

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р





Сергей Яковлевич Соколов (1940 г.)

**В. К. Иофе, Е. Н. Мясникова,
Е. С. Соколова**

**СЕРГЕЙ ЯКОВЛЕВИЧ
СОКОЛОВ**

(1897—1957)



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД
1976**

Сергей Яковлевич Соколов. В. К. Иофе, Е. Н. Мясникова, Е. С. Соколова. Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Л., 1976, с. 1—151.

Книга посвящена основоположнику советской ультразвуки члену-корреспонденту Академии наук СССР Сергею Яковлевичу Соколову. Биографический материал книги охватывает детство, юность и зрелые годы С. Я. Соколова. Параллельно излагается рождение смелых идей ультразвуковой дефектоскопии, звуковидения, а также процесс их технической реализации в виде выдающихся изобретений, воплотившихся в приборах, позволяющих заглянуть в глубь материи и «видеть» в темноте. Рассказывается о создании С. Я. Соколовым мощной научной школы советских акустиков.

Библ. назв. 55, илл. 19.

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ
ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров, Б. Г. Кузнецов,
В. И. Кузнецов, А. И. Купцов, Б. В. Левшин,
С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев, Н. А. Физуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский.*

Предисловие

В последние десятилетия на страницах газет и журналов, по радио и телевидению все чаще и чаще появляются сообщения о самых разнообразных применениях ультразвука.

«Исследования и применения неслышимого звука — это, пожалуй, одна из самых увлекательных страниц великой книги человеческих знаний.

... первые научные изыскания носили чисто академический характер. Однако практика поставила некоторые неотложные задачи, и новые открытия наметили пути к их разрешению. Неслышимый звук получил многочисленные применения».*

Еще совсем недавно невероятной казалась возможность применения ультразвука для механической обработки деталей. Теперь с помощью ультразвука можно фрезеровать, сверлить, резать, причем ультразвуковое резание применяется не только для металлов, но и для керамики, стекла, кварца, корунда и даже алмаза!

С помощью ультразвука можно производить пайку и сварку, при этом ультразвуковой метод разрешает очень тонкую пайку редких металлов; возможной стала микроскопическая сварка очень мелких деталей, что особенно важно в современной микроэлектронике. Такая «холодная» сварка позволяет сваривать разнородные металлы, а также пластмассы с металлами.

Ультразвуковая очистка деталей, в частности их обезжиривание, оказалась высококачественной и безвредной для тонких деталей. Особенное значение она получила в часовом, электровакуумном и оптическом производствах, а также в полупроводниковой технологии.

* Л. Л. Мясников. Неслышимый звук. Л., «Судостроение», 1967, с. 3.

Ультразвук применяется для сушки, например при производстве бумаги, в текстильной промышленности, — там, где горячая сушка может повредить материал.

Процесс выпадания осадка под действием ультразвука используют для осаждения дыма и сажи, для улавливания пылинок ценных металлов. Ультразвук выступает как катализатор, ускоряя и изменяя ход химических реакций.

Ультразвуковые методы получили широкое признание в диагностике, терапии и хирургии, являясь мощным средством для локализации опухолей, в особенности в тканях мозга, для операции внутренних органов без вскрытия кожного покрова. Ультразвук достаточной мощности фокусируется в оперируемой точке. При этом концентрация его на других участках совершенно безвредна.

В настоящее время ультразвуковые и звуковые приборы находят самое широкое применение в навигационных устройствах. Вертикальные и горизонтальные эхолоты предназначаются для определения глубин и обнаружения различного рода препятствий: айсбергов, подводных лодок и т. д. Так, например, советские ученые провели исследования глубин в арктическом бассейне и обнаружили хребет, который они назвали именем М. В. Ломоносова. Гидролокаторы успешно применяются для разведки косяков рыб. Связь между судами устанавливается путем передачи ультразвуковых сигналов через воду. В морском флоте ультразвук используется и как средство, противодействующее обрастанию корпуса судна морскими организмами (ультразвуковые вибрации корпуса отпугивают моллюсков, и, таким образом, обрастания не происходит).

