судостроении (Л. М. Яблоник, В. А. Шукин, М. Е. Розина), энергетике (И. Н. Ермолов, А. С. Матвеев, М. Р. Губанова, В. П. Пушкин, А. З. Райхман, М. Ф. Краковяк, В. В. Рахманов, В. Д. Королев и др.). Вклад этих ученых в развитие ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений трудно переоценить.

Однако в начале 60-х годов сложилась любопытная ситуация. Метод УЗК сварных швов уже доказал свою эффективность во многих отраслях. Были отработаны вполне современные конструкции дефектоскопов и преобразователей; в Кишиневе был создан специализированный завод по выпуску дефектоскопов «Электроточприбор» и освоен серийный выпуск вполне приличных приборов типа УДМ-1 и «Рельс» на основе УЗД-7Н(э) ЦНИИТМАШ и УЗД НИИ мостов. Но масштабное внедрение нового метода контроля применительно к сварке тормозила, как сейчас говорят, его нелегитимность у надзорных органов (Госгортехнадзора, Госатомнадзора и др.) и у конструкторов из-за отсутствия научно обоснованных количественных требований по настройке чувствительности и норм оценки качества, обеспечивающих минимум ошибок первого и второго рода. Поэтому окончательная оценка качества проконтролированных ультразвуком стыков оставалась за радиографией.

В чем состояла трудность решения проблемы? Поскольку в прокате, прокате и т. п., как правило, имеется большой запас прочности, то в них достаточно находить довольно грубые дефекты, линейные размеры которых во много раз превышают длину волны. В сварных швах дело обстоит иначе. Ведь наиболее массовый сортамент швов имеет толщину стыкуемых элементов 6–40 мм. То есть линейные размеры шва вполне соизмеримы с шириной

пучка и, по крайней мере, только в несколько раз превышают длину волны. Запас на прочность в швах минимальный. Поэтому необходимо выявлять дефекты весьма малые.

При этом распознать тип дефекта, соизмеримый с длиной волны, затруднительно даже для современной акустической голографии. А по простой развертке на экране дефектоскопа отличить малую трещину от поры или шлака просто невозможно. В то же время ни один нормативный документ ни одной отрасли «на дух» не допускал в сварных стыках трещины. Вот поэтому приходилось контроль сварных швов проводить в два этапа. На первом этапе поиск дефектов осуществлялся с помощью УЗК, а на втором идентификация типа дефектов и оценка качества — радиографией. К тому же уровень контрольной чувствительности фактически никак не был связан с прочностными характеристиками шва, а определялся только возможностью уверенного выделения полезного сигнала на фоне структурных шумов и поэтому зачастую был неоправданно завышенным, что приводило к снижению эффективности контроля.

И. Н. Ермолов, А. К. Гурвич, А. С. Матвеев, Л. М. Яблоник, А. З. Райхман и другие ученые обоснованно считали, что браковочные нормы оценки качества должны быть составлены исключительно на «ультразвуковом языке». То есть опираться только на информацию, получаемую при УЗК без подключения каких-либо дополнительных методов НК. Таким образом, перед учеными в области ультразвукового контроля стояла задача, сравнимая по сложности с попыткой пройти по лезвию бритвы. Разработать нормы степени допустимости дефекта по эквивалентной площади без расшифровки его типа, то есть допуская, что этим дефектом может быть трещина.

В 1964 году, будучи уже два года аспирантом-заочником у И. Н. Ермолова, я перешел из НИКИМТ на работу в ЦНИИТМАШ. Естественно, прежнюю тему диссертационной работы пришлось сменить. Легко подавив мое слабое сопротивление («сложно!») доводами об актуальности, перспективности и, наконец, «диссертабельности»

темы, Матвеев и Ермолов уговорили меня за полтора года провести комплекс необходимых исследований.

Игорь Николаевич считал главной задачей найти корреляционные связи между истинными размерами реальных дефектов различного характера (морфологического типа) и информативными признаками, измеряемыми ультразвуковым дефектоскопом. Просмотренная в Библиотеке имени Ленина и ГПНТБ литература не дала никаких зацепок. На Западе также ничего не было.

Затратив довольно много сил и спирта (в то время это была валюта поэфффективнее нынешних «у. е.»), удалось создать специальный стенд, позволяющий при механизированном перемещении ПЭП по образцу на самописце Н-370 записывать параметры сигналов. С высоты уровня компьютерной техники сегодняшних дней удивляешься примитивности этого стенда. Но свою задачу он вполне решил. Отделом сварки ЦНИИТМАШ (С. Е. Синадский) было заварено несколько плит толщиной 90 мм с заложенными в швы реалистичными дефектами: трещинами, порами, непроварами и включениями. Кстати, оказалось, что сознательно заварить шов с дефектами значительно труднее, чем сделать брак в штатной продукции! Все образцы были прозвучены на стенде, разрезаны на поперечные (относительно оси шва) темплеты размером 90 × 36 × 200 мм, просвечены рентгеном в двух ортогональных направлениях, а затем подвергнуты различным механическим испытаниям в отделе прочности металлов (Д. М. Шур) для определения влияния дефектов на коэффициенты упругости и ударную вязкость.

В конечном итоге были получены многопараметровые корреляционные зависимости между ультразвуковыми информативными признаками и прочностными характеристиками шва, которые были обобщены в отчете ЦНИИТМАШ № 156–64–28 за июль 1965 года (научный руководитель работы — И. Н. Ермолов.)

Несколько дней мы сидели вдвоем и анализировали большой экспериментальный материал, стараясь не заблудиться в трех со-

снах, найти нужные критерии и выйти на нормы оценки качества. Консультации с прочнистами мало что дали. Они требовали «эллипс напряжений». А наши данные и расчетные возможности в то время все-таки не позволяли его реконструировать. Надо отдать должное смелости и решительности Игоря Николаевича. Он предложил в качестве главного критерия величину эквивалентной площади трещины, которая не снижала ни одну из вышеперечисленных прочностных характеристик металла по сравнению с бездефектным.

Специалисты по прочности и сварке сначала встретили в штыки предложенные критерии. Но в конце концов согласились с нашими доводами — очевидно, потому, что альтернативы не было. Это позволило предложить проект допустимых критериев качества (браковочных норм), выраженных только на «ультразвуковом языке» в виде эквивалентной площади, условных размеров и количества единичных (компактных) отражателей на единицу длины.

Но необходимо было легализовать эти нормы путем создания нормативного документа. По распоряжению Министерства тяжелого машиностроения и Министерства энергетики был создан авторский коллектив, представляющий энергетическое машиностроение (И. Н. Ермолов, В. Г. Щербинский), монтажные организации (В. П. Пушкин) и эксплуатационников тепловых электростанций (А. З. Райхман, Е. Ф. Засимов). Работа предстояла напряженная. Поэтому мы уединились в одном из тихих помещений института «Оргэнергострой» на Люсиновской улице. Целую неделю работали, споря до хрипоты, в режиме с девяти утра до примерно четырех часов дня. Когда становилось ясно, что мозги отказывают, скидывались по рублю, и еще совсем молодой Коля Каплан (ныне маститый дефектоскопист высшего уровня) бежал за водкой и колбасой. После принятия допинга снова работали часов до восьми.

Разработанный проект инструкции и нормы оценки качества решили обкатать в Ленинграде. Требовалось сформировать единое мнение всех специалистов по ультразвуковому контролю, чтобы перешагнуть через сложившиеся консервативные представле-

ния надзорных органов, да, пожалуй, и некоторых специалистов, и тем самым постулировать и унифицировать технологию контроля и оценку качества.

Что это необходимо было сделать, можно проиллюстрировать ярким примером. Хорошо помню шок, который испытала часть аудитории, когда на одной из организуемых А. К. Гурвичем ежегодных конференций в начале 60-х годов выступил представитель Одессы. Он, вопреки логике и здравому смыслу, обосновывал возможность контроля сварных швов только прямым ПЭП при сканировании по валику усиления (!). Причем их так называемая инструкция была согласована с местным Регистром. Такой контроль — классический легальный способ прикрытия брака.

Ленинградская школа (в лице ее представителей А. К. Гурвича и Л. М. Яблоника) к этому времени уже имела свои наработки и, соответственно, свой подход к оптимизации технологии контроля и норм оценки качества. Поэтому в первые часы совещания разгорелась жаркая, но по-настоящему научная и плодотворная дискуссия. Конечно, главные споры вызвало то, что в наших нормах по умолчанию допускались трещины с эквивалентным размером меньше установленного нами критического уровня. В результате бурной двухдневной дискуссии позиции сторон притерлись, и наши основные предложения были приняты.

Жизнь подтвердила правильность принятых решений. Разработанная нашим авторским коллективом «Инструкция по ультразвуковому контролю качества сварных соединений трубопроводов, коллекторов и барабанов котлов тепловых электростанций МВУ-5–66» (М.: Оргэнергострой, 1966) впервые в мировой практике содержала нормы оценки качества сварных швов трубопроводов и коллекторов с толщиной стенки свыше 15 мм на «ультразвуковом языке», то есть предусматривала браковку только по информативным признакам, измеряемым при УЗК. Инструкция была утверждена министерствами, согласована с Госгортехнадзором и начала успешно работать

на советских тепловых электростанциях. Вскоре подобные нормы были введены в судостроении, на железнодорожном транспорте, в химическом и атомном машиностроении, словом, «далее везде». На Западе подобные нормы оценки качества на «ультразвуковом языке» появились на много лет позднее.

На примере этой работы проявились еще два важных качества Игоря Николаевича Ермолова. Во-первых, разумная осторожность: он не хотел сразу публиковать статью по результатам работы. Во-вторых, скромность. Спустя много лет он решил в разделе «Дефектоскопические истории» описать эти события и попросил это сделать меня. Я написал, он внимательно прочитал, подправил и, несмотря на мой протест, вычеркнул себя из соавторов...

В. Т. Власов

ОБРАЗЕЦ УЧЕНОГО

Большое, как известно, видится на расстоянии. Вглядываясь в далекое прошлое, на многое мы начинаем смотреть по-другому, многое начинаем понимать и переоценивать. Вот и те два эпизода из моей жизни, о которых я хочу рассказать здесь, были мной переосмыслены уже спустя годы.

Судьба свела меня с Игорем Николаевичем в мае 1966 года, когда я поступал в аспирантуру ЦИИТМАШ по специализации «Приборы экспериментальной физики». За таким всеобъемлющим и модным в то время названием, как оказалось, стояла «всего лишь» дефектоскопия.

В те годы о том, что такое ультразвуковая дефектоскопия, можно было узнать, пожалуй, только из книг В.Я. Соколова и Д.С. Шрайбера и специализированных журналов. А ведь это был период бурного развития страны: первые полеты в космос, первые промышленные атомные электростанции, трансматериковые нефте- и газопроводы и многое другое, небывалых масштабов и мощностей. Вся эта новая техника должна была обладать не только высокой производитель-

ностью, но и высочайшей надежностью. Одним из необходимых условий обеспечения надежности сооружаемых объектов, конечно же, является качество и надежность используемых строительных и конструкционных материалов. А первым критерием надежности материала — отсутствие дефектов: несплошностей или аномальных включений, снижающих его прочность. Как видим, дефектоскопия оказалась «на гребне волны», что и обусловило интенсивное развитие и превращение ультразвуковой дефектоскопии — наиболее оперативного и низкочувствительного неразрушающего метода диагностики — в раздел прикладной науки.

За спиной у меня были радиотехнический факультет МЭИ, дающий очень серьезные знания в области высшей математики, теории электромагнитных полей, электроники и приборостроения, и два года работы на кафедре радиолокации МЭИ. Надо сказать, что радиолокация в то время, благодаря работам А. А. Харкевича, Ю. Б. Кобзева, А. Ф. Богомолова, А. Е. Башаринова и других, уже успела решить ряд важнейших проблем, связанных с обнаружением и распознаванием объектов на фоне помех.

Именно эти проблемы и возникли в набирающей силу ультразвуковой дефектоскопии. Одна из них — обнаружение дефектов в крупнозернистых материалах — и оказалась моей темой. И вот здесь Игорь Николаевич, в то время уже ведущий специалист в области ультразвуковой дефектоскопии, проявил одно из ценнейших качеств, которым должен обладать научный руководитель. Он не навязывал свои идеи (которых у него было немало и которые ему надо было проверить для своей докторской диссертации). Он давал «контролируемую свободу»: иди своим путем, но я буду отслеживать твой маршрут, не давая тебе заблудиться, помогая, где это будет необходимо.

Первую серьезную «корректировку» моего самостоятельного пути я воспринял весьма болезненно. Имея очень неплохую подготовку в области высшей математики и статистической радиотехники, хорошо ориентируясь в методах подавления помех, я вывел свое

уравнение акустического тракта в крупнозернистой статистически однородной среде с локальным отражателем, позволившее разработать два способа значительного повышения отношения «сигнал/помеха». Как я и ожидал, Ермолов меня похвалил — действительно, было за что. Однако потом (чего я никак не мог ожидать) сказал: «Зачем нужно новое уравнение акустического тракта? Не стоит заниматься этим!» Конечно, в то время я расценил это как «зажим молодого специалиста». Более того, он стал загружать меня практической дефектоскопией и подключать к «бумажным» работам. Правда, все объекты, на которые меня посылал Игорь Николаевич, были уникальными: первый в мире сварно-кованый ротор, первый в СССР сверхмощный пресс, новая конструкция лопастей гидротурбины для Капчагайской ГЭС (Алма-Ата). А одной из «скучных бумажных работ» была разработка норм разбраковки дефектов на основе изучения вида, места расположения и размеров реальных несплошностей в стенках котла Грозненской ГРЭС, отработавшего более двадцати пяти лет без ремонта.

Лишь спустя много лет я понял и по-настоящему оценил мудрость так не понравившейся мне по молодости корректировки: Ермолов увидел, что без практического опыта я не смогу развиваться дальше, что мне необходим фундамент — глубокое понимание реальности явлений и процессов, происходящих в тех объектах, которые мы считаем просто «железками».

Второй эпизод, в котором проявились замечательные человеческие качества Игоря Николаевича, относится уже к периоду начала горбачевской перестройки. На фоне разваливающегося Советского Союза научно-практическая школа ультразвуковой дефектоскопии, созданная за прошедшие годы Ермоловым и его ближайшими единомышленниками, успешно развивалась, выводя отечественную дефектоскопию на передовые позиции мирового уровня. При этом И. Н. Ермолов, став авторитетнейшим ученым, настоящим классиком ультразвуковой дефектоскопии, сохранил чуткое, внимательное

отношение к рядовым специалистам, работающим в области дефектоскопии (весьма редкое в настоящее время качество). Во всех технических и научных вопросах и предложениях, с которыми к нему приходили специалисты самого разного уровня, он всегда разбирался сам, пытаясь найти и показать то новое, что не всегда было заметно при поверхностном подходе.

К тому времени, накопив за двадцать лет исследовательской и практической работы опыт дефектоскопии различных уникальных технических объектов (изотермические и сферические резервуары большой емкости, стержневые конструкции, магистральные продуктопроводы (внутритрубная диагностика), болтовые соединения и др.), я подготовил несколько интересных и полезных технических решений, новизна которых подтверждалась восемнадцатью авторскими свидетельствами СССР. Одно из них — ультразвуковой автоматизированный дефектоскоп для контроля сварных соединений изотермических резервуаров во всех пространственных положениях — я представил Игорю Николаевичу как предполагаемую тему диссертации. В этой работе было сразу несколько новых оригинальных решений, защищенных восемью авторскими свидетельствами СССР: эффективное подавление помех от усиления сварного шва, увеличение чувствительности к подповерхностным дефектам, контроль стабильности акустического контакта, настройка чувствительности контроля в динамическом режиме, автоматическое слежение за положением сварного шва и другие технические решения (двигатель, система подачи контактной жидкости). Более того, в 1986 году Кишиневское ПО «Волна» выпустило опытную партию из пяти дефектоскопов УДС2–93(2.3), реализующих новые научно-технические решения (в 1987 году на ВДНХ СССР эта разработка получила две серебряные и четыре бронзовые медали). Дефектоскоп успешно прошел производственные испытания на Новокузнецком заводе резервуарных металлоконструкций, откуда и началось его внедрение в промышленность (замечу, что

закончилось внедрение вместе с началом развала СССР). Ну разве плохой «набор» для диссертации?

И опять, как и двадцать лет назад, ситуация повторилась — высоко оценив представленную работу, Ермолов сказал: «Все это, конечно, очень хорошо, но я не вижу здесь научной новизны! А ведь она безусловно есть. Надо уметь не только использовать ее, не только показать, но и строго доказать».

Так Игорь Николаевич привел меня к пониманию, что такое настоящая наука: строгое теоретическое обоснование объективных закономерностей, выявленных глубоким анализом необходимого и достаточного количества результатов практических наблюдений и экспериментальных исследований. Как видим, наука должна иметь «голову» — четкое представление цели; стоять на двух «ногах» — а это практические результаты и теоретическая база; иметь две «руки» — анализ результатов и синтез решения. При всем при этом «душой» науки должна быть честность — добросовестность и точность исследований. А чтобы все это «ожило» и заработало, стало настоящей наукой, надо иметь огромное терпение и трудолюбие. Этими-то качествами и обладал сам Игорь Николаевич, стараясь привить их всем, кто с ним работал.

В. Г. Щербинский

«КОЗЕЛ», ФУТБОЛ И ПРЕФЕРАНС

В выходные на даче, в доме отдыха, во время поездок — всегда Игорь Николаевич Ермолов выкраивал время, чтобы поработать над той или иной научной проблемой. Помню, в 80-х годах ему успешно сделали операцию. Через несколько дней я его навестил. Поболтали о том о сем, и, поскольку у меня тоже предполагалось хирургическое вмешательство, я поинтересовался, как он психологически настраивался непосредственно в день операции. Он ответил: «Просто работал».

Но было бы ошибочно представлять его зацикленным исключительно на работе трудоголиком. Игорь Николаевич замечательно умел разнообразить свой досуг.

Я не знаю ни одной другой семьи, кроме Ермоловых, где бы все ее члены играли во все известные и многие редкие игры. Это и шахматы, и шашки, и преферанс, и домино, и нарды, и лото, и многое другое. Игорь Николаевич во всех играх любил быть первым, был очень азартен, но скрывал это за кажущейся флегматичностью.

До 1964 года наш отдел занимал отдельное здание в Рахмановском переулке вблизи Таганки. Полная режимная автономия! Процветало вечернее домино. Старожилы рассказывали, что «козлисты» (с участием Игоря Николаевича) сидели допоздна, пока звонок Майи Ивановны не выгонял их домой. Когда отдел переехал в основное здание, «козел» сменился шахматным блицем. С тем же азартом и без контроля времени (не шахматного, конечно)! Но потом Игорь Николаевич стал читать лекции и время блицу уделял только в обеденный перерыв.

Много лет подряд вместе с Игорем Николаевичем мы ездили зимой в подмосковные дома отдыха. Мы (Н. П. Алешин, А. Х. Вopilкин, В. И. Иванов) часто и с удовольствием вспоминаем дом отдыха в Ивантеевке, когда из-за ранней весны, вместо того чтобы кататься на лыжах, нам пришлось играть в футбол — в хоккейной коробке, по щиколотку в воде вперемешку с тающим снегом!

Сколько было смеха, шуток, озорных выкриков (в печатной и непечатной формах), когда с головы до ног одинаково мокрые профессор и его ученики (будущие доктора наук!) скользили несколько метров на пузе или сталкивались друг с другом, так что кости трещали... Особенно громкие звуки раздавались при столкновении двух тяжеловесов — Игоря Николаевича и Николая Павловича Алешина, который обладал, как мы шутили, «большой сосредоточенной массой». А. Х. Вopilкин запомнил прозвище, которое походя дал Николаю Павловичу Игорь Николаевич. Алешин стоял на воротах,

а Ермолов был нападающим, и ему никак не удавалось обойти вратаря и забить гол. В одну из таких попыток он врезался в Алешина, отскочил от него, как от бетонной стены, и грохнулся в лужу. «Ну, чугунная плита!» — поднимаясь, весь мокрый, сказал он, и с тех пор это прозвище надолго закрепилось за Алешиным.

Еще об азарте Игоря Николаевича. Во время двухдневного совещания в Минчермете, которое проходило в Днепропетровске, вечером в гостинице после ресторана схлестнулись в шахматном блице Игорь Николаевич и профессор А.Л. Дорофеев из ВИАМа (крупнейший специалист по электромагнитным методам контроля). Априори было известно, что последний играет лучше. Но тем не менее Игорь Николаевич решил играть на спор, а побежденный должен был придти на следующий день на совещание... в трусах! Оцениваете риск и степень азарта (конечно, подогретого!) Игоря Николаевича? К всеобщему изумлению, он выиграл пари! Как же вышел из положения проигравший? Утром с трибуны он понес какую-то чушь, да такую, что председательствующий его прервал — посадил на место и гневно заявил, что сообщит начальству о несерьезном отношении А.Л. Дорофеева к делу и о его некомпетенции.

Оба спорщика согласились, что такое выступление равноценно отсутствию брюк!

...Советское время. Четыре преферансиста из ЦНИИТМАШ (один доктор и три кандидата технических наук) поехали на Ижорский завод по какому-то, в общем, второстепенному вопросу. Молодые, обстановка сказочная: «Стрела», отдельное купе, и никто не мешает. Скатерть со стола сняли. В четверть первого ночи сели расписывать пулю. «Сочинка». Около двух часов ночи закончили, но проигравший потребовал отыгрыша, Игорь Николаевич как старший не возражал. Около пяти утра легли. В семь тридцать подъем. На завод приехали квелые. Кое-как с кем-то поговорили и пошли в гостиницу спать. Не тут-то было. Опять сели «писать». Потом играли в поезде чуть ли не до Москвы. Какие у нас были физиономии по приезде — догадать-

ся нетрудно. Дома у всех был допрос с пристрастием. Как признался Игорь Николаевич, у него тоже...

В. Т. Щербинский

НАРУШЕНИЕ ИНСТРУКЦИИ

Игорь Николаевич был очень веселым и компанейским человеком. Он располагал к себе самых разных людей. К нему часто приходили сотрудники со всего отдела «поплакать в жилетку». У каждого из нас периодически возникали проблемы, и хотелось получить мудрый совет. Вот и у меня в семье как-то сложилась конфликтная ситуация. Наполовину в шутку, наполовину всерьез, Ермолов дал мне тогда совет, который я запомнил на всю жизнь: «Если ты видишь, что жена неправа, — немедленно извинись!» И когда я пользовался этим советом, всегда срабатывало!

Обаяние Игоря Николаевича действовало и на совсем незнакомых людей (которым через короткое время начинало казаться, что Ермолов — свой в доску). Вот случай из далекого советского прошлого. Мы едем в командировку в ГДР. На дворе 1968 год. Трудно сейчас представить, какими строгостями тогда сопровождалось обстоятельство поездки даже в дружественную социалистическую страну! Перед выездом — строжайший инструктаж: с посторонними не общаться, не разговаривать, не пить, не бывать, не посещать, в одном купе не ездить, рядом в самолете не сидеть и т. д. и т. п.

И вот мы в красивейшем городе Халле. Официальная, довольно напряженная, программа в тамошнем Институте сварки на сегодня окончена. Естественно, устроили шопинг — ведь дома все ждут подарков! Устали, жарко, хочется холодного пива. Зашли в гаштет (бар). Он полон. Нашли столик, где сидел только один немец. Спросили разрешения, сели, заказали, приносят, пьем. А немец с одной рукой. И тут Игорь Николаевич его спрашивает, указывая на пустой рукав: «Восточный фронт?» А у нас только что на лбу не написано, что мы

русские: и одеты не так, да и говорим друг с другом не по-французски. Я замер от ужаса. Как отнесется к такому нетактичному вопросу немец? Вдруг обидится, будет скандал, полиция — в общем, грядущие неприятности живо нарисовались передо мной в какие-то секунды. И вдруг немец, улыбаясь во весь рот, говорит: «Да!» И рассказывает про фронт, ранение и советский плен. Эмоциональная беседа на дикой смеси немецкого с русским продолжалась в течение нескольких кружек. Расстались друзьями, причем немец рвался за нас заплатить! Потом, анализируя ситуацию, я понял, что в вопросе Игоря Николаевича он интуитивно ощутил не издевку победителя над побежденным, не простое любопытство, а сочувствие человека с большой душой.

В. Т. Бобров

ТОВАРИЩ И ДРУГ

Жил в И. Н. Ермолове неиссякаемый дух коллективизма, товарищества и доброго отношения к коллегам независимо от возрастных и прочих различий. Конечно, общаться с Игорем Николаевичем мне, жителю Кишинева, в неформальной обстановке приходилось редко, но, как-то случайно будучи в Москве, я уже после защиты кандидатской диссертации, позвонил ему и тут же получил приглашение на ужин по случаю дня рождения. Так я познакомился с Майей Ивановной и с их дружной семьей. Оказалось, мы оба родом из Алтайского края, я даже некоторое время жил в Славгороде, где родилась Майя Ивановна, а потом учился в Новосибирске, где она также долго жила. В общении с этой семьей каждый чувствовал себя непринужденно, и каждому казалось, что он давно знаком с этими людьми.

Об одном примере такого отношения я хотел бы рассказать. В начале ноября 1978 года в Дрездене, тогда еще в ГДР, проходил III Международный симпозиум «Ультразвуковой контроль материалов» (III Internationales Symposium Ultraschall-Materialprüfung).

Советскую делегацию формировало Всесоюзное научно-техническое общество «Приборпром». В связи с ограниченными возможностями общества было решено командировать делегацию из трех представителей, а всем желающим предложили поехать по линии научного туризма (то есть с докладами, но за свой счет). В числе «счастливиц» оказались Игорь Николаевич Ермолов, Игорь Яковлевич Шевченко (ИЭС им. Е. О. Патона, Киев, УССР) и я, Владимир Тимофеевич Бобров (ВНИИНК, Кишинев, МССР). Все мы, и командированные, и «научные туристы», выступали с докладами, активно участвовали в дискуссиях, а по вечерам — в культурной программе.

В один из дней немецкие друзья пригласили членов делегации на товарищеский ужин в старинный охотничий замок за городом. Игорь Николаевич сразу уточнил, идет ли речь обо всей нашей команде или только о командированных, и когда услышал, что приглашены лишь мы трое, категорически отказался ехать, а мы с И. Я. Шевченко поддержали его решение.

Немцы взяли «тайм-аут». Близилось время отъезда, а решения о составе участников ужина все не было. Тогда Игорь Николаевич дал команду всем советским участникам симпозиума ожидать у входа в гостиницу, от которой должны были отправляться автобусы. А нужно сказать, что часть группы туристов жила в отдаленном районе города. Буквально за пять минут до отъезда руководители немецкой стороны дали «добро» на поездку всей советской группы. Вот тут-то и пригодились наши «запасы» — водка «Столичная», вывоз которой был ограничен двумя пол-литровыми бутылками на русскую душу. Все, что было у нас с собой, погрузили в автобус и отправились. И, конечно же, кульминацией ужина стал момент, когда Игорь Николаевич громко объявил: «А сейчас я предлагаю наполнить бокалы нашей „Столичной“», — что и было сделано под одобрительный шум и аплодисменты большого зала. Тосты за нерушимую дружбу и неразрушающий контроль, пожелания успехов

звучали на русском и немецком языках. В общем, великолепный был вечер! Замок превосходно сохранился, старинные охотничьи атрибуты и трофеи украшали стены, подаваемые блюда существенно отличались от привычных общепитовских.

А наутро группа «туристов», уже на зависть нам, троим командированным, уезжала в поездку по ГДР. Мы должны были отправляться домой. Каждый отъезжавший посчитал необходимым вернуть часть сохраненной водки, и, как мы ни отбивались, в нашем номере оказалось этих «запасов» больше, чем было накануне. В связи с совпадением последнего дня работы симпозиума с пятницей все наши практичные коллеги-немцы как растворились, и остались мы втроем на два дня в Дрездене со своим неожиданно обретенным «богатством», так как самолеты тогда не летали ежедневно, а билеты были приобретены заранее. Конечно, мы побывали в знаменитой Дрезденской картинной галерее, погуляли по одному из красивейших городов Германии, подивились на следы варварских, ничем не оправданных американских бомбардировок. Вечера были посвящены дружеским посиделкам. В разговорах досталось и не очень гостеприимным хозяевам симпозиума, грубо нарушившим баланс во взаимоотношениях. «Ведь когда они приезжают, я не считаюсь со временем, провожу с ними и вечера, и выходные дни», — помнится, возмущался Игорь Николаевич. Да, по нашим обычаям, долг платежом красен...

Свой восьмидесятилетний юбилей Игорь Николаевич встретил в кругу своей семьи, друзей и коллег. С поздравлениями выступили многолетние соратники — академик В. В. Клюев, доктор технических наук Ю. В. Ланге, ученики-ЦНИИТМАШевцы, было много стихов — посвящений юбиляру. А потом вдруг мы узнаем, что Игорь Николаевич в больнице. Я навестил его после тяжелой операции, мы долго беседовали. Казалось, Игорю Николаевичу хотелось выговориться, речь шла о людях, с которыми ему приходилось общаться. И вдруг он обратился ко мне как к близкому человеку — с просьбой почесать

ему ногу. Нога была холодная, я помассировал ее, погладил так, как сделал бы это отцу. Мы попрощались, я обещал навещать его. Увы...

М. И. Ермолова

ЗА РУБЕЖОМ

Игорь Николаевич много ездил в заграничные командировки — на международные конференции по дефектоскопии, в фирмы, где научные разработки применялись на практике. Первая длительная (почти месяц!) поездка была в Чехословакию. Там Игорь познакомился с известными чешскими дефектоскопистами — панами Образом, Слонеком и др. С паном Образом он сотрудничал и дружил многие годы.

На первую для Игоря международную конференцию по дефектоскопии в Нидерланды его послали под видом туриста (в предыдущей главе поясняется, что это значит — за свой счет!). Это была группа профессоров из вузов и с предприятий, пятнадцать-восемнадцать человек. Игорь был тогда кандидатом технических наук. Он рассказывал, что, несмотря на «туристический» статус, они участвовали в заседаниях как официальные делегаты конференции. Впоследствии он ездил на международные конференции от ЦНИИТМАШ как участник. Бывал в командировках во Франции, Германии (ГДР), Бельгии, Великобритании, США, Австралии, Финляндии, Польше, Италии и Болгарии. (С дефектоскопистами Болгарии, например господином Миховски, установились дружеские отношения. Некоторые из болгарских специалистов впоследствии были аспирантами Игоря.)

Надо заметить, что зарубежные поездки в советское время были доступны весьма ограниченному числу людей. Сегодня можно выбрать практически любую страну на карте, при желании и финансовых возможностях хоть весь мир объехать! А тогда считалось, если человек «выездной», ездит в командировки, значит, везунчик:

увидит, как живут люди за кордоном, и, конечно, привезет домой что-нибудь редкое и дефицитное. Но для этого «счастливым» приходилось ох как выкручиваться! За границей советские люди жили в режиме строжайшей экономии, чтобы из скудных командировочных выкроить что-то на подарки.

Однажды Игорь поехал в Лондон как руководитель небольшой делегации. Денег, как всегда, дали всем очень мало. И неожиданно принимающая фирма взяла на себя все расходы делегации. Казалось бы, хорошо, но на поверку это означало, что деньги, полученные на командировку, придется возвращать. Игорь велел всем беречь командировочные, чтобы не влипнуть в историю с растратой валюты. Каждому члену делегации можно было потратить всего по пятнадцать фунтов стерлингов. Игорь на эту сумму купил микрокалькулятор — у нас их еще не продавали.

Если заранее был составлен договор с принимающей фирмой, денег на командировку и вовсе не давали. Тогда все оплаты производил сопровождающий нашу делегацию представитель фирмы. Он оплачивал гостиницу, еду, даже платный туалет! Наша делегация просила выдать деньгами хотя бы стоимость последнего обеда в день отъезда — вот на эту мелочь и покупали подарки для семьи. В Австралии, например, Игорь приобрел мне простенькие часики на батарейке. Чтобы купить подешевле, пошел на рынок.

В последнюю командировку на международную конференцию в Италию Игорь ездил от НПЦ «ЭХО+». Времена были уже совсем другие, валюта свободно продавалась в нашей стране. Мы в то время всей семьей наскребали деньги на квартиру сыну Михаилу с семьей, лишних средств не было, однако тысячу долларов Игорю на командировку собрали. Он эту тысячу положил в задний карман брюк, и... деньги вытащили! Хотя всех наших гид предупреждал: «Прячьте деньги, по улицам ходят цыгане, лазят по карманам!» Игорь беспечно подумал, что переложит их в кошелек как-нибудь потом... Просить у коллег взаймы он стеснялся и стал изображать потерю аппетита.

А. Х. Вopilкин сообразил, что к чему, и дал ему триста долларов. На них Игорь и прожил командировочную неделю.

Непростой с финансовой стороны была командировка в Финляндию на сессию МАГАТЭ. Игорю выдали так мало валюты, что денег не хватило даже для оплаты гостиницы. Сессия проходила в маленьком городке, в котором была одна гостиница со стандартными номерами. В ней разместили все делегации. Ни у кого проблем с оплатой номера не было, а советскому профессору пришлось просить номер подешевле: на стандартный не хватало. У него не было денег даже на трамвай, чтобы съездить в Хельсинки вместе с другими делегациями! Вот таким, иного слова не подберешь, унижениям подвергались наши ученые в заграничных командировках. А ведь на той сессии Игорь сделал доклад от нашей страны (на английском языке), весь зал ему аплодировал!

Материалы конференций Игорь переводил, писал в журнал «Дефектоскопия» статьи о наиболее интересных исследованиях. Кстати, не раз оказывалось, что его фамилия хорошо известна незнакомым зарубежным коллегам. Так, на одном из форумов к Игорю подошел индус. Он прочитал табличку с указанием фамилии и страны на лацкане его пиджака и неожиданно стал низко кланяться! Игорь был очень смущен, но и польщен тоже.

М. И. Ермолова

НАШИ ПУТЕШЕСТВИЯ

В зарубежных командировках у Игоря времени на развлечения практически не оставалось. Однако довелось нам с ним и отдохнуть вместе за границей — в Израиле. Нас пригласил погостить коллега Игоря — Гарри Соломонович Пасси из фирмы «Сонотрон», уехавший в Израиль вслед за отцом Соломоном Пасси, работавшим ранее в Кишиневе в Институте дефектоскопии. Мы побывали в Иерусалиме, на Мертвом море. Там Игорь испугался: несмотря на предупреждение

гида, лег в воде на спину, а вода там настолько соленая и плотная, что он никак не мог опустить ноги на дно, чтобы перевернуться и выйти из воды. Хорошо, помогли другие купавшиеся — вытащили его. Нас восхитило то, как жители Израиля на голом песке строят красивые города, выращивают деревья, апельсиновые рощи, курстарники, подводя к каждому растению трубочки для полива. Отдых был великолепный!

А в молодости у нас были совсем другие путешествия — без всякого комфорта, зато с романтикой и множеством веселых приключений.

С 1962 года мы стали плавать на байдарках по малым речкам вместе с сослуживцем Игоря Константином Ромуальдовичем Цеханским и его женой Людмилой Захаровной. У них двое дочерей, Женя и Света, почти ровесницы нашим сыновьям Алеше и Мише. Первый поход мы совершили по реке Угре вчетвером. Игорь вспомнил свои занятия спортом и решил приобщить меня к нему. У Цеханских была байдарка «Салют». Мы взяли напрокат такую же. Помню, на борту у нее была надпись: «Отвали, Козлина!» Мы каждый день плыли, вечером приставали к берегу, ставили палатки, готовили еду...