Большая проникающая способность ультразвуковых колебаний ставит их на одно из первых мест среди прочих физических методов дефектоскопии (обнаружение раковин, трещин, неоднородностей без разрушения испытуемых изделий). Ультразвуковой дефектоскопии подвергаются в настоящее время детали двигателей внутреннего сгорания и турбин, автомобилей, самолетов, а также трубопроводы, заклепочные и сварные соединения и т. д.

«К числу самых, казалось бы, фантастических применений неслышимого звука относится видение посредством звука. Вряд ли что-либо подобное можно было

предсказать даже при самых блистательных взлетах фантазии; но звуковидение не фантазия, а реальность», — пишет Л. Л. Мясников.*

Сенсацией в свое время было изобретение ультразвукового микроскопа.

Таков далеко не полный диапазон применения ультразвука в нашей жизни, науке и технике. А еще полстолетия назад об ультразвуке знали только специалисты, число которых вряд ли превышало один-два десятка.

Пионерами ультраакустики являются Поль Ланжевен, Роберт Вуд, П. Н. Лебедев, С. Н. Ржевкин и С. Я. Соколов. Однако для всех, кроме С. Я. Соколова, исследования по физике ультразвука были только отдельными страницами их научной биографии; С. Я. Соколов посвятил этому всю свою жизнь. Ему принадлежит открытие видения посредством ультразвука и идея применения его для просвечивания твердых тел при исследовании структур, для интенсификации химических реакций и для других целей. Трудami С. Я. Соколова было положено начало промышленного применения ультразвука. Итогом его работ явилось широкое внедрение ультразвука в самые разнообразные области науки и техники.

Таким образом, член-корреспондент АН СССР, доктор технических наук, профессор, дважды лауреат Государственной премии Сергей Яковлевич Соколов по праву считается одним из основоположников советской ультраакустики.

Имя С. Я. Соколова приобрело мировую известность. Им создана большая научная школа. В СССР и за границей проводятся исследования и разработки в открытых им научных областях. Большинство ленинградских акустиков являются учениками С. Я. Соколова или учениками его учеников. В 1966 г. ими был организован Акустический семинар под руководством известного советского акустика заведующего кафедрой физики Ленинградского кораблестроительного института, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Л. Л. Мясникова. В дальнейшем этот семинар был преобразован в Акустический семинар Академии наук СССР.

* Там же, с. 3.

На первом же заседании Семинара был заслушан доклад Л. Л. Мясникова «Сергей Яковлевич Соколов — основатель советской ультраакустики». В последующие годы памяти С. Я. Соколова было посвящено несколько заседаний Семинара. Особо следует отметить заседание в мае 1972 г., посвященное 15-летию со дня смерти С. Я. Соколова. На этом заседании после заслушивания докладов и воспоминаний было принято решение об увековечении памяти С. Я. Соколова. В частности, было решено написать научную биографию ученого. Эту почетную обязанность взяли на себя Л. Л. Мясников и Е. Н. Мясникова. Но, к глубокому сожалению, Л. Л. Мясников вскоре скончался. Однако это не заставило участников Семинара отказаться от намерения создать биографию С. Я. Соколова, чьи идеи и цели продолжали вдохновлять его многочисленных учеников и последователей. Эта работа была поручена авторам настоящей книги.

Живое участие в подготовке материалов приняли многочисленные ученики и сотрудники С. Я. Соколова, его родные, близкие и друзья. Им стоило немалого труда написать свои воспоминания.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Д. И. Агапова, Е. И. Аладышкина, О. И. Бабикова, И. Я. Брейдо, А. С. Голубева, А. Л. Давыдова, Д. Б. Дианова, А. Н. Качеровича, И. И. Ключкина, А. Е. Колесникова, Е. Е. Колесникова, И. А. Комарова, А. П. Кораблеву, В. Н. Лепешинскую, И. Н. Мельтрегера, М. Е. Можжевелову, Е. Д. Пигулевского, В. Г. Прохорова, И. С. Погребова, В. Н. Соколову, Н. С. Соколову, О. Г. Страхову, Е. П. Тарасову, Б. Д. Тартаковского, Б. К. Федюшина, А. В. Харитонова, Е. Н. Шашкова, Л. А. Яковлева, а также участников Ленинградского акустического семинара, воспоминания которых фрагментарно были использованы при написании научной биографии С. Я. Соколова.

Детство и юность

Сергей Яковлевич Соколов родился 8 октября 1897 г. в селе Кряжим Саратовской губернии, Вольского уезда, Улыбовской волости. Отец его — Яков Васильевич — был малограмотный крестьянин из середняков, мать — Евдокия Фроловна (урожденная Варяшина) — умерла рано, когда сыну исполнилось 18 лет.

Семья Соколовых была многодетной, но из 17 детей остались в живых только четверо. Жили они бедно. Изба Соколовых ничем не отличалась от других домов, покосившихся и наполовину вросших в землю. На широкой улице не было ни одного деревца. Неподалеку в низине текла речка Терешка, в которой купались сельские ребята. Вдоль речки тянулись огороды. С 7—8 лет мать брала Сережу с собой в соседнее село, где они пололи в имении Кокушкиных. Он полол плохо, и управляющий говорил: «Ты бы еще сосунка принесла...». Мать работала за двоих и за двоих получала плату.

Сережа рос любимцем бабушки Матрены (матери отца), сыгравшей в его жизни большую роль. Эта неграмотная, но очень умная женщина пользовалась в семье большим авторитетом. Сыновья слушались ее беспрекословно. Восьми лет по настоянию бабушки Сережа поступил в церковноприходскую школу в селе Кряжим, хотя Яков Васильевич был против этого. Он был недоволен и тем, что сына неудержимо тянуло к книгам. Бывало, Сережа, собираясь на полевые работы, тайком брал с собой интересную книгу и, воспользовавшись недосмотром отца, с увлечением читал ее, не откликаясь на его зов, а потом получал хорошую взбучку.

Однако Сережа интересовался не только книгами. Он с детской непосредственностью предавался и шалостям. Позднее, смеясь от души, Сергей Яковлевич вспоминал, как его дядя, совсем еще мальчик, всего на несколько лет



Яков Васильевич и Евдокия Фроловна (урожд. Варяшина) Соколовы.

старше Сережи, подбил ребят из бани домой бежать не одеваясь и как наиболее храбрые во главе с Сережей неслись по деревне с выпученными от холода глазами и заскакивали в свои избы.

После окончания церковноприходской школы в 1911 г. Сережа Соколов — опять же по настоянию бабушки — поступил в двухклассное сельское училище в селе Вязовка, где жил в интернате.

Сергей Яковлевич всегда очень тепло вспоминал о бабушке. В его памяти сохранился такой эпизод: получив от нее две копейки, он купил на базаре в Вольске грушевый квас и с наслаждением пил его. До седых волос любил Сергей Яковлевич и рубашки голубого цвета —

в память о первой голубой косоворотке, сшитой ему бабушкой. Когда он уже стал видным ученым, его письменный стол всегда украшала фотография бабушки Матрены. Во время блокады Ленинграда этот портрет пропал, и Сергей Яковлевич писал из Горького: «В кабинете в лаборатории я оставил фото моей бабушки, единственное фото, посмотрите в столе».*

В 1913 г. он окончил Вязовское училище и получил звание сельского учителя. Однако на селе не остался и в этом же году уехал в Саратов поступать в среднетехническое училище. Чтобы быть допущенным к сдаче экзаменов, Сережа поступил в 4-й класс городского училища. Его соседом по парте оказался Исайка, большой лентяй. Отец его, часовых дел мастер, видя необыкновенную целеустремленность и завидное прилежание Соколова, предложил ему полный пансион, за что тот в свою очередь должен был помогать сыну учиться.