На следующее лето мы опять поплыли по Угре в продолжение прежнего маршрута. На этот раз взяли с собой старших детей — Алешу и Женю. К нам присоединилось семейство преподавателей физкультуры Калининых с близнецами, сверстниками наших детей, и племянником — подростком лет пятнадцати. Вещи у этого семейства были упакованы в множество маленьких мешочков, чтобы их могли носить дети. У нас с Цеханскими, наоборот, — в больших тюках в расчете на мужскую рабочую силу. Когда сели ночью в поезд, все вещи свалили на полу между скамьями и заняли все купе. Туда еще ухитрился втиснуться какой-то мужичок с удочкой. На нашей остановке поезд стоял ровно минуту. Мы дружно покидали все вещи на землю и выскочили из вагона сами. Затем

наняли подводу и пошли на берег Угры. Там стали разбираться с вещами, собирать байдарки и готовить завтрак. И тут вдруг к нам приходит милиционер! Он сказал, что мы присвоили чужую сумку. Мы удивились, стали выяснять, какие вещи чьи. Бесхозной оказалась авоська с бутылкой водки и банкой тушенки. Видимо, тот мужичок приготовил выпивку и закуску под будущий улов. «Сами отдадите или пройдем в отделение?» — спрашивает милиционер. Разумеется, мы предпочли первый вариант и с радостью избавились от чужой авоськи.

Однажды вечером мы не нашли пляж для лагеря и забрались на высокий берег. Нам крупно повезло: ночью пошел сильный дождь и река вышла из берегов. Мы поставили у воды палочки с зарубками и наблюдали, как прибывала вода. Прибрежные кусты оказались на середине реки, плыть было опасно: можно было зацепиться днищем за ветку. Остались на берегу.

Это было в Смоленской области, разоренной войной. В начале 60-х, как мы убедились, эта местность все еще оставалась «голодным краем». Когда наши припасы стали подходить к концу, Игорь с детьми Алешей и Женей поплыл в ближнюю деревню. Дети были одеты в плащи и босиком — мы не взяли с собой в поход резиновые сапоги, а кеды моментально намокали. Холодно! Долго ходили по деревне, ничего купить не могли. Наконец зашли в одну избу. Хозяин, однорукий инвалид войны, пожалел ребят, предложил им остаться у него, забраться на полати русской печи. Ребята отказались. Мужчина отрезал нам полбуханки хлеба, Игорь отдался большой банкой тушенки. С этой добычей вернулись в лагерь. Но, как говорится, нет худа без добра: вокруг места нашей вынужденной стоянки росло множество отличных маслят, которые мы ели на завтрак, обед и ужин.

На этом берегу мы сидели неделю, пока паводок не прекратился, не дойдя нескольких сантиметров до наших палаток. Тогда мы снялись с лагеря и поплыли к месту, откуда можно было добраться

до железнодорожной станции. По дороге видели снесенный водой мост с утопленным трактором, которым крестьяне пытались удерживать этот мост. Небо нас проводило сильнейшей грозой, которую мы переждали на реке, ведь двигаться в грозу на воде не рекомендуется. Остановились на другом берегу, нашли грузовую машину и ночью сели в поезд на Москву. Какое это, оказывается, счастье: сидеть дома в тепле и сухости и наблюдать дождь за окном! В то лето «сорок дней, сорок ночей» шел дождь.

Эти трудности за год забылись, и вот — мы опять едем! На этот раз отправились на Украину, на речку Ворсклу. Она течет мимо гоголевской Диканьки, мимо Полтавы, других исторических мест. Ее название связывают с легендой. Будто бы Петр I, осматривая округу перед Полтавской битвой, уронил подзорную трубу в реку и воскликнул: «Вор стекла!» Вряд ли это так, но рассказ забавный. «Воровка стекла» — речка неглубокая, теплая, селения по берегам сытые, народ добрый. Одно плохо: летом Ворскла местами пересыхает. Мы и нарвались на такое место. Спросили местных жителей, пройдем ли дальше по реке, они ответили, что дальше «дуже погано». Мы решили все-таки пробиться к чистой воде и в конце концов «запоролись» в камыши.

В одном месте был поворот, мы с Игорем рванули весла и оказались в болоте: байдарка перевернулась. Цеханские от хохота тоже чуть не перевернулись. Я закричала Алеше, чтобы он держался за лодку, тот резонно ответил, что уже стоит на дне. Выбрались мы на ту кочку, из-за которой сделали оверкиль, сорвали с себя пивок и стали думать, что дальше делать. Был уже вечер, до ночи нам из болота не выбраться, пришлось там и заночевать. Так что мы очень хорошо прочувствовали, что означает украинское «дуже погано»!

Позднее мы побывали на месте Полтавской битвы. Там стоят два памятника — нашим воинам и шведским, в виде католического креста. Оба памятника ухожены, что нас порадовало.

Из Полтавы мы вернулись «домой», на стоянку. В воскресенье мимо нас шли местные жители, возвращавшиеся с рынка. Несколько женщин заинтересовались нашим бытом — палатками, готовкой еды. «Бедные, с детьми в палатках живут». Я им объясняла, что мы так живем в отпуске в свое удовольствие. Но они не поняли и предложили жить у них. В конце концов одна добрая женщина очень пожалела детей и сказала, что пришлет нам вареников с вишнями. И прислала их с дочкой — сверстницей наших старших детей. Мы были очень благодарны за такое королевское угощение и подарили большую банку тушенки (по традиции). Вареники были еще горячие и очень вкусные, их хватило на всех. Вот так душевно к нам относились на Украине.

На следующий год мы решили плыть по благословенной речке Ворскле дальше. При этом взяли с собой и младших детей. Купили маленькую байдарку «Колибри» и, с учетом наших прежних трехместных байдарок, нам хватало посадочных мест на восемь человек.

Принимая во внимание интересы детей, мы запланировали больше дней. Утром делали зарядку, днем ребята барахтались в теплой воде, плавали на матрасах, на байдарках, ловили рыбу, собирали ягоды, играли в бадминтон. Рыба ловилась плохо, и мужчины решили использовать сетку от бадминтона в качестве бредня. Привязали к ней топоры и стали таскать ее в узком месте реки. Ничего не поймали, чуть не утопили топоры. Мимо нас проплыл рыбак и бросил нам на берег три рыбины. Тем и поужинали.

Летом 1965-го и 1966-го отдыхали также на Украине, на водохранилище Ирпень. Первыми поехали Цеханские на машине, мы — следом на поезде. Цеханские должны были встречать нас на станции и везти на водохранилище. Приезжаем — никто нас не встречает. Стали искать наших друзей и нашли спящими поодаль в машине: так они устали.

На следующий год компания увеличилась. К нам присоединилась заведующая вибрационной лабораторией Римма Васильевна

Васильева с мужем Виктором Ильичом и дочкой Олей и их знакомые Бороновские. Мы плавали по водохранилищу в охотку, не утруждали себя длинными переходами, наслаждались природой. Там было водное поле прекрасных белых лилий. По вечерам устраивали костры с песнями, где всегда отличался Игорь. Особенно детям нравились его песни. А еще Игорь постоянно развлекал их пересказами детских книжек или с юмором рассказывал случаи из своей жизни.

Однажды мы наметили устроить большой костер. И тут объявились неожиданные соседи — на водохранилище приехало несколько семейств сотрудников ЦНИИТМАШ, знакомых с нашими мужьями. Расположились на берегу неподалеку от нас. Вновь прибывшие потихоньку сманили наших мужчин и напоили их водкой. Мы, жены, страшно разозлились: вот уже и вечер, часов одиннадцать, ребят пора укладывать спать, а мы вместо костра сидим с ними в лагере одни! Ох и возмущались мы, придумывая разные кары «неверным». В конце концов я послала Мишу за Игорем и остальными мужчинами. Как только те пришли, мы принялись их ругать. Одна из нас, которая больше всех возмущалась, успела только слово сказать, муж на нее цыкнул — и она ушла в машину. Другая жена очень долго переругивалась со своим мужем. Я тоже стала упрекать Игоря. А он, не отвечая мне, посадил около себя Мишу и стал что-то ему рассказывать, шептать на ушко. Миша смеется, Игорь на мои сварливые слова не реагирует — пришлось и мне замолчать. На том наш конфликт и закончился.

Постепенно наши дальние походы прекратились, остались воскресные выезды на подмосковные реки. Мы плавали по Оке около Серпухова, по Бисеровскому озеру, по Клязьме у Ногинска. Где, кстати, и попрощались с нашей маленькой байдарочкой «Коллибри». Дело было так. В реку Клязьму, видимо, спустили какую-то химию: вода в ней имела бирюзовый цвет и плохо пахла. Но мы все-таки поплыли. Вскоре Мише, который был с нами, стало плохо, и мы выбрались на берег. И что увидели? У байдарки растворился

слой серебристой краски на резине! В дальнейшем резина потрескалась, и байдарка вышла из строя. Эх, нынешнего замминистра по экологии господина Митволя не было на тот химкомбинат!

Интересными были наши с Игорем путешествия в качестве уже не «диких», а организованных туристов. И там не обходилось без казусов. Однажды мы ездили на туристическом поезде по пяти республикам — Украине, Азербайджану, Грузии, Армении и России. Мы с Игорем делили купе с другой семейной парой. И муж приревновал свою жену-красавицу к Игорю. Ревнивец разбушевался, я боялась, что он полезет драться, пришлось вызвать начальника поезда, чтобы его утихомирить. Тот снял с пальца обручальное кольцо, отдал его жене и ушел. Объявился только в Гаграх, а до этого мы ее опекали и спасали от навязчивых кавалеров.

В Азербайджане наш поезд атаковали молодые мужчины в нейлоновых рубашках. Они стремились выманить женщин из вагонов, обещая, что «хорошо будет». Так что даже в туалет приходилось ходить в сопровождении наших мужчин. Кстати, мы, поездные туристы, оценивали все города с точки зрения привокзальных и городских туалетов, так как во время стоянки поезда туалеты в нем были закрыты. Так вот, только в Ереване эти «удобства» были чистыми, как и весь этот красивейший город.

Другой круиз был на пароходе «Григорий Пирогов» — по Волге до Нижнего Новгорода с заходом в Каму и возвращением по Оке и Москве-реке. Мы вдоволь налюбовались на прекрасную природу России и на приволжские города и селенья. Города красивые, но неухоженные. В те времена вся Россия ездила в Москву за колбасой и другими продуктами и товарами. Только в Нижнем Новгороде в магазинах лежали тушки кур. В остальных местах полки магазинов были довольно пустыми. Трудно тогда жили люди...

Эту поездку мы целый год вспоминали, тем не менее, с удовольствием: весь тот год пили чай с душицей, собранной на одном из привалов в лесу.

А. Х. Воишкин

ВСЕ ЧЕТЫРЕ КОЛЕСА

Рассеянность большого ученого, его маленькие странности, общечеловеческие слабости и прочее в том же духе — притча во языцех, благодатная тема для любого беллетриста. Не знаю, был ли Игорь Николаевич Ермолов рассеян в быту, — на работе уж точно никогда! Но, сам любивший пошутить, становился и он предметом для шуток — в частности, в связи с его «четырёхколесной эпопеей». Какому мужику не хочется иметь большую железную игрушку?! Праздный вопрос...

В конце 60-х — начале 70-х годов у Игоря Николаевича появилась возможность приобрести машину. Купил он «Москвич-408», получил права — и поехал! По доброте душевной то одного, то другого сотрудника подбросит с работы... Это были приключения не для слабонервных! В. Г. Щербинский рассказывал: «Как-то он подвозил меня от ЦНИИТМАШ до Арбата. Игорь Николаевич за рулем, Майя Ивановна за штурмана. Подсказывает дорожные знаки, оповещает об огнях светофора. Всю дорогу немного нервный диалог... Едем по набережной Москвы-реки до бассейна «Москва» (теперь здесь, как и прежде, храм Христа Спасителя), повернули на подъём к Кропоткинской. Красный светофор, останавливаемся, и вдруг машина движется назад! Сзади дикие гудки. Майя Ивановна кричит: «Игорь, тормоз!» Игорь Николаевич суетится, но машина продолжает ехать. «Игорь, ручной!» Нащупывает ручной тормоз, наконец-то находит его, машина останавливается. Зажигается зелёный свет. Игорь Николаевич жмет на газ, машина дергается, но стоит. Опять гудки сзади. Наконец вспоминает о тормозе и отжимает ручник...»

Шутили, что вряд ли найдется желающий поехать с ним во второй раз... Тем не менее находились и такие (автор этих строк в том числе). Каждая поездка напоминала детективный роман. То Игорь Николаевич наедет на кирпич, одиноко лежащий на пустынной дороге (каждый камень на дороге — его!), то с трудом увернется

от троллейбуса при его преимущественном праве проезда, то, после нескольких неудачных попыток припарковаться к обочине, просит кого-нибудь сделать это за него. Словом, вождение было явно не его занятием. Что подтверждает неписанный закон: даже самые гениальные люди не все могут!

Однажды мы собрались поехать на машине Игоря Ивановича в МЭИ, на заседание ученого совета. Сели в машину, он ее завел, решил включить первую скорость, да с такой силой, что рычаг отломился и остался у него в руке! Оказывается, забыл выжать сцепление...

Ермоловские «болельщики» заключали пари. Спорили не о том, разобьет он машину или нет — это было очевидно! — а лишь о том, когда это случится!

Последней каплей, завершившей автомобильную эпопею Игоря Николаевича, было происшествие во время поездки с сыном Михаилом в отпуске на Украине. (К тому времени вместо «Москвича-408» появился уже 420-й.) Игорь Николаевич решил обогнать грузовик, который ехал со скоростью 40 км/час. Выехал на полосу встречного движения — оказалось, что та занята встречным транспортом, и от неожиданности так резко крутанул руль, что выскочил на обочину и перевернулся на крышу! Майя Ивановна вспоминала: «Миша поехал на попутке с байдаркой на водохранилище, а Игорь остался ремонтировать машину в ближайшем автосервисе. Пришлось заменить верх, оставив шасси. В результате машина из белой превратилась в желтую». Слава богу, никто не пострадал, но после этого Игорь Николаевич навсегда зарекся водить автомобиль. Хотя и с большим сожалением!

...В память мне врезался еще один случай, совсем не курьезный, но тоже связанный с поездками. Мы ехали в машине Игоря Николаевича вместе с его сыновьями, Алексеем и Михаилом. Почему-то зашел разговор о болезнях, старости, беспомощности. И вот он дает детям такой наказ: «Если я плохо кончу, если сойду с ума, я вам приказываю сделать так, чтобы я достойно ушел из жизни». Как мы

знаем, опасения его не оправдались, он прожил долгую и счастливую жизнь — его работоспособности, здравому уму и отличной памяти мог позавидовать любой.

В. Т. Бобров

РЯДОВОЙ — ГРОМКОЕ ЗВАНИЕ

Как-то в разговоре о И. Н. Ермолове профессор А. К. Гурвич вспомнил о том, что Игорь Николаевич жалел, что мало занимался общественной работой...

Да, по воспоминаниям многих его коллег и друзей складывалось впечатление, что он «уходил» от острых вопросов, не хотел отвлекаться от главного — научной работы. Думаю, что в этом просто проявлялась его человеческая скромность, нежелание набивать себе цену. В чем можно было бы с ним согласиться, так это в его категорическом неприятии стремления многих карабкаться к вершинам науки по административной лестнице. Его высоты были в глубине... И чем глубже он «зарывался» в науку, тем очевиднее было для него понимание того факта, что его место именно там, где необходимо решать конкретные, порой головоломные задачи...

И все-таки общественная работа сама находила ученого-коммуниста и ученого-общественника. Многие годы он был членом парткома ЦНИИТМАШ и членом Научного совета АН СССР «Физические методы неразрушающего контроля», членом секции «Контроль качества сварных соединений» Научного совета по проблеме «Новые процессы сварки и сварные конструкции» Государственного комитета по науке и технике СССР и членом, а затем и председателем диссертационного совета, членом правления РОНКТД, членом Экспертного совета ВАК, членом редколлегии журнала «Дефектоскопия» и многих других научных и общественных организаций... До последних дней он был активным членом Научного совета РАН по автоматизированным системам диагностики и измерений.

В этой работе Игорь Николаевич, как и всегда, не искал громких титулов, а был рядовым тружеником. Но слово «рядовой» он воспринимал как самое громкое звание и работал самоотверженно, не считаясь со временем. Неудивительно, что авторитет Ермолова даже в самых высоких научных и государственных инстанциях был непререкаем. Это был тот самый случай, когда все определяется не «авторитетом власти», а «властью авторитета».

Вспоминается период работы (1978–1979 годы) над подготовкой по инициативе академика Б. Е. Патона правительственного решения по развитию средств неразрушающего контроля качества сварных соединений. К участию в этой работе были привлечены многие министерства и ведомства, ведущие институты и предприятия. Важную роль при подготовке проекта играли общественные организации, и в их числе секция «Контроль качества сварных соединений» Научного совета по проблеме «Новые процессы сварки и сварные конструкции» Государственного комитета по науке и технике СССР, в составе которой, вместе с Н. П. Алешиным, И. Н. Ермоловым, А. К. Гурвичем, В. В. Клюевым, Б. И. Леоновым, В. А. Троицким, Н. В. Химченко и многими другими нашими ведущими учеными и специалистами, довелось работать и мне.

Коллегию ГКНТ СССР, посвященную рассмотрению проекта постановления, открыл его председатель, академик АН СССР В. А. Кириллин. Он, а затем академики Я. Б. Зельдович, Б. Е. Патон, Г. А. Николаев с глубоким пониманием проблемы охарактеризовали важность подготовленных предложений и высказались в их поддержку. Помню, из многих приглашенных на коллегию специалистов слово для выступления было предоставлено только И. Н. Ермолову. Нужно было видеть, с каким вниманием и уважением корифеи отечественной науки слушали Игоря Николаевича! В итоге было принято решение о поддержке предложений о принятии Постановления ГКНТ СССР о развитии исследований методов и создании средств неразрушающего контроля сварных соеди-

нений. Но это была только часть решения проблемы, поскольку впервые за многие годы было подготовлено правительственное решение, предусматривавшее, наряду с поручениями институтам и предприятиям на разработку методов и средств НК и ТД сварных соединений, выделение средств на исследования и, как сейчас говорят, на развитие инфраструктуры. Поскольку решение этих вопросов находилось в ведении Совета Министров СССР, были подготовлены предложения и 9 августа 1979 года принято Постановление СМ СССР № 757 «О расширении внедрения в сварочное производство современных методов и средств неразрушающего контроля качества сварных соединений». Этот «дуплет» из двух постановлений сыграл большую роль в развертывании исследований и разработок в интересах повышения качества и автоматизации неразрушающего контроля сварных соединений, расширения номенклатуры и увеличения объемов производства средств неразрушающего контроля качества сварных соединений.