Конкурс в среднетехническое училище был огромный, так как в Саратов съезжались юноши со всей Волги. Сережа блестяще сдал вступительные экзамены и в 1914 г. был принят в училище. Жил он весьма скромно. Ходил в вегетарианскую столовую, в которой питался бесплатно, в счет репетиторства трех дочерей хозяина.

После окончания первого курса вместе с тремя товарищами он организовал подготовку поступающих в училище. У них были собраны типовые задачи по физике и математике, а также сочинения, и они добросовестно натаскивали сынков зажиточных родителей.

В это время произошли большие изменения в жизни семьи Соколовых. В 1915 г. умерла его мать, которую придавило перевернувшейся телегой, и отец, оставшись с четырьмя детьми на руках, женился на вдове Арине Захаровне, очень доброй, заботливой и красивой женщине. В дальнейшем Сергей Яковлевич всю жизнь помогал им. Благодаря ему сестра и братья получили высшее образование. Екатерина Яковлевна окончила университет и стала биологом, старший брат — Михаил Яковлевич — инженером-строителем, а младший — Иван Яковлевич — инженером-электриком.

* Архив Е. С. Соколовой.

Учеба Сергея в училище продолжалась успешно. Однако в стране было тревожно: шла империалистическая война, надвигались грозные события 1917 года — произошла Февральская революция, а вслед за ней грянула Октябрьская. Начала бушевать гражданская война.

Все эти события не прошли мимо училища. Учебные мастерские стали работать по заказам военно-промышленного комитета. Когда же враг начал подступать к Саратову, многие учащиеся были мобилизованы в Красную Армию, а большинство привлекалось для рытья окопов и других оборонительных сооружений.

Как ни странно, именно в этот период начали упорно ходить слухи о преобразовании училища в Политехнический институт. Основанием для этого служили: прекрасное оборудование лабораторий и мастерских, высококвалифицированный преподавательский состав, высокий уровень подготовки учащихся и их успеваемость. Кстати, подготовка учащихся была не только теоретической, но и практической. В конце каждого учебного года учащиеся проходили практику сначала в мастерских, а потом в качестве помощников машинистов на железной дороге. Выпускников Саратовского училища охотно приглашали на руководящие инженерные должности в промышленности. По сравнению с выпускниками общеобразовательных средних учебных заведений того времени (гимназий, реальных училищ и т. п.) воспитанники технического училища были вполне сформировавшимися специалистами. К тому же и по возрасту они были старше оканчивающих гимназии и реальные училища.

В годы гражданской войны почти все они приняли участие в разгроме белогвардейщины. После окончания училища в 1919 г. Сергей также был мобилизован в Красную Армию и с жаром отдался работе в ее технических частях — организации выпуска сухих гальванических элементов для военной связи, которая была парализована из-за отсутствия источников питания армейской аппаратуры.

Но время шло, и все более отчетливо вырисовывались контуры победы над врагом, все больше внимания стало уделяться культурному строительству, народному образованию, подготовке специалистов.

Для Сергея Соколова наступила возможность осуществить свою давнюю мечту о получении высшего элек-



*Сергей Соколов — выпускник Саратовского
среднетехнического училища (1919 г.).*

тротехнического образования. Куда же было ехать, как не в Петроград, где находился в то время единственный в стране Электротехнический институт (ЭТИ).^{*} И в 1921 г., сразу после демобилизации, Сергей направляется в Петроград. Вслед за ним большая группа его друзей-саратовцев едет в Петроград, чтобы поступить в тот же институт.

Студенческие годы **

Красивое здание на углу Аптекарского проспекта и Песочной улицы (ныне ул. проф. А. С. Попова) с башен-

^{*} С 1924 г., в связи с переименованием Петрограда в Ленинград, электротехнический институт сокращенно стал называться ЛЭТИ.

^{**} В этой главе широко использованы материалы юбилейного сборника, посвященного 75-летию ЛЭТИ. Изв. ЛЭТИ, вып. 1. «Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)». ЛГУ, 1963.

ками и громадным угловым окном институтской библиотеки, увитым диким виноградом, показалось Сергею настоящим храмом пауки. Обойдя институт кругом, он увидел за кирпичным забором времен Петра I институтский парк, не очень большой, но тенистый и зеленый. По окончании I курса Сергею пришлось участвовать в практических занятиях по топографии, проводившихся в этом парке.

Не меньшее впечатление произвел на него институт и внутри. Большая аудитория (впоследствии аудитория им. В. В. Воровского) была построена амфитеатром и оборудована трубками «холодного света» — трубками Мура; меньшие аудитории — физическая и химическая — также располагались амфитеатром; в многочисленных лабораториях стояла еще таинственная для новичка аппаратура. Один из старшекурсников рассказал Сергею, что в 1905 г. в ЭТИ выступал В. И. Ленин. В одной из аудиторий за доской он показал небольшую дверь, которая вела в комнату, где скрывался В. И. Ленин от царской полиции.

Имея среднетехническую подготовку, Сергей Яковлевич Соколов без труда был зачислен в ЭТИ на электротехнический факультет.

Что же представлял собой институт в те годы?

9 декабря 1918 г. были введены «Временные правила по управлению институтом», утвержденные Народным комиссариатом почт и телеграфов РСФСР. Этими «Правилами» утверждалась выборность правления института: «из 5 членов двух — от профессоров, одного — от преподавателей и двух — от студенчества». Разрешался прием в институт женщин. Однако обучающихся было немного, так как еще шла гражданская война и молодежь сражалась на фронте в рядах Красной Армии. К концу 1919 г. общее число студентов не превышало 80—90 человек. В этом году было выпущено всего четыре инженера. Как только улучшилось положение на фронтах, в институт стали возвращаться студенты довоенных приемов.

Советское правительство, всегда уделявшее большое внимание подготовке технических специалистов, в марте 1920 г. издало декрет об ускоренном выпуске инженеров, создав, в частности, «Особую комиссию по ускоренному выпуску инженеров-электриков».

Тогда же Советским правительством был поставлен вопрос о реформе высшей школы. В июне в Москве со-



ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина). 1-й корпус.

стоялась конференция представителей различных вузов страны, на которой выступил нарком просвещения А. В. Луначарский. В частности, обсуждался вопрос о продолжительности сроков обучения во втузах (варианты: 3 года, 3,5, 4 и 5 лет). В соответствии с решениями конференции летом 1920 г. в ЭТИ был принят 4-летний срок обучения.

Произошли и другие реформы в учебной жизни. Принцип оценок знаний студентов был видоизменен, в зачетной книжке фиксировалось только «зачтено». Лишь дипломные проекты оценивались дифференцированно.

В институте тогда же были организованы три факультета: электротехнический факультет (ЭТФ), охватывающий всю энергетику; электрофизический факультет (ЭФФ), охватывающий технику связи (телефон, телеграф, радио и железнодорожную сигнализацию); электрохимический факультет (ЭХФ). Но основным направлением института была энергетика.

В октябре 1920 г. в институте возобновились нормальные занятия. Студенты и преподаватели были

зачислены на получение продовольствия по нормам рабочих, а ускоренники — по нормам рабочих вредных и горячих цехов. Начали завозить топливо. Правда, нередко возникали угрозы прекращения занятий из-за длительных перерывов в снабжении. Несмотря на эти затруднения и серьезную обстановку на фронтах, 1920—1921 учебный год был закончен благополучно и институтская жизнь вошла в свою колею.