Вот она, та общественная работа, которой якобы мало занимался Игорь Николаевич!

Л. В. Воронкова

ВСЕГО ОДИН ЗВОНОК

Если бы не участие Игоря Николаевича Ермолова, то моя судьба, моя работа — все, вероятно, сложилось бы несколько иначе.

В 1977 году, после окончания физического факультета Ростовского университета, мне предложили работу в НПО «Атомкотломаш», в лаборатории ультразвуковой дефектоскопии. Я с радостью согласилась. Однако меня как молодого специалиста и человека несемейного довольно часто стали гонять то на овощебазу, то в колхоз, так что собственно ультразвуковым контролем мне приходилось заниматься редко. Но литературу по этому вопросу я старалась читать при каждом удобном случае, журнал «Дефектоскопия» бра-

ла в библиотеке. Книги и статьи Игоря Николаевича Ермолова мне нравились больше других, и про себя я решила, что буду поступать к нему в аспирантуру.

Отработав положенные после распределения два года, я объявила, что хочу продолжить учебу. Заведующий нашим отделом, Борис Наумович Домашевский, был категорически против. «А кто работать будет? — строго спрашивал он. — Об аспирантуре забудь!» Но у меня были другие планы. И в один прекрасный летний день 1979 года, предварительно созвонившись с Игорем Николаевичем, ранним утром я вылетела в Москву. Билет на обратный рейс был куплен на вечер этого же дня. На работе я соврала, сказала, что иду на весь день в библиотеку.

При встрече с Игорем Николаевичем я показала ему свои статьи, рассказала, чем хотела бы заниматься. Он очень благожелательно все выслушал, задал мне несколько вопросов по предполагаемой работе и спросил, не в командировке ли я здесь нахожусь. Я ответила, что прилетела на один день за свой счет. Игорь Николаевич направил меня в отдел аспирантуры, где мне объяснили условия приема и определили сроки сдачи вступительных экзаменов. Вечером я улетела в Ростов.

На следующий день утром к нам в лабораторию влетел разъяренный Домашевский. «Где ты была вчера?!» — спросил он меня страшным голосом. Я честно ответила: «Летала в Москву». Борис Наумович немного помолчал и сказал: «Только что звонил Ермолов, просит оплатить тебе однодневную командировку в Москву и не препятствовать твоему поступлению в аспирантуру. Но в колхоз ты еще поедешь!» И уехали меня в колхоз на полтора месяца... Но это уже были мелочи жизни.

С собой я взяла необходимую литературу и по вечерам, когда все уходило гулять, спокойно готовилась к вступительным экзаменам. Конкурс в аспирантуру был шесть человек на место, но я поступила. Счастью не было предела! Правда, в общежитии аспирантов

ЦНИИТМАШ были только мужские места. Меня там прописали, а жила я у одной доброй женщины, у которой сняла угол. Но это уже другая история...

Почти тридцать лет назад это было, но благодарность Игорю Николаевичу живет во мне и сейчас. Всего один звонок помог мне изменить судьбу.

Л. В. Воронкова

СЛУЧАЙ В КОМАНДИРОВКЕ

Рассказал мне об этом сам Игорь Николаевич.

Дело было в 1970-х годах. Он возвращался из командировки на «Красный котельщик» вдвоем с Игорем Алексеевичем Вятсковым. Летели они самолетом из Таганрога в Москву, с пересадкой в Ростове-на-Дону. Всего на полчаса их высадили в аэропорту Ростова, но когда они вошли обратно в самолет, то обнаружили, что кошельков и часов у них нет...

В Москве, чтобы добраться из аэропорта до центра, самым дешевым транспортом тогда был автобус. Оба путешественника зашли в салон, сели и стали ждать, чем все это кончится. Салон заполнился пассажирами, вошла кондуктор и призвала всех покупать билеты.

Когда она подошла к ним, Игорь Алексеевич Вятсков сказал, что денег нет. «Нет? Тогда выходите, бесплатно не возим!» — закричала кондуктор. Повисла нехорошая пауза.

И тут Игорь Николаевич обратился к народу: «Товарищи! Я профессор Ермолов. Мы возвращаемся из командировки. Нас обокрали в Ростове-на-Дону. Помогите, кто сколько может. Вот на бумажках мой телефон — всем отдам долг». Он пошел по салону. Народ ему подавал, Игорь Николаевич раздавал бумажки с телефоном. Необходимая сумма набралась довольно быстро. Народ в то время был отзывчивый. И ни один человек ему не позвонил с просьбой отдать долг.

В этой истории меня восхитило то, как оперативно Игорь Николаевич нашел выход из нестандартной ситуации и сумел «сохранить лицо».

Н. П. Бирюкова

УЧЕНЫЙ И ДЖЕНТЛЬМЕН

Трудно вычлнить какую-то главную черту в человеке такого масштаба, как Игорь Николаевич Ермолов. Пожалуй, его доброжелательность, желание прийти на помощь, не оставить ни одного вопроса нерешенным — вот что привлекало в нем, что оставило у многих особое впечатление от этой многогранной личности.

Его неизменно теплое внимание к людям я ощутила и на себе. Около трех десятилетий назад я, специалист, достаточно известный в своей ракетно-космической области, с «элитой» неразрушающего контроля нашей страны имела немного личных контактов. Поэтому, оказавшись на приеме по поводу окончания крупной национальной конференции, скромно стояла в стороне, чувствуя себя неловко. Очевидно, Игорь Николаевич заметил это, подошел, представился и затем ненавязчиво «опекал» меня, постепенно перознакомив с другими ведущими специалистами. Настроение мое мгновенно изменилось, и с этого момента Игорь Николаевич стал для меня кумиром не только как ученый, но и как человек, мужчина, джентльмен.

В 1994 году, когда я стала возглавлять Орган по сертификации персонала «СертиНК», сразу обратилась к Игорю Николаевичу с предложением стать экзаменатором в нашем центре. Он согласился. Ермолов придавал большое значение обучению специалистов неразрушающего контроля, передаче им знаний и опыта. Поэтому, как бы ни был занят при своей многосторонней деятельности, он все же находил время, всегда приходил в центр на экзамены, на уст-

ное собеседование, которое, кстати, высоко ценил как эффективную часть квалификационного экзамена.

Игорь Николаевич очень внимательно относился к каждому экзаменуемому, разговаривал с ним на равных, как с коллегой, во время беседы не только спрашивал будущих специалистов, но старался разъяснить непонятные, в том числе и практические, вопросы. То есть, экзаменуя, обучал. Однако, принципиально относясь к оценке знаний дефектоскопистов, всегда делал снисхождение молодым девушкам! «Надежда Петровна, ну не могу же я ее обидеть, она подтянется»,— говорил он мне. Зато как были горды кандидаты на сертификацию, получив положительную оценку самого Ермолова!

По какому бы вопросу мы ни обратились к Игорю Николаевичу, даже если это не было связано с непосредственной его деятельностью, например об особенностях технологических европейских стандартов, уровней чувствительности, всегда получали полный исчерпывающий ответ. Сразу или через некоторое время, но ни одно обращение не оставалось без внимания.

Большое значение для подготовки дефектоскопистов имеет специально разработанный и выпущенный при непосредственном участии Игоря Николаевича «Учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации». Им пользуется и будет пользоваться не одно поколение дефектоскопистов, как и продолжать традиции, заложенные Игорем Николаевичем в направлении «Сертификация персонала неразрушающего контроля».

Хочу добавить еще вот что. Бесспорно, Игорь Николаевич — крупнейший ученый мирового значения. А одно из реальных подтверждений его признания за рубежом мы получили довольно неожиданно. Группа наших специалистов по направлению Госгортехнадзора России проходила курс подготовки и сертификации по требованиям системы EN-473 — Nordtest в Норвегии. Как выяснилось в ходе курса, консультации по ультразвуковому методу проводятся там по теории и формулам Ермолова!

Ю. В. Ланге

ТАЛАНТ, УМНОЖЕННЫЙ НА ТРУД

Предваряя свои воспоминания о профессоре Ермолове, должен пояснить, что многие годы мои контакты с Игорем Николаевичем не были связаны общей тематикой, имели эпизодический характер и проходили в рамках конференций, совещаний и работы над некоторыми документами.

Ермолов в 50-е годы начал работать в ЦНИИТМАШ, я же занимался ультразвуковым эхо-методом в ВИАМе с 1951 по 1957 год. Однако затем обстоятельства заставили меня перейти от эхо-метода к разработке низкочастотных акустических методов контроля многослойных конструкций, основанных на совершенно других принципах и использующих частоты более низкого диапазона. Мы нечасто встречались, тем не менее нас всегда связывали хорошие человеческие отношения. А наиболее тесно нас объединила в начале 2000-х годов совместная работа над третьим томом семитомного справочника «Неразрушающий контроль» под редакцией члена-корреспондента РАН В. В. Ключева. Но об этом чуть позже.

Я познакомился с Игорем Николаевичем в середине 50-х, вскоре после того как он вступил на свой знаменитый «акустический тракт», по которому неотступно следовал всю жизнь и который принес ему мировую известность. В своем публичном докладе в Московском доме научно-технической пропаганды о расчете эхосигналов от плоских отражателей Ермолов четко объяснил парадоксальный факт: почему амплитуда эхосигнала от бесконечной плоскости меньше, чем от отражателя достаточно большого диаметра. Уже из этого доклада мне стало ясно, что в нашей области науки и техники появился новый талантливый ученый с редким в то время блестящим образованием, который может внести значительный вклад в ультразвуковой контроль. Так оно и произошло.

Игорь Николаевич — автор и соавтор многих известных монографий, справочников, статей и учебных пособий. Однако, по-

жалуй, наиболее полно его работы представлены в упомянутом выше справочнике «Неразрушающий контроль» [42], где мне посчастливилось быть его соавтором. С самого начала работы у нас было общее понимание ее цели — показать состояние этого вида контроля в стране и в мире на рубеже XX и XXI веков. В отношении стиля изложения мы также оказались единомышленниками. Это облегчило совместную работу. Ведущая роль в ней, безусловно, принадлежала Игорю Николаевичу, которым написано более 75% материала. Он же предложил строгий и логичный план книги, которого мы неукоснительно придерживались.

Дискетами с написанным материалом, замечаниями и пожеланиями к нему мы обменивались на пути с работы на пересадочной станции метро. При этом на место встречи Игорь Николаевич никогда не опаздывал. Ко всем моим предложениям относился очень внимательно — он умел слушать собеседника. Как правило, замечания и предлагаемые поправки тут же принимались, споры случались крайне редко. У нас возникло лишь одно разногласие, касающееся классификации методов контроля. Тогда мне с трудом удалось убедить моего соавтора в целесообразности предлагаемого изменения, которое и вошло в справочник.

Меня удивляла огромная работоспособность Игоря Николаевича. Часто он звонил мне поздно вечером, когда я уже ложился спать. Раскрывая файлы на его дискетах, я обнаруживал, что они создавались и в шесть утра, и в час ночи. Возникало впечатление, что он все время работает. Потом, после нескольких звонков ранним вечером, оказалось, что он отдыхает как раз в это время. Недавно я узнал, что многие известные люди (например, Черчилль) тоже спали днем, и это был их нормальный режим. Сейчас наукой доказано, что даже кратковременный (15–30 минут) сон быстро снимает усталость и восстанавливает работоспособность. Не знаю, сознательно ли Игорь Николаевич использовал такой режим, но, по-видимому, он был ему очень удобен. Основной же фактор его работоспособности,

очевидно, все же другой. Это увлеченность своим делом, понимание его значимости и высокое чувство ответственности.

О характерной черте Ермолова — его доброжелательном отношении к людям — сказано уже немало. Могу добавить, что оно проявлялось и в таких, на первых взгляд, второстепенных вещах, как ссылки на работы коллег. Вместо распространенной в научной литературе формы «...в работе [7] показано...», то есть указании на то, что фамилия автора приведена в списке литературы, Игорь Николаевич в ссылке всегда уважительно упоминал фамилию и инициалы автора, например: «И. Б. Московенко и др. [423] сообщают...».

Одно время начальство и коллеги приставали ко мне с предложением написать докторскую диссертацию. Однако у меня было много интересной работы, и тратить время на создание толстого «кирпича» не хотелось. Тогда Игорь Николаевич взялся добиться согласия ВАК на мою защиту по совокупности работ в форме научного доклада... Тем не менее диссертацию писать пришлось: в ВАК ответили отказом, мотивируя это тем, что такая форма защиты распространяется только на крупных администраторов, а я к таковым не отношусь. А пресловутый «кирпич» я затем превратил в монографию. Таким образом, Игорь Николаевич косвенно способствовал появлению этого труда.

Как и многие талантливые люди, Ермолов создал новый жанр, причем литературный — «дефектоскопические истории», которые до сих пор публикуются в журнале «Дефектоскопия». В них он живым языком, с присущим ему юмором описывал забавные и поучительные случаи из своей практики. В дальнейшем в этом жанре подвизались и другие авторы. Однако с уходом Игоря Николаевича жанр как-то поблек.

Однажды я получил от Игоря Николаевича краткую заметку под названием «Как был открыт импедансный метод», где от моего имени была довольно правдоподобно описана история вопроса. В частности, вот что писал Ермолов в предложенном проекте статьи:

«Интересно, как отнеслись к появлению нового метода разные мои коллеги. Тогдашний мой руководитель Давид Соломонович Шрайбер, сам автор многих интересных изобретений, существо метода понял не сразу. Пришлось довольно долго ему объяснять и показывать. И. Н. Ермолов идею схватил сразу и... выступил против. „Ничего с этим не получится, — сказал он, — будет очень много мешающих факторов“. Ермолов сам об этом недавно мне напомнил. Потом он стал горячим сторонником метода».

Мне предлагалось внести необходимые коррективы и направить статью в журнал для рубрики «Дефектоскопические истории» под своим именем. Этого делать я не стал, так как считал саморекламой. По-видимому, я был неправ, поскольку это действительно интересный пример. Дело в том, что принцип импедансного метода сильно отличается от привычных для дефектоскопистов эхо- и теневого методов. И действительно, даже крупные специалисты поняли его не сразу.

Игорь Николаевич существенно помог нам с В. А. Воронковым в создании справочника по терминам и определениям. Здесь он не только был высшим арбитром, к которому мы обращались в сложных случаях, но и сделал ряд ценных замечаний по всему материалу.

К сожалению, основополагающие труды Ермолова, как, впрочем, и других отечественных специалистов, мало известны за рубежом. Думаю, что причина этого — недостаточные публикации наших соотечественников в иностранных изданиях. Хотя журнал «Дефектоскопия» и выходит в США в английском переводе, он, видимо, не пользуется популярностью, так как ссылки на него редки. Тем не менее работы Игоря Николаевича знают и на Западе. Помню, когда в 1982 году я встречал в аэропорту известного (к сожалению, ныне покойного) датского специалиста Б. Ларсена, первым его вопросом был: «Могу ли я познакомиться с профессором Ермоловым?» Датский коллега остался очень доволен, когда такое знакомство состоялось.

Игорь Николаевич и теперь, когда его уже нет, остается одним из крупнейших в мире специалистов в своей области, внесшим решающий вклад в осмысление физических принципов ультразвукового контроля, разработку средств, методик, ряда Государственных стандартов и подготовку специалистов всех уровней квалификации, от простых операторов до докторов наук.

Большой талант и выдающаяся работоспособность сочетались в Ермолове со спокойным характером и неистощимым оптимизмом. Мне никогда не приходилось видеть Игоря Николаевича возбужденным или раздраженным, хотя причин для этого хватало. Я не слышал от него жалоб на материальные и прочие трудности. Он сам находил выходы из затруднительных положений. В тяжелые для страны 90-е годы, когда понятие «профессорская зарплата» превратилось в свою противоположность, а сама сумма опустилась ниже прожиточного минимума, чтобы выжить, Игорю Николаевичу пришлось заняться своего рода «частным бизнесом» — написанием, изданием и продажей собственных книг. Первую из них — «Контроль ультразвуком. Краткий справочник» (1992) — он сам набрал и отпечатал на первом примитивном отечественном компьютере БК. С типографской точки зрения это издание оставляло желать лучшего. Однако главное — содержание и форма изложения материала — было превосходным и очень актуальным. Издание быстро раскупалось, причем приходилось выпускать дополнительные тиражи. Интересный момент: со слов Игоря Николаевича знаю, что цену справочника он назначал с учетом платежеспособности покупателя и своего отношения к нему.

В 2000 году, когда Игорь Николаевич уже работал в НПЦ «ЭХО+», вышло расширенное издание этого справочника под названием «Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии», соавторами которого были А. Х. Вopilкин и В. Г. Бадалян. Это издание было переведено на английский язык и выпущено небольшим тиражом для подарков иностранным коллегам. Вскоре, по словам Ермолова, он получил письмо из Канады с критическими замечаниями по поводу приведен-

ных в книге расчетов. В своем ответе он показал несостоятельность этой критики. В результате канадский оппонент закупил двадцать экземпляров, что принесло автору ощутимый доход.

Вторым изданием, созданным Игорем Николаевичем также в порядке «частного бизнеса», был написанный совместно с сыном Михаилом учебник «Ультразвуковой контроль» для специалистов первого и второго уровня квалификации — лучшее учебное пособие такого рода, полезное и практическим работникам.

Великая честь называться другом такого человека! А врагов у него и не было. В отличие от некоторых людей, начинающих «бронзоветь» после достижения определенного общественного положения, Игорь Ермолов был простым и доступным человеком, лишенным всякого зазнайства. Таким он и остался в памяти всех знавших, а значит, уважавших и любивших его людей.

А. Х. Вошлкин

ФИЗИКА И ЛИРИКА

Игорь Николаевич пользовался потрясающей популярностью среди коллег — и как ученый, и как личность, и в нашей стране, и за рубежом. Волшебной чертой его характера было умение без всяких усилий привлекать к себе людей. Его не только уважали — искренне любили даже те, кто не мог похвастаться близкой дружбой с Ермоловым. (Собственно, в жизни любого, даже самого обаятельного и общительного, человека близких друзей не сотни и даже не десятки...)

Особенно наглядно популярность Ермолова проявлялась в дни его юбилеев. О своем восьмидесятилетию он написал сам. Из этих записок видно, как дорого было ему внимание и признание коллег.

Помню его шестидесятилетний юбилей, который отмечался в ЦНИИТМАШ в 1987 году. Собралось около двухсот человек, одних поздравительных адресов было более шестидесяти! Особенно

хочу отметить семидесятипятилетие Игоря Николаевича. Эту дату отмечали в 2002 году уже в НПЦ «ЭХО+».

Наш коллектив с большим вдохновением готовился к этому празднику: была организована выставка разработок «ЭХО+», с которыми имели возможность ознакомиться все гости, выпущена стенгазета с наиболее яркими страницами жизни Игоря Николаевича. Особенно понравилась и юбиляру, и гостям художественная программа (сценки, стихи, песни, танцы). Учеником И. Н. Ермолова и моим другом Владимиром Абрамовым была написана «кантата», которая с большим успехом была нами исполнена под аккомпанемент баяниста, заслуженного артиста России П. Д. Щенникова.

Игорь Николаевич и сам любил спеть под гитару, иногда сочинить стихотворный и даже музыкальный экспромт, так что по отношению к нему модное когда-то, в 60-е годы прошлого века, противопоставление «физиков» и «лириков» абсолютно бессмысленно. Надо ли говорить, что Игорь Николаевич был тронут нашим бесхитростным сочинением! Вспоминая сейчас его радостную улыбку, не могу удержаться, чтобы не привести хотя бы часть этого самодельного произведения. Итак: Торжественная юбилейная музыкально-поэтическая кантата для хора и солистов-вокалистов «Князь Игорь». В шести частях ля мажор. Исполнена впервые в 2002 году.

В отрывках из юмористической «кантаты» читатель, надеюсь, почувствует нашу любовь и уважение к Игорю Николаевичу.

С институтского порога,
Недалек вояж,
Упирается дорога
Прямо в ЦНИИТМАШ.

Там, за стенами заборов,
Без каких примет,
Скрыт от посторонних взоров
Университет.

Где пыливость есть и смелость,
Где есть строгий глаз,
Там куется тихо зрелость
Каждый день и час.

Место есть всегда почину,
Всяк почин — впервой,
Если кто возжег лучину
Собственной искрой.

И тогда, его венчая,
Чтоб гореть всегда,
Всходит, путь всем освещая,
Яркая звезда...

Проходная, проходная,
Незакатный след,
Стала ты совсем родная
За полсотни лет.

(На мотив старой песни про коногона)

Раздался грохот очень сильный,
Трубу рвануло над землей,
И пар густой под свист надрывный
Истек горячею струей.

Помчались все к специалисту:
«Спасай, ученый дорогой,
Скажи, как дефектоскописту
Улучшить здесь контроль ручной.

Давай надежные расчеты,
Давай прибор нам, милый друг,

Ведь швов сварных у нас без счета
И бездна всяких разных труб».

Струится пар по трубам снова,
Собой турбины чтоб вращать,
Но без ученого такого
Дефектов нам не отыскать.

Жизнь — как та же целина,
Дальняя дорога,
Ведь она всего одна,
Ну а дел в ней много.

Хорошо рассвет встречать,
Хорошо учиться,
Хорошо себя познать,
Чтоб с пути не сбиться.

Хорошо в тиши творить,
Думой наслаждаться,
Хорошо в байдарке плыть,
Хорошо влюбляться.

Хорошо и песню спеть
Иль побыть раз в Риме,
Хорошо друзей иметь
И встречаться с ними.

Хорошо, когда влюблен,
Что живешь, летая,
Что средь множества имен
Всех дороже Майя.

Много в жизни есть всего,
Что для сердца мило,
Важно помнить только то,
Чтоб душа не стыла.

Чтоб от скуки не стареть,
Будто на излете,
Иль, не дай бог, забуреть,
Если ты в почете.

Чтобы собственной судьбой
Не играть продажно,
Ну а кто ты есть такой,
Это уж неважно.

(На мотив «Каким ты был»)

Каким ты был, таким остался,
Как тридцать лет тому назад,
Когда я вдруг в ЦНИИТМАШе оказался,
Чему и был безумно рад.
Когда он вдруг в ЦНИИТМАШе оказался,
Чему и был безумно рад.

Ты был для всех отцом и братом,
Все знал, все помнил, все умел,
А был тогда всего лишь кандидатом,
И я быть им же захотел.
А был тогда всего лишь кандидатом,
И он быть им же захотел.

Я жизнь свою обрек на муки,
Корпел вовсю, чтоб все познать,

А ты тогда стал доктором в науке,
И я решил им тоже стать.
А ты тогда стал доктором в науке,
И он решил им тоже стать.

Прошли, промчались быстро годы,
Сбылися все мои мечты,
И вот идем мы по одной дороге,
И я профессор, как и ты.
И вот идете вы одной дорогой,
И он профессор, как и ты.
А ты годами не зазнался,
Учитель мой, наставник мой,
Каким ты был, таким ты и остался,
Чем ты и дорог мне такой.
Каким ты был, таким ты и остался,
Чем ты и дорог нам такой.

Он видел многое и знает многих,
Упорный труд и ясный ум ценя,
Успел он много и в науках строгих,
Внеся свой вклад в познание бытия.
Постигнул он все тайны ультразвука,
Ему всю жизнь и весь свой пыл отдал,
И как стрела пронзает цель из лука,
Так он пронзал лучом невидимый металл.

Ему подвластны все методы контроля,
И эхо-метод, и любой другой,
Ведь у познания — настойчивая воля,
А воля без любви лишь звук пустой.
Его влечет неутомимо то, что ново,

К чему зовет его пылливый ген,
И коли есть медаль Рентгена — Соколова,
То должен орден быть Ермолова И. Н.!

Н. П. Разыграев

ЗНАКОМСТВО

В 1965 году я поступил в Московский институт радиоэлектроники и горной электромеханики на специальность «Электроакустика и ультразвук» (ЭУ). Кафедру ЭУ возглавлял профессор, доктор технических наук А. В. Римский-Корсаков. С ним работала и преподавала группа блестящих ученых Акустического института Академии наук: Б. Д. Тартаковский, Д. Л. Лапин, В. Ф. Бессонов и др., а также относительно молодой кандидат технических наук И. Н. Ермолов из ЦНИИТМАШ. Он вел курс «Ультразвуковая дефектоскопия». Студенты получали весьма достойную подготовку по акустике и ультразвуковой технике, и некоторые из них работали и сейчас работают в ультразвуковой дефектоскопии. Я хорошо помню, как в 1967 году, уже в Московском горном институте, начали продавать книгу И. Н. Ермолова «Методы ультразвуковой дефектоскопии». Позже мы узнали, что она являлась основной частью докторской диссертации Игоря Николаевича, и в ней впервые для широкого круга ученых, специалистов и студентов была представлена теория «акустического тракта» в ультразвуковой дефектоскопии.

Как раз в этот год, на третьем курсе, профиль кафедры несколько изменился, нас превратили в горных физиков-акустиков (ГФА), и студенты нашего потока не успели послушать лекции Игоря Николаевича.

В 1969 году я учился на четвертом курсе, и куратор нашей группы П. М. Тютиник по просьбе Игоря Николаевича предложил с ним познакомиться и побеседовать на предмет дальнейшего распределения в ЦНИИТМАШ. В это время проходили защиты дипломов

студентов пятого курса, и И. Н. Ермолов, уже доктор технических наук, был председателем Государственной комиссии. Игорь Николаевич рассказал о цели знакомства — подборе молодых специалистов в его лабораторию — и задал несколько вопросов по акустике. Один вопрос я запомнил на всю оставшуюся жизнь, так как он касался возбуждения головных (боковых) волн. Надеюсь, многие знают, что позже, совместно с Игорем Николаевичем, я посвятил исследованиям головных волн в ультразвуковой дефектоскопии много лет и публикаций.

Первые годы в ЦНИИТМАШ

В марте 1971 года я был принят в ЛУЗМИМ ЦНИИТМАШ, которую возглавлял доктор технических наук, профессор И. Н. Ермолов. Коллектив лаборатории включал около двадцати человек, на главных постах в основном были практики — весьма квалифицированные, но в солидных годах, научной молодежи было не более двух с половиной человек. Первая моя работа была связана с исследованиями методики ультразвуковой дефектоскопии угловых сварных соединений вварки труб поверхностей нагрева в коллекторы тепловых электростанций. Уже через неделю, после короткого изучения и опробования методики в ЦНИИТМАШ, меня командировали на Машиностроительный завод имени Орджоникидзе (Подольск) для участия в сравнительных испытаниях трех методик: ЦНИИТМАШ, ЗиО и Уральского отделения ОРГРЭС. Мне хорошо запомнились задачи, пояснения и наставления Игоря Николаевича: активно изучать все три методики контроля, вникать во все тонкости методики сравнительных испытаний, узнать технологию производства коллекторов и сварных швов, блюсти интересы ЦНИИТМАШ при проведении ультразвуковой дефектоскопии по трем методикам и металлографических исследований сварных швов с отражателями. Я не зря перечислил все так подробно. В этих наставлениях Игоря Николаевича заложены методические принципы его работы и ведущих специалистов лаборатории. Их применение уже в первой

работе показало мне, как правильно следует работать, и было первым шагом к становлению и формированию меня как специалиста и ученого. Игорь Николаевич сразу окунул меня в научно-методическую работу и фактически определил направление моей работы в ЦНИИТМАШ на многие годы.

Он внимательно наблюдал за ходом исследований, посещал ЗиО, где мы обсуждали результаты ультразвуковой дефектоскопии и металлографии в кругу специалистов ультразвуковой дефектоскопии, ненавязчиво, как это умел только он, давал советы и рекомендации научного и жизненного плана. Во время работы познакомил со своим первым аспирантом, а тогда уже кандидатом технических наук А. З. Райхманом — автором методики УО ОРГРЭС. Вместе мы участвовали в обсуждении результатов испытаний с руководством и специалистами ЗиО.

Для молодого специалиста это был колоссальный опыт. Запомнился один важный момент совместной работы. Во время первого обсуждения в кругу ЦНИИТМАШ я доложил о полученных результатах, в полной мере участвовал в их обсуждении. На следующий день было совещание представителей трех методик и руководства. После совещания мы вновь остались в своем кругу, и Игорь Николаевич мне говорит: «Что же ты, Николай, ничего не говорил на совещании? Ведь ты основной исполнитель и должен был всю поддакивать (он сказал на мужском языке) мне и участвовать в обсуждении с руководством завода». Мне кажется, этот урок я хорошо усвоил на всю жизнь. Больше Игорь Николаевич такую рекомендацию мне не давал. Я в своей последующей работе старался всегда руководствоваться его принципами и методикой работы.

В 1972 году нашему институту поручили работу по созданию материалов и технологий атомного энергомашиностроения. Для выполнения этих работ Игорь Николаевич перевел меня в группу кандидата технических наук В. Г. Щербинского, в которой уже работал В. Е. Белый. Наша небольшая группа была нацелена на создание

новых технологий ультразвуковой дефектоскопии и создание новых документов по этому направлению. Мы эту цель воплотили в жизнь.

Мне хорошо запомнилась совместная с Игорем Николаевичем командировка в Таганрог, на завод «Красный котельщик», в феврале 1972 года. Основной задачей было рассмотрение возможности ультразвуковой дефектоскопии аустенитных сварных соединений. Ее мы успешно выполнили в результате проведения совместных опытов с заводскими специалистами. Таких методик на энергомашиностроительных заводах нет и сейчас. А на АЭС есть, в том числе разработанные ЦНИИТМАШ и весьма эффективные. Принципиальная разница этих методик заключается в том, что на заводе необходимо контролировать технологию и выявлять технологические дефекты — мелкие объемные несплошности, а на АЭС — эксплуатационные трещины.

Сопутствующая цель визита Игоря Николаевича состояла в посещении Радиотехнического института, куда на кафедру акустики за несколько месяцев до этого переехал работать из ЛЭТИ (Ленинград) выдающийся ученый-акустик, профессор, доктор технических наук Л. Г. Меркулов. Игорь Николаевич дружил с ним, ранее Л. Г. Меркулов был его оппонентом по докторской диссертации. Мне удалось наблюдать за их встречами, учиться дружбе и сотрудничеству на примере таких больших ученых. Также я познакомился с аспирантом Меркулова — болгариним М. Миховски. Через некоторое время он благополучно защитился, и оппонентом у него был Игорь Николаевич. Сейчас профессор, доктор технических наук М. Миховски — президент Болгарского общества неразрушающего контроля, мы дружим с ним, в последние годы выполнили несколько совместных работ, в том числе для болгарской АЭС «Козлодуй».

Головные волны

В августе 1972 года я несколько раз ездил в Ленинград, на флагман энергомашиностроения СССР — Ижорский завод. В результате в ЦНИИТМАШ были доставлены специальные образцы металла

сосудов атомных электростанций с антикоррозионной аустенитной наплавкой. На заводе я познакомился и подружился (опять), уже на всю оставшуюся жизнь с Е. Ф. Кретовым.

На этих образцах были проведены исследования акустических характеристик основного металла и антикоррозионной наплавки с использованием продольных волн и поперечных волн с разными углами наклонных преобразователей. Тогда преобразователи определяли по углу призм: 30° , 40° и 50° .

В октябре 1972 года, при исследовании образцов толщиной 110–122 мм с помощью дефектоскопа фирмы «Крауткремер» USIP-10 и преобразователя с углом призмы 30° зеркально теневым методом, мне первым из специалистов УЗК удалось увидеть неизвестные импульсы, которые очень быстро распространяются в металле. Первичные исследования и анализ показали, что эти импульсы распространяются со скоростью продольной волны в металле вдоль контактной поверхности. Мы обсудили полученные результаты с И. Н. Ермоловым и коллегами. Первичный вывод был весьма и весьма смелым: мы обнаружили неизвестные в ультразвуковой дефектоскопии волны. Во время обсуждения я высказал предположение, что мы видим боковые (головные) волны, известные в геофизике и сейсмоакустике. Ставился вопрос о подаче заявки на открытие. Я вспомнил об этом, когда готовился писать эти воспоминания, и в своем архиве недавно обнаружил руководство по подаче заявки на открытие.

Первые исследования были продолжены, выявлены первичные закономерности, определены оптимальные углы возбуждения и приема — первый критический угол. Стало понятно, что я увидел продольную волну, падающую под первым критическим углом на границу «металл — оргстекло», возбуждающую продольную волну в металле, которая распространяется вдоль поверхности и возбуждает боковую волну в прилегающей среде — призме приемника.

В нем она также лучше всего принимается, когда угол призмы первый критический — $27^\circ 30'$. То есть волна возбуждается и при-

нимается той частью диаграммы направленности преобразователя с углом призмы 30° , которая расположена под первым критическим углом. Обнаружению головных волн способствовало то, что дефектоскоп USIP-10 имеет динамический диапазон 36 дБ. Это обеспечило одномоментное наблюдение и фиксацию сигналов с большой разницей в амплитудах: 20 дБ и более. Сигналы головных волн на один-два порядка меньше объемных продольных и поперечной волн. Других дефектоскопов с таким динамическим диапазоном в то время в СССР не было.

Мы продолжили интенсивное изучение головных волн, была поставлена работа по их изучению. Тогда не было «эффективных менеджеров» в нынешнем понимании, ученым доверяли, и они работали эффективно. Когда физика явления стала проявляться, И. Н. Ермолов предложил не подавать заявку на открытие, и здесь я в полной мере прислушивался к его мнению. Было принято решение подавать заявку на изобретение. В дальнейшем было получено авторское свидетельство № 491092 на «Способ ультразвукового контроля материалов» с приоритетом от 1 июня 1973 года. Уже в мае 1974 года мы доложили о нашей работе на Всесоюзной конференции по неразрушающему контролю в Киеве. Многие коллеги поздравляли нас с замечательной работой по развитию ультразвуковой дефектоскопии.

Уже в первые дни обсуждения новых волн я рассказал Игорю Николаевичу о нашей первой встрече и знакомстве, о том вопросе, который он задал мне по боковым (головным) волнам. Он этого, конечно, не помнил. Но с тех пор я считаю это совпадение божьим проведением. Так что 1972 год стал в моей жизни весьма счастливым: в июне у меня родился сын Антон, а в октябре в ультразвуковой дефектоскопии родились головные волны. В конце года в отделе выпускалась новогодняя газета. Заведующий отделом, кандидат технических наук Алексей Сергеевич Матвеев (он же — организатор отдела и лауреат Сталинской премии (1949) совместно с изобретателем ультразвуковой дефектоскопии, членом-корреспондентом

АН СССР Сергеем Яковлевичем Соколовым) по этому поводу написал четверостишие, которое сопровождалось красочным рисунком:

Не отстают и Разыграев:
В наук проникнув глубину,
Он сына малого качает —
И открывает новую волну.

А. С. Матвеев вел научный совет отдела по первичному рассмотрению результатов исследования боковых волн (вначале использовался такой термин). Во время сообщения о новых волнах один из наших коллег спросил, что это за волны и откуда мы их взяли. А. С. Матвеев ответил ему со смехом: «Это волны у Разыграева в голове!» Хохот стоял на уровне 100 дБ, в маленький кабинет Алексея Сергеевича заглядывали соседи для выяснения обстановки!