Студенты ЭТИ, как и прежде, получали фундаментальную подготовку благодаря тому, что профессорско-преподавательский состав института был весьма высокой квалификации и по своей подготовке находился на уровне передовой науки того времени. Вспоминая студенческие годы, Сергей Яковлевич с большим уважением и теплотой отзывался о своих учителях.

В те годы физику читал профессор Митрофан Михайлович Глаголев — эрудированный ученый и прекрасный лектор, отражавший в своем курсе передовые идеи своего времени. В дальнейшем он стал одним из родоначальников советской электровакуумной техники. Лабораторные занятия проводил Борис Павлович Козырев, впоследствии профессор ЛЭТИ, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Сергей Иванович Покровский — мастер отточенных формулировок — читал курс электричества и магнетизма. Он был весьма строг на экзаменах. Чтобы получить у него положительную оценку, надо было ответить на все вопросы. Стоило запнуться хотя бы на одном — и студент с позором изгонялся. Так, один из студентов, впоследствии видный инженер, руководитель треста, одиннадцать раз «встречался» с профессором.

Химию преподавал профессор Илья Васильевич Гребенщиков (впоследствии академик), теорию переменных токов — профессор Пантелеймон Антонович Щуркевич, погибший во время блокады Ленинграда; Федор Иванович Холуянов вел курс электрических машин, или, как тогда называлось, электромеханику.

Технологию металлов читал профессор Борис Павлович Овсянников. Он не скрывал своего весьма критического отношения к женщинам, получавшим высшее техническое образование. Будучи человеком преклонных лет, он с трудом воспринимал новые отношения и порядки в институте. Как-то раз на обращение одного из сту-

дентов «товарищ Овсянников» с негодованием ответил: «Я Вам не товарищ Овсянников, а профессор».

Математику читал Яков Давыдович Тамаркин, которому «отец кибернетики» Н. Винер посвятил несколько слов в книге: «Я — математик»; курс приближенных вычислений очень четко излагал А. Ф. Гаврилов. Оригинально читал лекции по технике высокого напряжения профессор Александр Антонович Смуров.

Колоритной фигурой был Гурий Васильевич Колосов — выдающийся специалист в области теории упругости, позднее член-корреспондент АН СССР. Теоретическую механику он читал увлеченно, стремясь передать студентам основу предмета. Но при этом он развлекал их своей рассеянностью, порождавшей веселые и добродушные анекдоты. На лекцию он всегда приходил в визитке и в красном галстуке. Бывало, забывшись, он вытирал пот со лба тряпкой для стирания мела.

Пожалуй, наибольшее влияние на Сергея Яковлевича оказал профессор Имант Георгиевич Фрейман (1890—1929), читавший специальный курс радиотехники. С его именем связано развитие советской радиотехники того времени. Имант Георгиевич был глубоко и разносторонне эрудированным ученым, энергичным и талантливым организатором. Многие годы большой известностью пользовалась его книга «Курс радиотехники». Лекции он читал негромким голосом, очень доходчиво и убедительно. К сожалению, И. Г. Фрейман умер очень рано от миллиарного туберкулеза. Он оставил после себя плеяду талантливых учеников — будущих академиков Акселя Ивановича Берга и Александра Николаевича Щукина и членов-корреспондентов Сергея Яковлевича Соколова и Владимира Ивановича Сифорова. Его учеником является также создатель советского звукового кино Александр Федорович Шорин.

Имант Георгиевич был не только крупным ученым, но и человеком большой культуры. Он старался приобщить своих учеников к театру, музыке, сам прекрасно играл на рояле, хорошо танцевал, был веселым и обаятельным собеседником.

подавляющее большинство профессоров и преподавателей института, хотя и привыкших к старым дореволюционным традициям, корректно и благожелательно относились к новому студенчеству.