В 1979 году исследования головных волн и разработка технологий УЗИ головными волнами позволили мне защитить кандидатскую диссертацию, в чем безусловная заслуга моего научного руководителя И. Н. Ермолова. При этом хочу отметить, что Игорь Николаевич как научный руководитель никогда не занимался мелочной опекой, но всегда был открыт для обсуждений и поддержки при разработке методик исследований, анализе его результатов, всегда давал полезные советы и мог предложить оригинальные пути работы. Мы много раз были в совместных командировках, рассказывали друг другу о жите-бытье. «Его пример другим наука» — и в первую очередь молодым, таким, каким был я тогда. Кажется, ну как обсуждать совместные денежные траты в командировках, хотя бы самые небольшие. Но Игорь Николаевич все быстро поставил на свои места: чем чаще счет — тем крепче дружба, и никаких вопросов не остается.

Неоднократно я обращался к нему по разным вопросам, в том числе по вопросам зарплаты и места работы. Его советы были для меня определяющими. Когда я работал и учился в заочной аспирантуре (зарплата была весьма маленькая, и семье приходилось тяжело), он дал совет не дергаться, а налечь на подготовку и защиту диссер-

тации, а когда я защитился — помог мне совместно с заместителем директора А. С. Зубченко перейти на должность старшего научного сотрудника. Он рекомендовал продолжать работу в ЦНИИТМАШ и показал на примерах, что перебегание с одного места работы на другое не способствует становлению ученого и специалиста. Я до сей поры в ЦНИИТМАШ.

Антикоррозионная наплавка

В связи с развитием атомного энергомашиностроения в СССР в ЦНИИТМАШ развивались новые технологии получения и изготовления металлов, сварки и наплавки и другие. Наметились новые направления в развитии технологий ультразвуковой дефектоскопии. Дирекция и отдел сварки много обращались к И. Н. Ермолову по специфическому объекту контроля — антикоррозионной наплавке на сосудах и трубопроводах АЭС. На совместных совещаниях обсуждались вопросы дефектности такого оборудования, и в первую очередь они касались таких специфических дефектов, как поднаплавочные трещины. Сообщения о таких трещинах появились за рубежом, о них докладывал генеральный директор на ученом совете ЦНИИТМАШ. Игорь Николаевич поручил мне заниматься проблемой УЗК антикоррозионных наплавки. Работа спорилась, и с использованием метода УЗК головными волнами и разработанных специализированных преобразователей мы создали технологию выявления поднаплавочных трещин. Генеральный директор поблагодарил Игоря Николаевича за быстрое решение этой задачи и попросил продемонстрировать нашу технологию делегации атомщиков из Франции. Они очень удивились, так как ничего подобного до сих пор не видели и не знали о возможности использования головных волн в ультразвуковой дефектоскопии.

Я уже рассказывал о знакомстве на Ижорском заводе с Е. Ф. Кретовым. В ЦЛНМК (Центральной лаборатории неразрушающих методов контроля) он с 1979 года занимал должность начальника

лаборатории ультразвукового контроля. Мы много сотрудничали и подружились. Игорь Николаевич считал его одним из самых квалифицированных специалистов в ультразвуковой дефектоскопии. Минэнергомашем были организованы большие работы по технологии наплавки и ее УЗК. А. Е. Рунов (специалист по сварке, мой второй учитель в ЦНИИТМАШ) и я были назначены научными руководителями этого направления. Я только что защитил диссертацию и, поскольку большая часть практических исследований должна была проводиться на Ижорском заводе, по согласованию с И. Н. Ермоловым предложил Е. Ф. Кретову поступить в аспирантуру ЦНИИТМАШ под его научным руководством. В последующие годы мы с ним и с Игорем Николаевичем провели множество работ в области УЗК оборудования и трубопроводов АЭС. Результаты работ по УЗК антикоррозионных наплавок послужили основанием для изменения норм УЗК в Правилах контроля АЭС, а Кретов успешно защитился и стал кандидатом технических наук.

Школа И. Н. Ермолова в ЦНИИТМАШ

Мы много говорим о научной школе И. Н. Ермолова. Все знают его труды и достижения. Мало кто знал и видел изнутри, как работала его школа, как умел работать Игорь Николаевич со своими сотрудниками и учениками. Только наши сотрудники и некоторые гости наблюдали, как работает Игорь Николаевич на научно-технических советах отдела неразрушающих методов исследования металлов, на заседаниях по рассмотрению различных промежуточных и сдаточных работ, кандидатских и докторских диссертаций, при подготовке решений и разработке методик. Много раз при рассмотрении работ мы как бы оказывались в тупике, обсуждая результаты и выводы по работе. После выступления Игоря Николаевича все становилось ясно и понятно, можно было принимать решение и давать обоснованные рекомендации. Когда это происходит не один, а несколько раз, специалисты овладевают методикой мышления и работы Игоря

Николаевича, уровень специалистов растет быстрыми темпами, наши возможности существенно расширяются, специалисты быстро развиваются.

Благодаря широкой эрудиции и научным связям к Игорю Николаевичу в ЦНИИТМАШ стекались многие работы по неразрушающему контролю. Это была прекрасная школа знаний и опыта для молодых ученых, если, конечно, они стремились к этим знаниям. Кроме чисто научных результатов, отдел неразрушающих методов исследования металлов занимался разработкой специальных приборов, преобразователей, устройств и принадлежностей для выполнения контроля на заводах, электростанциях и др. Доведение их до ума, разработка технологий, методик и инструкций по эксплуатации являлась важной функцией нашего отдела как ведущего технологического института в машиностроении. Наш отдел разработал первый промышленный дефектоскоп, наклонный преобразователь для УЗК сварки, множество специализированных преобразователей и приборов. Разработка и сопровождение применения этих технологий и приборов обеспечили громадный авторитет нашему институту и отделу. Огромный вклад в этот авторитет внес И. Н. Ермолов.

Но, кроме СССР и России, школа И. Н. Ермолова и труды ЦНИИТМАШ были хорошо известны за рубежом. Мы знаем многих друзей и коллег Игоря Николаевича за рубежом, которые считали его безусловным авторитетом в области ультразвуковой дефектоскопии, в особенности благодаря трудам по развитию теории акустического тракта.

Школа И. Н. Ермолова и сам он являются безусловными лидерами в развитии нашей ультразвуковой дефектоскопии. Другие организации по количеству ссылок существенно отличаются от ЦНИИТМАШ. И. Н. Ермолов, внесший громадный вклад в становление ультразвуковой дефектоскопии как науки, находится в верхних рядах по количеству ссылок. Больше него ссылок имеет только доктор Вюстенберг.

Последние дни

В последние годы жизни Игоря Николаевича мы не имели возможности много совместно работать, поскольку он был болен. Однако, когда он появлялся в ЦНИИТМАШ, мы встречались и обсуждали наши совместные работы. Мой сын Антон Разыграев был последним аспирантом И. Н. Ермолова. Его работа была посвящена исследованиям УЗК специфического узла приварки коллектора к парогенератору. Работа проходила успешно, и мы готовились к защите. Но здоровье Игоря Николаевича резко ухудшилось, ему сделали операцию. Миша Ермолов разрешил нам с Антоном навестить отца в больнице. Это была наша последняя встреча. Игорь Николаевич рекомендовал просить от его имени А. Х. Вopilкина быть оппонентом моего сына. Мы все выполнили последнюю волю Игоря Николаевича. Также следует отметить помощь в доработке диссертации доктора технических наук В. Н. Данилова. Защита прошла спустя восемь месяцев после кончины И. Н. Ермолова.

Р. С. В 2016 году мы опубликовали в МПО «Спектр» книгу «Методические рекомендации по применению АРД-диаграмм при ультразвуковом контроле основного металла, сварных соединений и наплавов», посвятив ее светлой памяти Игоря Николаевича Ермолова.

СПРАВОЧНИК

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

*Справочник в 7 томах
под редакцией чл.-корр. РАН
В.В. КЛЮЕВА*

Том 3

И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ



МОСКВА "МАШИНОСТРОЕНИЕ" 2004



*Игорь Николаевич.
Портрет 2002 г.*



*Одна из последних
фотографий Ермолова*



Работа над энциклопедией



Работа над очередной книгой



*Сын Алексей
с женой Ниной*



*Игорь Николаевич Ермолов
у Стены Плача в Иерусалиме*



Игорь Николаевич и Майя Ивановна в Израиле



Ермолов и Надежда Петровна в Риме



Королев В. Д., Воронкова Л. В., Ермолов И. Н. 1995 г.



*На дне рождения Вopilкина.
2004 г.*



*Мастер на все руки
Владимир Дмитриевич
Королев*



С Ермоловым. Выставка в Риме. 2000 г.



С Ермоловым. Выставка в Италии



На стенде компании «Нординкрафт» в Риме



На конференции. Италия, 2003 г.



Новый год в «Эхо+». 1999 г.



Новый год в «Эхо+». 1999 год



Юбилей Игоря Николаевича, коллективное фото



*Виктор Григорьевич Щербинский
зачитывает адрес юбиляру*



Юбилей Игоря Николаевича. 80 лет. Стоят Любовь, Вадим, Илья Воронковы



Лариса Басацкая на юбилее Игоря Николаевича



*Юбилей Ермолова.
Коллективное исполнение кантаты*



Ермолов рассказывает Басацкой о своей жизни



Юбилей Ермолова. Стасеев



Гурвич дарит паровоз на юбилее Ермолова





Тост Гурвича на юбилее Ермолова. 2002 г.





Юбилей Ермолова. Ведущий вечера — Вopilкин



Игорь Николаевич Ермолов с сыном Михаилом



*Ю. В. Ланге, И. Н. Ермолов, В. В. Клюев
на 75-летнем юбилее И. Н. Ермолова*



Профессор сажает дерево



Науку поднял на дыбы

ЧАСТЬ 4

В. Н. Данилов

**РАЗРАБОТКА И РАЗВИТИЕ
ТЕОРИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
КОНТРОЛЯ
ПРОФЕССОРОМ
И. Н. ЕРМОЛОВЫМ**

Крупнейший ученый в области ультразвукового метода неразрушающего контроля, профессор, доктор технических наук Игорь Николаевич Ермолов — автор очень большого научного наследия. Он фактический создатель современной теории УЗК. Автор этих строк, которому посчастливилось сотрудничать с Игорем Николаевичем в течение многих лет, не претендует на полноту изложения всех его достижений в области разработки и развития этой теории — на осмысление всех полученных им результатов, возможно, потребуется весьма продолжительное время. В этой статье основное внимание уделяется результатам, оказавшим, по мнению автора, фундаментальное влияние на формирование и развитие теоретического базиса ультразвукового метода контроля.

В ранних работах И. Н. Ермоловым для описания поля излучения прямого преобразователя (нормального искателя) было предложено рассматривать преобразователь в зоне его действия как источник возбуждения упругого напряжения, нормального к поверхности изделия, при этом остальная часть поверхности предполагалась свободной с нормальными и касательными напряжениями на ней равными нулю [34, 48]. В этих же работах впервые обоснованы возможности использования скалярного приближения при решении задач расчета акустических трактов в упругих средах. Так, согласно И. Н. Ермолову [35], скалярный потенциал φ_B излучения продольной волны по указанной модели в некоторой точке В твердого тела определяется формулой:

$$\varphi_B = \frac{i |T_{zz}^0| k}{2\pi\omega^2\rho} \iint_{S_a} x(\theta_{AB}) \frac{e^{ikr_{AB}}}{r_{AB}} dS_A, \quad (1)$$

где $|T_{zz}^0|$ — амплитуда нормального упругого напряжения, создаваемого преобразователем на поверхности контроля, r_{AB} — расстояние от точки А с преобразователя (искателя) до точки В, θ_{AB} — угол между направлением от точки А к точке В и осью OZ, ортогональной поверхности преобразователя площадью S_a , k — волновое число.

Из (1) следует, что поле излучения преобразователя является результатом интерференции полей отдельных его точек, при этом следует отметить, что каждая точка (А) может рассматриваться как элементарный источник с диаграммой направленности $x(\theta_{AB})$. Выбор модели среды, в которую осуществляется излучение, — твердое тело, скалярное приближение для упругой среды или жидкая среда, определяется видом функции $x(\theta) = x(\theta_{AB})$ [18, 25, 42]. Это обстоятельство является весьма важным, так как позволяет обосновать скалярный подход к расчету акустического тракта с учетом особенностей твердого тела при определении амплитуды отраженной от дефекта волны [26, 32]. В дальнейшем И. Н. Ермолов сформулировал представление о поле излучения как суммы полей (потенциалов) плоской волны в пределах контура преобразователя и волны, излучаемой этим контуром [40, 51]. Сходное представление оказалось весьма полезным при описании полей волн, отраженных от плоских дефектов, например, диска произвольных размеров [50]. При этом давление регистрируемой волны описывается суммой давлений волн, отраженной от бесконечной плоскости и переизлучаемой контуром диска.

В работах [20, 25] установлено наличие осцилляций давления в поле излучения на оси круглого преобразователя в его ближней зоне, а также его изменения при перемещении в направлении перпендикулярном оси. Образование максимумов и минимумов в ближней зоне преобразователя (искателя) объясняется суперпозицией сигналов в точке регистрации поля, излучаемых различными

точками преобразователя и имеющих различные фазы вследствие большой разницы длины путей их распространения. Определенное влияние на соотношение значений максимумов и минимумов оказывают форма и длительность излучаемых импульсов [33]. При этом немонотонное изменение поля в ближней зоне мешает определению размеров дефектов по амплитуде отраженного сигнала [25]. В этих же работах И. Н. Ермоловым параметр $z^f = \frac{a^2}{\lambda}$, где a — радиус преобразователя, λ — длина продольной волн, впервые интерпретирован как характеристика размера ближней зоны и построены зависимости изменения амплитуды сигнала от относительного расстояния $\frac{z}{z^f}$, то есть в единицах размера ближней зоны [25]. Там же определены главные безразмерные параметры, от которых зависит амплитуда эхосигнала от точечного отражателя: расстояния до дефекта вдоль оси преобразователя (искателя), отнесенного к размеру ближней зоны, расстояния до дефекта от оси преобразователя, отнесенного к радиусу последнего, и показателя, определяющего уменьшение амплитуды сигнала за период колебаний.

В работе [25] профессором Ермоловым был сформулирован квазигармонический (квазимонохроматический) подход к решению задач об отражении импульсов сигналов от дефектов — предполагается, что длительность импульсов достаточно велика, чтобы при расчете акустических трактов колебания можно было считать гармоническими (монохроматическими), однако вместе с тем импульсы считаются достаточно короткими, чтобы процессы излучения, отражения и приема ультразвуковых волн можно было бы рассматривать как отдельные явления. Эти предположения не противоречат одно другому при условии, что расстояние до дефекта во много раз больше длины волны. При выводе формул акустического тракта в работах [26, 27, 38] и др. это условие предполагалось всегда выполненным. Актуальность квазигармонического подхода, позволяющего рассматривать отдельно задачи излучения, отражения и регистрации ультразвуковых волн, при

моделировании электроакустических трактов дефектоскопов сохранится и в дальнейшем.

И. Н. Ермоловым разработан оригинальный метод решения задач рассеяния упругих волн на дефектах, один из размеров которых превышает ширину акустического поля преобразователя (соизмерим или больше расстояния от преобразователя до дефекта) и в расчетах предполагается бесконечным, а другой достаточно мал, хотя и может значительно превышать длину падающей на него волны.

Проиллюстрируем применение этого подхода на примере вывода широко известной в настоящее время формулы акустического тракта для прямого круглого совмещенного преобразователя и бесконечно протяженного цилиндрического отражателя из работы [27], когда предполагается, что расстояние от преобразователя до отражателя значительно (в три и более раз) превосходит радиусы преобразователя и цилиндра. В качестве одного из исходных соотношений профессор Ермолов использовал ранее полученное А. С. Голубевым выражение, связывающее модули упругого напряжения плоской волны, падающей на бесконечное цилиндрическое отверстие $(|T_{zz}^{пад}|)$ (радиусом b) перпендикулярно его оси, и отраженной $(|T_{zz}^{отп}|)$ [2]

$$(|T_{zz}^{отп}|) = (|T_{zz}^{пад}|) A_c \sqrt{\frac{\lambda}{z}}, \quad (2)$$

где A_c — безразмерный коэффициент, характеризующий отражательную способность цилиндра, λ — длина продольной волны, z — расстояние от центра цилиндра до точки регистрации отраженной волны. Величина

$$A_c = \sqrt{A_s} = \sqrt{\frac{b}{2\lambda}}, \quad (3)$$

где A_s — аналогичный коэффициент для полой сферы с тем же радиусом b , определенный в той же работе [27] из энергетических соображений с применением принципов лучевой акустики, справедливых при $b \gg \lambda$.

Другим исходным соотношением являлось представление поля излучения ΔT_{zz}^{AB} элементарного источника ΔS_A с центром в точке А на поверхности преобразователя (искателя) в точке В пространства в виде [27]

$$\Delta T_{zz}^{AB} = \frac{j|T_{zz}^0|}{\lambda z} e^{ikz_{AB}} \Delta S_A \cong \frac{j|T_{zz}^0|}{\lambda} e^{ikz} \left\{ \frac{1}{\sqrt{z}} \exp \left[ik \frac{(x_B - x_A)^2}{2z} \right] \right\} \times \\ \times \left\{ \frac{1}{\sqrt{z}} \exp \left[ik \frac{(y_B - y_A)^2}{2z} \right] \right\} \Delta S_{A'} \quad (4)$$

где первый сомножитель (в фигурных скобках) описывает расхождение лучей в плоскости оси цилиндрического отражателя (ХОZ), а второй — в плоскости, перпендикулярной к оси (YOZ).

В формуле (4) $|T_{zz}^0|$ — амплитуда нормального упругого напряжения, r_{AB} — расстояние от точки А с координатами $(x_A, y_A, 0)$ искателя до точки В с координатами (x_B, y_B, z) объекта контроля, $k = 2\pi/\lambda$. При таком представлении поля излучения отражение в плоскости ХOZ рассматривается как зеркальное, подобное отражению от бесконечной плоскости, а учет изменения амплитуды (за счет расхождения волнового фронта) осуществляется заменой в первом сомножителе $\frac{1}{\sqrt{z}} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2z}}$. В плоскости YOZ амплитуда поля отражения от цилиндра считается независимой от направления распространения луча в плоскости ХOZ и определяемой по формулам (2) и (3), при этом во втором сомножителе в (4) $\frac{1}{\sqrt{z}} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{z}} \sqrt{\frac{\lambda}{z}} A_c$. Выражение амплитуды сигнала, излученного точкой А преобразователя и принятого некоторой точкой (С) получается из (4) с учетом указанных замен и фаз отраженных волн (в обеих рассматриваемых плоскостях отражения) (см. соотношение (11) в [27]).

Формула акустического тракта получается путем интегрирования амплитуды отраженного сигнала по поверхности преобразователя как излучателя и как приемника и нормированием на площадь преобразователя S_a [25, 27]. В результате в рассматриваемом приближении (дальней зоны) амплитуда принимаемого сигнала $(|T_{zz}|)$

$$|T'_{zz}| = |T_{zz}^0| \frac{A_c S_a}{\sqrt{2z^3 \lambda}} = |T_{zz}^0| \frac{S_a}{2\lambda z} \sqrt{\frac{b}{z}} \quad (5).$$

Позднее в работах [38, 39, 40] И. Н. Ермолов дал модифицированный вывод формулы (5) с использованием геометро-акустического подхода к отражению волны от выпуклой поверхности [38]. Справедливость этой формулы была подтверждена расчетами с использованием других моделей (см., например, [52]).

Следует особо остановиться на разработке и развитии профессором Ермоловым метода расчета акустического тракта для основных типов дефектов на основе представлений лучевой акустики и энергетических оценок без применения строгой теории дифракции [38, 40]. Используя этот метод, применимый в ближней зоне преобразователя или в дальней зоне на расстоянии в несколько z_f , где поле излучения имеет сравнительно простой вид [38], И. Н. Ермолов показал, что полученные ранее им формулы акустических трактов для таких дефектов, как бесконечный цилиндр, сфера, диск (модель плоскодонного отверстия), с использованием приближения Кирхгофа и др. совпадают с выводимыми указанным методом в пределах их применимости. При этом энергетический метод позволил ему получить формулы трактов для дефектов типа полосы, цилиндра конечной длины, а также вогнутых цилиндрической и сферической поверхностей, то есть в случаях, когда вывод этих формул иными путями наталкивался на большие сложности и не приводил к простым выражениям, удобным для инженерных оценок.

В качестве примера использования энергетического подхода И. Н. Ермолова рассмотрим вывод формулы акустического тракта (отношения $P'/P_0 = |T'_{zz}|/|T_{zz}^0|$) в дальней зоне прямого преобразователя для отражателя в виде бесконечной полосы шириной L_b [38]. Особенностью расчета является описание излучения и отражения цилиндрической волны. Пусть излучатель представляет из себя полосу шириной L_a , тогда согласно [38] (см. формулу (13)) в дальней

зоне на расстоянии r амплитуда излучаемой волны $P = P_0 L_a / \sqrt{\lambda r}$, а интенсивность поля излучения

$$(I \sim P^2) \text{ — } I = I_0 L_a^2 / (\lambda r) \quad (6).$$

Если на полосу падает волна в плоскости, перпендикулярной ее продольной оси, то этот дефект можно рассматривать как вторичный излучатель, в дальней зоне которого на расстоянии r по аналогии с (6) интенсивность поля отраженной волны равна

$$I' = I L_b^2 / (\lambda r) \quad (7).$$

Пусть в плоскости, проходящей через ось полосы, размер преобразователя равен L_c (в обозначениях работы [38]), тогда в дальней зоне интенсивность поля излучения можно представить в виде произведения характеристик его изменения за счет расхождения волнового фронта в плоскости, перпендикулярной (ортогональной) оси полосы и проходящей через нее:

$$I = I_0 L_a^2 / (\lambda r) L_c^2 / (\lambda r) \quad (8).$$

В ортогональной плоскости интенсивность отраженной волны описывается формулой (7), а во второй имеет место зеркальное отражение волны с уменьшением интенсивности в соответствии с заменой

$$L_c^2 / (\lambda r) \rightarrow L_c^2 / (2\lambda r) \quad (9).$$

Подставляя (8) и (9) в (7), получаем, что интенсивность отраженного сигнала, регистрируемого в режиме приема, равна

$$I' = I_0 L_a^2 / (\lambda r) L_c^2 / (2\lambda r) L_b^2 / (\lambda r) = I_0 L_b^2 S_a^2 / [2(\lambda r)^3], \quad (10)$$

где $S_a = L_a L_c$ — площадь преобразователя. Из (10) следует, что относительная амплитуда регистрируемого сигнала (см. [38], формулу (29)) —

$$P' = P_0 S_a L_b / \sqrt{2 (\lambda r)^3} \quad (11).$$

Справедливость формулы (11) в пределах границ ее применения подтверждена экспериментально [38] и теоретически на основе точного решения скалярной задачи дифракции [1].

Формулы (5) акустического тракта для прямого совмещенного преобразователя и бесконечного цилиндра, (11) для отражателя

в виде полосы и другие формулы И. Н. Ермолова давно стали классическими и вошли практически во все основные справочники и монографии по УЗК [3, 22, 40, 41, 42, 48, 49 и др.].

Профессором И. Н. Ермоловым разработан упрощенный способ расчета акустического поля наклонного преобразователя на основе представления о мнимом пьезоэлементе, широко используемый для инженерных оценок [3, 22, 30, 42, 46]. Построение мнимой пьезопластины для такого преобразователя основано на тех же принципах, что и для преобразователя с плоскопараллельной задержкой. При этом радиус круглой мнимой пластины в основной плоскости (падения и преломления акустической оси) составляет $\tilde{a} = a \cos\alpha / \cos\beta$, где a — реальный радиус пьезопластины, β и α — углы падения и преломления луча, распространяющегося вдоль акустической оси, a в дополнительной (перпендикулярной основной) — равен a , расстояние от центра мнимой пластины до точки выхода луча равно $r_1 = r_3 n \cos\alpha / \cos\beta$, где r_3 — средний путь в призме, n — коэффициент преломления. Предложенное И. Н. Ермоловым построение мнимого пьезоэлемента обеспечивает достаточно точное для практических оценок представление поля в дальней зоне в основной плоскости, а в дополнительной — поле формируется так же, как для случая плоской задержки [42].

При УЗК наклонными преобразователями используются искусственные отражатели, эхосигналы от которых обуславливаются угловым эффектом, то есть двукратным отражением волн от поверхности образца и перпендикулярно расположенной к ней поверхности отражателя: зарубки, риски, вертикального отверстия, двугранного угла и др. И. Н. Ермоловым на основе формул акустического тракта для прямого преобразователя выведены формулы расчета максимальных эхосигналов от угловых отражателей, особенностью которых является учет влияния отражения от поверхности образца путем введения коэффициента G (G' — для двугранного угла и вертикального отверстия) [17, 22, 35, 37, 41, 42]. Эти оригинальные формулы были

получены на основе лучевого представления об отражении волн от дефектов и использования мнимых (зеркально симметричных действительным) преобразователей и отражателей, коэффициент G учитывает геометрию отражения, явления незеркального отражения и трансформации волн [42]. Формулы расчета эхосигналов от угловых отражателей весьма просты и удобны для инженерных оценок. Например, амплитуда максимального сигнала от риски определяется выражением $P' = P_0 G S'_a L_b / \sqrt{2} (\lambda r)^3$ [35, 42] (ср. с (11)), где L_b — высота риски, $S'_a = S_a \cos \alpha / \cos \beta$ — площадь мнимой пьезопластины, λ — в данном случае длина поперечной волны в образце.

И. Н. Ермолов впервые в СССР (России) предложил представлять нормированное давление сигналов при отражении от бесконечной плоскости и дискообразных отражателей (плоскодонных отверстий) в виде функции от безразмерных параметров $\frac{z}{z_f}$ и $\frac{b}{a}$ (b — радиус отражателя) — диаграммы «амплитуда — расстояние — диаметр» (АРД-диаграммы). В работах [26, 31] приведены АРД-диаграммы и описано их применение для прямых преобразователей, а в [46] исследованы особенности использования таких диаграмм для наклонных. В последнем случае отмечается, что радиус плоскодонного отверстия берется относительно радиуса мнимого преобразователя \tilde{a} , следует учитывать путь распространения продольной волны в призме r , и др.

Как известно, АРД-диаграммы в настоящее время широко применяются при ультразвуковом контроле для настройки чувствительности и определения эквивалентных размеров дефектов [40, 41, 42 и др.].

При определении коэффициента затухания продольных волн в контролируемых материалах важным фактором, который необходимо учитывать, является дифракционное ослабление донного сигнала, то есть уменьшение амплитуды вследствие расхождения лучей на пути от преобразователя до отражателя и обратно [23]. При этом дифракционное ослабление следует учитывать достаточно точно,

особенно в ближней и промежуточной зонах преобразователя, где его изменение с увеличением расстояния до отражающей поверхности более медленное, чем известное для дальней зоны. В противном случае ошибка в определении коэффициента затухания может быть весьма большой. В работе [24] отмечалось, что кривые донного сигнала, полученные различными исследователями, в ближней зоне отличались на 1–1,5 дБ, что приводило к неопределенности учета дифракционного ослабления. И. Н. Ермоловым совместно с автором данной статьи было проведено теоретическое исследование зависимости кривой донного сигнала от характеристик контролируемой среды и волнового размера преобразователя, в результате которого было установлено, что единой кривой дифракционного ослабления донного сигнала, как ранее предполагалось, не существует [12, 15]. Проанализировав полученные результаты, И. Н. Ермолов предложил на расстоянии до $\approx 2Z$ ближних зон при измерении коэффициента затухания пользоваться скорректированной кривой, на которой указаны границы изменения ослабления сигнала в зависимости от волнового размера преобразователя, что позволило избавиться от указанной неопределенности и уменьшить погрешность результата [12, 34, 41, 42]. В рамках развития теории АРД-диаграмм профессором Ермоловым была предложена более точная, по сравнению с известными, методика их расчета, основывающаяся на прямом интегрировании выражения, характеризующего отраженный от дефекта типа плоскодонного отверстия сигнал в приближении Кирхгофа [14], распространенная на случай смещения отражателя от оси преобразователя [16]. Он также высказал предположение, что, в отличие от классической теории, нормальное упругое напряжение на поверхности пьезопластины при излучении может различаться в разных точках, что было подтверждено численным моделированием, показавшим осцилляцию напряжения по поверхности относительно среднего значения [13].

И. Н. Ермоловым была предложена методика анализа акустического тракта теневого метода, основанная на использовании безраз-

мерных графиков-номограмм и простых формул для предельных случаев [19, 21, 29, 39, 40, 42]. В расчете сигнала, регистрируемого при наличии дефекта (экрана), определяется давление на приемном преобразователе волн, излучаемых областью в плоскости залегания дефекта и не включающей последний. Все точки этой области рассматриваются как вторичные источники излучения, при этом акустическое давление позади дефекта считается равным нулю, что соответствует приближению Кирхгофа [29], когда характерные размеры дефекта значительно больше длины волны [39, 40]. Получаемое таким путем соотношение представляется в виде суммы давления проходящей волны в отсутствие дефекта и давления отраженной от дефекта волны, которое берется с обратным знаком. Оценка последнего осуществляется с использованием формул эхо-метода. Игорь Николаевич показал, что, несмотря на то что формально в получаемых таким путем расчетных соотношениях амплитуда возмущения поля позади экрана (дефекта) равна амплитуде возмущения перед экраном (принцип Бабинне), поля перед экраном и позади него не являются совершенно одинаковыми, поскольку возмущение позади экрана интерферирует с падающей волной. При этом на оси между симметрично расположенными излучающим и приемным круглыми преобразователями позади дефекта (экрана) наблюдается светлое пятно — максимум сигнала, тогда как наибольшее ослабление (минимум) сигнала экспериментально наблюдалось при смещении дефекта в сторону от указанной оси. Значения давления при симметричном положении дефекта удовлетворительно совпали с расчетными, что подтвердило справедливость предложенной И. Н. Ермоловым методики расчета тракта теневого метода.

В работах [28, 39, 44, 45] профессором Ермоловым была поставлена задача расчета амплитуды сигнала при контроле методом отражения или прохождения для пьезопреобразователя, имеющего не только акустическую, но и электрическую нагрузку (задача об электроакустическом тракте дефектоскопа). В этом случае амплитуда

сигнала $|V|$ на входе приемника дефектоскопа определяется формулой [40, 44] $|V| = |KNV|$, где $|V|$ — амплитуда электродвижущей силы генератора возбуждения, K — коэффициент (передаточная функция) двойного преобразования при излучении и приеме, N — функция ослабления акустической волны при ее прохождении в промежуточных средах, объекте контроля и вследствие рассеяния на дефекте. Расчет коэффициента K составляет задачу об электроакустическом тракте дефектоскопа, а функции N — задачу об акустическом тракте. В работах [40, 44] дано решение задачи об электроакустическом тракте (в одномерном приближении акустической модели), на основе которого И. Н. Ермоловым проведено исследование работы тракта и обоснован оптимальный выбор параметров преобразователей, обеспечивающих [40, 45] достижение максимальной чувствительности (максимума коэффициента K на рабочей частоте, который, как было установлено И. Н. Ермоловым, не зависит от пьезоэлектрических констант пьезопластины [22, 40]), максимальную широкополосность (обеспечиваемую при оптимальной электрической добротности [22, 45]), обуславливающую возможность излучения и приема импульсов без искажения их формы, достижение максимальной стабильности акустического контакта преобразователя с изделием, что особенно важно при контроле контактным или щелевым способом прямым преобразователем, согласование полного электрического импеданса преобразователя (комплексного) с импедансами генератора и усилителя дефектоскопа (в том числе путем введения индуктивности, компенсирующей все реактивные сопротивления на частоте антирезонанса [22, 41]) и др.

Важные теоретические результаты, широко используемые при анализе и оптимизации характеристик УЗК, получены И. Н. Ермоловым при исследовании структурных помех, связанных с рассеянием ультразвуковых импульсов на структурных неоднородностях контролируемого материала [20, 36, 40, 43] и являющихся основным постоянно действующим фактором, ограничивающим чувстви-

тельность контроля [42]. Им впервые были получены формулы расчета отношения амплитуды эхосигнала к среднеквадратичному уровню структурных помех (P'/P_n) для основных моделей дефектов в ближней и дальней зонах, в том числе и для фокусирующего преобразователя [20, 50]. Например, для цилиндрического отражателя радиусом b в дальней зоне прямого преобразователя площадью S_a это отношение записывается в виде [36, 43]

$$P'/P_n = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{2\pi b S_a}{r \delta_p c \tau}}, \quad (12)$$

где r — расстояние до дефекта, c — скорость распространения продольной волны, δ_p — коэффициент ее рассеяния, τ — длительность импульса, а $\delta_p \tau = \Delta r$ — его пространственная длительность (при расчете предполагалось, что $\Delta r \ll r$). Из формулы (12) видно, что, пока дефект остается в дальней зоне для повышения отношения «сигнал — помеха», целесообразно увеличение площади преобразователя S_a . Такое увеличение приводит к улучшению направленности, то есть увеличивает отношение площади отражающей поверхности дефекта к площади облучаемых ультразвуком зерен металла, участвующих в образовании структурных помех [3, 43]. Это обстоятельство справедливо не только для точечных, но и для протяженных дефектов и даже отражающей плоскости [42]. При дальнейшем увеличении площади преобразователя и переходе дефекта в ближнюю зону (для заданного расстояния r) отношение «сигнал — шум» ухудшается, для компенсации чего рекомендуется фокусировка ультразвукового луча [3, 36, 40].

Дальнейшее развитие теории УЗК основывается на фундаментальном базисе, созданном И. Н. Ермоловым, и многие поколения ученых и специалистов, работающих в этой области, будут вспоминать его с благодарностью и большим уважением.

В работе [6] по методу профессора И. Н. Ермолова проведены расчеты АРД-диаграмм для круглого цилиндрического полого

отражателя (бокового отверстия), когда амплитуда отраженного сигнала определялась как квадратный корень из произведения амплитуд эхосигналов от бесконечной плоскости (свободной плоской границы) и от сферического отражателя, полученных с использованием точных формул скалярного подхода. Сравнение новых полученных результатов с экспериментальными подтвердило обоснованность использования этого метода и соответствие аналогичной диаграмме И. Н. Ермолова (на дальности свыше одной ближней зоны) [22].

В работе [7] подтверждена возможность использования развитого профессором И. Н. Ермоловым в работах [26, 32] скалярного подхода при расчете отраженных полей для акустического тракта применительно к плоскостным отражателям, при этом показано, что индикатриса обратного рассеяния (к источнику) продольной волны, рассчитанная в приближении Кирхгофа, хорошо совпадает с точной в пределах главного лепестка для отражателя с характерным волновым размером не менее длины волны.

Анализ моделей расчета смещения поперечной волны, возбуждаемой в контролируемой среде наклонным преобразователем, в работе [5] подтвердил вывод И. Н. Ермолова о том, что в дальней зоне амплитуда излучаемого сигнала оказывается пропорциональной отношению косинусов углов ввода и наклона призмы [22, 41, 42], который он сделал на основе представления излучателя в виде мнимой пьезопластины с соответствующим изменением его размера в основной плоскости. При этом И. Н. Ермолов интуитивно предполагал, что эта же зависимость сохранится и при учете режима приема, то есть в законченных формулах акустического тракта для различных отражателей (см., например, табл. 6.2 и 6.3 в [41]), что позже было подтверждено в работах [8, 9], где исследованы особенности расчета сигнала в режиме приема и выполнен расчет акустического тракта наклонного преобразователя для цилиндрического отражателя (бокового цилиндра).

В работе [4] численным расчетом подтверждено положение И. Н. Ермолова о том, что размеры ближней зоны наклонного преобразователя в основной и дополнительной плоскостях различаются, причем первый меньше второго [22, 41], а также показана обоснованность его рекомендаций по применению формул дальней зоны (на дальности не менее трех ближних зон [22, 42]).

В сборнике [47], посвященном жизни и деятельности профессора И. Н. Ермолова, в разделе «Чудеса ультразвука. Почему кривая нелинейна» И. Н. Ермолов объяснил нелинейность временной зависимости запаздывания эхосигнала от цилиндрических отражателей, находящихся на разных глубинах, для малых глубин дифракцией ультразвуковых волн на переднем нижнем угле призмы, которая искажает акустическое поле преобразователя в контролируемом изделии, что было подтверждено экспериментально путем уменьшения стрелы преобразователя (с углом ввода 50°). Теоретическое объяснение этому явлению дают результаты работы [9], из которых следует кажущееся смещение положения точки ввода ультразвукового луча, определяемого по максимуму эхосигнала от цилиндрического отражателя, от номинального с изменением глубины залегания отражателя. При уменьшении глубины сокращается акустический путь излучаемого и регистрируемого сигнала с соответствующим уменьшением времени его распространения по сравнению с ожидаемым и, как следствие, с указанной нелинейностью временной зависимости.

В разделе «Почему угол ввода уменьшается» сборника [47] И. Н. Ермолов обращает внимание на особенность уменьшения угла ввода, определяемого по максимуму эхосигнала от отверстия диаметром 6 мм стандартного образца СО-2, для наклонных преобразователей с большими углами ввода при понижении рабочей частоты, когда размер пьезопластин постоянен. И. Н. Ермолов совершенно правильно связал такое уменьшение с расширением диаграммы направленности преобразователя при понижении частоты и соответствующим увеличением расхождения лучей. В работе [9] дается дополнительное

обоснование объяснения этой особенности. Моделирование акустического тракта для бокового цилиндрического отверстия образца СО-2 показало наличие отклонения в меньшую сторону угла ввода, для которого наблюдается максимум сигнала, от номинального, что связано с преимущественным влиянием на изменение амплитуды сигнала расхождением волновых фронтов излучаемых и принимаемых волн. Это влияние, то есть и уменьшение угла ввода, зависит от ширины диаграммы направленности, а следовательно, от рабочей частоты преобразователя. С уменьшением частоты при постоянном размере пьезопластины и соответствующем расширении диаграммы отклонение угла ввода от номинального значения возрастает, что подтверждает объяснение явления уменьшения угла ввода И. Н. Ермоловым.

В работе [11] получены формулы акустического тракта наклонного преобразователя для отражателей типа вертикального цилиндрического отверстия и засверловки, позволяющие проводить расчеты при изменении положения преобразователя на поверхности контроля. При оценке максимумов амплитуд эхосигналов от отражателей, удаленных от преобразователя, эти формулы совпадают с соответствующими формулами И. Н. Ермолова из работ [22, 41, 42], то есть подтверждают его научные результаты.

Автор данного материала не претендует на полноту описания всех научных результатов И. Н. Ермолова, нашедших свое подтверждение (теоретическое или экспериментальное) после его ухода из жизни. Приведены те аспекты, которые в разные годы по тем или иным причинам привлекли внимание.

Трудно переоценить вклад, внесенный Игорем Николаевичем Ермоловым в создание и развитие теории УЗК. Результаты его работы будут актуальны в течение еще очень многих лет. Развитие теории ультразвукового контроля основывается на созданном им фундаментальном базисе, прошедшем испытание временем, основные положения которого не только не теряют своей значимости, но подтверждают свою востребованность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басацкая Л. В., Вopilкин А. Х., Воронков В. А., Данилов В. Н., Ермолов И. Н. Акустический тракт прямого преобразователя для модели трещины, выходящей на поверхность.— Дефектоскопия.— 1987.— № 10.— С. 45–52.
2. Голубев А. С. Отражение волн от цилиндрического дефекта.— Акустический журнал.— 1962.— Вып. 2.— С. 174–181.
3. Гурвич А. К., Ермолов И. Н. Ультразвуковой контроль сварных швов.— Киев: Техника, 1972.— 460 с.
4. Данилов В. Н. К определению размера ближней зоны наклонного преобразователя с круглой пьезопластиной.— Контроль. Диагностика.— 2014.— № 8.— С. 28–34.
5. Данилов В. Н. К расчету акустического поля наклонного преобразователя в дальней зоне.— Дефектоскопия.— 2009.— № 12.— С. 36–51.
6. Данилов В. Н. К расчету АРД-диаграмм прямых преобразователей для отражателей сферической и цилиндрической форм.— Дефектоскопия.— 2009.— № 8.— С. 38–55.
7. Данилов В. Н. К расчету эхосигналов поперечных и продольных волн от отражателей с плоскими поверхностями.— Дефектоскопия.— 2010.— № 1.— С. 34–55.
8. Данилов В. Н. О диаграмме направленности наклонного преобразователя в режиме приема.— Дефектоскопия.— 2011.— № 4.— С. 35–49.

9. Данилов В. Н. Расчет акустического тракта наклонного преобразователя для цилиндрического отражателя.— Контроль. Диагностика.— 2015.— № 1.— С. 33–45.

10. Данилов В. Н. Расчет амплитуд эхосигналов для совмещенного прямого преобразователя и отражателя типа плоскодонного отверстия различной формы.— Дефектоскопия.— 2008.— № 7.— С. 28–41.

11. Данилов В. Н. Формулы акустического тракта дальней зоны совмещенного наклонного преобразователя для угловых отражателей типа вертикального цилиндрического отверстия и засверловки.— Контроль. Диагностика.— 2015.— № 10.— С. 9–16.

12. Данилов В. Н., Ермолов И. Н. Изменение амплитуды донного сигнала с расстоянием.— Дефектоскопия.— 1998.— № 5.— С. 57–63.

13. Данилов В. Н., Ермолов И. Н. К вопросу о распределении напряжений и смещений на поверхности пьезопластины.— Дефектоскопия.— 1999.— № 9.— С. 32–37.

14. Данилов В. Н., Ермолов И. Н. К вопросу о расчете АРД-диаграмм.— Дефектоскопия.— 2000.— № 7.— С. 35–43.

15. Данилов В. Н., Ермолов И. Н. К расчету кривой «донный сигнал» с помощью компьютерной модели.— Дефектоскопия.— 1999.— № 4.— С. 12–17.

16. Данилов В. Н., Ермолов И. Н. Расчет АРД-диаграммы по максимуму эхосигнала.— Дефектоскопия.— 2000.— № 12.— С. 35–42.

17. Ермолов И. Н. Амплитуда эхосигнала от угловых отражателей.— Дефектоскопия.— 1997.— № 1.— С. 3–11.

18. Ермолов И. Н. Исследование влияния размеров и глубины залегания дефектов металла на амплитуду ультразвукового сигнала: дис. ... канд. техн. наук.— М.: ЦНИИТМАШ, 1959.— 189 с.

19. Ермолов И. Н. Исследование чувствительности теневого метода ультразвуковой дефектоскопии.— Заводская лаборатория.— 1968.— № 6.— С. 703–707.

20. Ермолов И. Н. К вопросу о выборе оптимальных параметров эхо-метода ультразвуковой дефектоскопии.— Дефектоскопия.— 1965.— № 6.— С. 51–61.

21. Ермолов И. Н. К вопросу о чувствительности теневого метода дефектоскопии.— Дефектоскопия.— 1968.— № 4.— С. 88–89.

22. Ермолов И. Н. Контроль ультразвуком: краткий справочник.— М.: НПО ЦНИИТМАШ, 1992.— 86 с.

23. Ермолов И. Н. Методика измерения затухания ультразвука (обзор).— Заводская лаборатория.— 1992.— № 6.— С. 26–30.

24. Ермолов И. Н. Методики измерения затухания продольных волн.— Дефектоскопия.— 1995.— № 7.— С. 3–12.

25. Ермолов И. Н. Методы расчета акустического тракта ультразвукового дефектоскопа.— I. Акустическое поле нормального контактного искателя.— Дефектоскопия.— 1967.— № 3.— С. 41–50.

26. Ермолов И. Н. Методы расчета акустического тракта ультразвукового дефектоскопа.— II. Акустический тракт для отражения от дискообразного дефекта и бесконечной плоскости.— Дефектоскопия.— 1967.— № 4.— С. 15–23.

27. Ермолов И. Н. Методы расчета акустического тракта ультразвукового дефектоскопа.— III. Акустический тракт для отражения от сферического и цилиндрического дефектов.— Дефектоскопия.— 1967.— № 5.— С. 32–39.

28. Ермолов И. Н. Методы ультразвуковой дефектоскопии.— Ч. I.— М.: МГИ, 1966.— 267 с.

29. Ермолов И. Н. Методы ультразвуковой дефектоскопии.— Ч. II.— М.: МГИ, 1968.— 116 с.

30. Ермолов И. Н. Наклонный преобразователь — вклад советских ученых в теорию и практику ультразвукового контроля.— Дефектоскопия.— 1991.— № 4.— С. 56–65.

31. Ермолов И. Н. Настройка чувствительности ультразвукового дефектоскопа.— Заводская лаборатория.— 1964.— № 2.— С. 193–197.

32. Ермолов И. Н. О возможности применения теории скалярного звукового поля для расчета акустического тракта ультразвукового дефектоскопа.— Акустический журнал.— 1959.— Т. V.— № 2.— С. 247–249.

33. Ермолов И. Н. О представлении поля излучения — приема нормального искателя.— Дефектоскопия.— 1970.— № 2.— С. 51–57.

34. Ермолов И. Н. Об измерении затухания.— Дефектоскопия.— 1999.— № 11.— С. 98–103.

35. Ермолов И. Н. Оптимизация условий контроля ультразвуковым эхо-методом.— I. Расчет сигналов от дефектов.— Дефектоскопия.— 1996.— № 2.— С. 87–106.

36. Ермолов И. Н. Оптимизация условий контроля ультразвуковым эхометодом.— II. Основные эксплуатационные характеристики эхо-метода и их оптимизация.— Дефектоскопия.— 1996.— № 3.— С. 82–98.

37. Ермолов И. Н. Отражение поперечных волн от прямого двугранного угла.— Дефектоскопия.— 1994.— № 10.— С. 3–8.

38. Ермолов И. Н. Отражение ультразвука от дефектов различной формы.— Дефектоскопия.— 1970.— № 4.— С. 17–24.

39. Ермолов И. Н. Теоретическое и экспериментальное исследование ультразвуковых методов контроля, разработка аппаратуры и технологии дефектоскопии в энергомашиностроении: дис. ... д-ра техн. наук.— М.: ЦНИИТМАШ, 1969.— 357 с.

40. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля.— М.: Машиностроение, 1981.— 240 с.

41. Ермолов И. Н., Вopilкин А. Х., Бадалян В. Г. Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии (краткий справочник).— М.: НПЦ НК «ЭХО+», 2000.— 109 с.

42. Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Неразрушающий контроль.— Т. 3: Ультразвуковой контроль: справочник.— М.: Машиностроение, 2004.— 864 с.

43. Ермолов И. Н., Пилин Б. П. Современное состояние и перспективы развития ультразвукового контроля металла с крупно-

зернистой структурой.— Заводская лаборатория.— 1979.— № 1.— С. 46–52.

44. Ермолов И. Н., Рыжов-Никонов В. И. Теория работы пьезоэлектрических искателей ультразвуковых дефектоскопов.— I. Основные уравнения электроакустического тракта ультразвукового дефектоскопа.— Дефектоскопия.— 1976.— № 5.— С. 7–17.

45. Ермолов И. Н., Рыжов-Никонов В. И. Теория работы пьезоэлектрических искателей ультразвуковых дефектоскопов.— II. Результаты исследований электроакустического тракта эхо-дефектоскопа.— Дефектоскопия.— 1976.— № 6.— С. 64–75.

46. Ермолов И. Н., Щербинский В. Г. Об использовании АРД-диаграмм при контроле наклонными искателями.— Дефектоскопия.— 1970.— № 6.— С. 41–46.

47. Игорь Николаевич Ермолов. Жизнь и дефектоскопические истории: сборник.— М.: Ассоциация Спектр-Групп, 2008.— 111 с.

48. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник: под ред. В. В. Клюева.— Книга 2.— М.: Машиностроение, 1976.— 326 с.

49. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник: под ред. В. В. Клюева.— Книга 2.— 2-е издание, перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1986.— 348 с.

50. Рахимов В. Ф., Ермолов И. Н. Об отражении акустических волн от диска.— Дефектоскопия.— 1984.— № 4.— С. 3–11.

51. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля: под ред. И. Н. Ермолова.— М.: Машиностроение, 1986.— 280 с.

52. Ямщиков В. С., Данилов В. Н. Об отражении продольных и поперечных упругих волн от цилиндрической полости в полупространстве.— Дефектоскопия.— 1984.— № 4.— С. 3–11.

СОДЕРЖАНИЕ

От издателя. <i>А. Х. Вовилкин</i>	3
«Акустический тракт» имени Игоря Ермолова. <i>В. В. Клюев</i>	5
Часть I. Моя жизнь. <i>И. Н. Ермолов</i>	9
Мои университеты	10
Майя	12
Наконец работа!	14
О Ромке с помойки	17
Тоже студенты... ..	19
На лыжах и велосипедах	21
Как ребяташки болели	24
Квартирный вопрос	26
О «политике» в науке	28
Казус в аудитории	29
Мой чешский друг	30
Памятная встреча	32
Подводя итоги	35
Часть II. Дефектоскопические истории. <i>И. Н. Ермолов</i>	37
Первый серийный	38
Как стать дефектоскопистом	40
Акустический тракт	43
А есть ли минимумы?	44

О зарубке	47
Сало как идеальная контактная среда	52
Чудеса ультразвука	60
Почему сигнал не пальпируется?	61
Почему сигнал даже увеличивается?	61
Почему помехи почти не изменяются?	62
Прохождение через слой воздуха	63
Прохождение через слой масла	65
Почему кривая нелинейна?	66
Точка выхода	67
Структура	69
Контроль поверхности канала	72
Как я проверяю дефектоскоп	75
Сварные роторы	80
Почему угол ввода уменьшается?	83
Откуда «лишний» импульс?	85
Часть III. И это все о нем (воспоминания о И. Н. Ермолове)	89
Студент Игорь Ермолов. <i>М. И. Ермолова</i>	90
Профессор и его жена. <i>А. Х. Вopilкин</i>	93
Ермоловская «фазенда». <i>М. И. Ермолова</i>	95
Все началось с яблока. <i>В. Т. Бобров</i>	98
Мой наставник. <i>А. Х. Вopilкин</i>	102
К 70-летию И. Н. Ермолова. <i>В. Н. Данилов</i>	106
Неоценимая помощь. <i>В. Г. Бадалян</i>	108
До и после. <i>Е. Г. Базулин</i>	109
Харизматичный и принципиальный. <i>В. Г. Щербинский</i>	110
История метода. <i>В. Г. Щербинский</i>	117
Образец ученого. <i>В. Т. Власов</i>	123
«Козел», футбол и преферанс. <i>В. Г. Щербинский</i>	127
Нарушение инструкции. <i>В. Г. Щербинский</i>	130
Товарищ и друг. <i>В. Т. Бобров</i>	131

За рубежом. <i>М. И. Ермолова</i>	134
Наши путешествия. <i>М. И. Ермолова</i>	136
Все четыре колеса. <i>А. Х. Вopilкин</i>	143
Рядовой — громкое звание. <i>В. Т. Бобров</i>	145
Всего один звонок. <i>Л. В. Воронкова</i>	147
Случай в командировке. <i>Л. В. Воронкова</i>	149
Ученый и джентльмен. <i>Н. П. Бирюкова</i>	150
Талант, умноженный на труд. <i>Ю. В. Ланге</i>	152
Физика и лирика. <i>А. Х. Вopilкин</i>	157
Знакомство. <i>Н. П. Разыграев</i>	163
Первые годы в ЦНИИТМАШ	164
Головные волны	166
Антикоррозионная наплавка	170
Школа <i>И. Н. Ермолова</i> в ЦНИИТМАШ	171
Последние дни	173
Часть IV. Разработка и развитие теории ультразвукового контроля профессором <i>И. Н. Ермоловым</i>. <i>В. Н. Данилов</i>	175
Литература	192

ИГОРЬ ЕРМОЛОВ. Жизнь, наука и дефектоскопические истории

(под ред. А. Вopilкина)

Издательство «Человек слова»

Быстро, умно, современно

www.redcorr.ru

- Редактирование рукописей ·
- Издание книг под ключ ·

(PR-книги, корпоративные книги, биографии, мемуары, поэзия,
художественная литература, прикладная литература)

- Издание корпоративных журналов и газет ·
- Редактирование диссертационных работ ·
- Копирайтинг ·
- Консультации ·

Контакты для авторов: +7 (495) 508-75-91, hello@redcorr.ru

Контакты для партнеров: glavred@redcorr.ru

Дизайнер-верстальщик Ю. Глебова

Редактор В. Макашина

Корректор Т. Нехотина

Руководитель проекта В. Хатмуллина

Подписано в печать 12.01.2017.

Формат 60x90/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Myriad Pro.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,5.

Тираж 250 экз.

« **Игорь Николаевич Ермолов**

был для меня эталоном не только ученого-бесребреника, но и честности и порядочности как в науке, так и в жизни. Я видел, как он работает над научными статьями и книгами, с какой тщательностью выверяет каждый научный результат. Человек строгих моральных принципов, он не терпел фальши и непорядочности как в науке, так и в людях, с которыми общался. Будучи много лет его заместителем по ультразвуковой лаборатории, я имел блестящую возможность учиться у него лучшим качествам настоящего человека — ученого и патриота своей страны, которыми он обладал в полной мере».

Профессор А. Х. Вовилкин



ЧЕЛОВЕК СЛОВА
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ФУНДАЦИЯ

www.redcorr.ru
+7 (495) 508-75-91
hello@redcorr.ru