Методика обучения сохранилась классической: лекции, упражнения (решение задач и выполнение расчетов), лабораторные занятия. Посещение лекций было не обязательным. Обычно вывешивалось объявление, что такой-то профессор будет читать курс лекций. Желаящие посещать эти лекции должны были записаться под объявлением. Если лекции повторяли учебники или известные книги, то на них почти никто не ходил. Экзамены сдавали в любое время, по договоренности с профессором, причем любой зачет и экзамен можно было сдать неограниченное число раз. Но при такой системе обучения халтурщику было не пройти.

Жажда знаний и большая самостоятельность — вот характерные черты студентов нового типа. Многие из них уже вели научную работу, некоторые занимали даже инженерные должности в промышленности.

Уровень подготовки специалистов был очень высоким. И это несмотря на то, что вплоть до 1924 г. в зимнее время лекции читались в нетопленных помещениях, студенты и преподаватели в аудиториях сидели в пальто и шапках. Лекции записывали карандашами на газете или на клочке оберточной бумаги. Когда привозили дневной паек, студенты и преподаватели шли в подвал института, в «каштерку», где выдавали хлеб. Получив паек, все снова возвращались в аудитории, и лекции продолжались. Были случаи, когда студенты, да и преподаватели тут же расправлялись со своим пайком. Иногда из-за перерывов в снабжении студентам выдавали суп на селедочном отваре с крошками, остававшимися после выдачи хлеба.

Тяжелые материальные условия, в которых жили студенты, заставляли их искать побочные доходы. Но получение работы в индивидуальном порядке было делом нелегким, поэтому студенты организовывались в артели и работали на разгрузке дров, угля, овощей, товаров в порту и т. д.

Студенческое технико-производственное бюро (ТПБ) подыскивало более интересные работы — по специальности, — которые и оплачивались лучше. Широко использовалось привлечение студентов для работ на кафедрах. Так, например, силами студентов была оборудована первая в СССР лаборатория электрификации фабрик и заводов, носящая ныне имя проф. С. А. Ринкевича.

Надо сказать, что 20-е годы знаменовали собой переход от «века пара» к «веку электричества». Текстильные фабрики были еще оборудованы преимущественно групповым приводом от паровых машин. Но уже начинала широко внедряться электрификация во всех ее разновидностях. Эти работы выполнялись подрядным методом студентами, имевшими практические навыки по электротехнике. Первокурсники же по всему городу заменяли газовые фонари электрическими. С. Я. Соколов вместе со своим земляком Д. И. Агаповым телефонизировал суконную фабрику, делал проводку в здании одного из консульств. Но это уже было позднее, а в первое время по приезду в Петроград он ходил по квартирам, предлагая свои услуги по установке электропроводки. «Я проводил свет в бане и первый раз хорошо заработал!» — вспоминал С. Я. Соколов.

Сразу же после поступления в институт Сергей Соколов окунулся в кипучую студенческую жизнь. Как уже упоминалось, в те годы студенчество играло большую роль в управлении институтом. Большим влиянием пользовался и студенческий профсоюзный орган — исполбюро; подавляющее большинство в партийной организации института также составляли студенты. Это становится понятным, если учесть, что многие студенты, пришедшие из Красной Армии, с производства, имели уже большой жизненный опыт. Например, такой важный вопрос, как распределение стипендий, был в руках самих студентов. Основным критерием при этом служило социальное происхождение.

Однако студенчество тех лет не было единым. С одной стороны, это молодые люди буржуазного происхождения и из интеллигенции, с другой — студенты из рабочих и крестьян, прошедшие 2—3-летнюю подготовку на рабочих факультетах. Отношения между ними были настороженными. Но среди рабоче-крестьянского студенчества установилась настоящая дружба и взаимовыручка: они одалживали друг у друга одежду, зачастую делились своим скудным пайком. Жили студенты в институтском общежитии и на частных квартирах. Впоследствии в ЛЭТИ была организована коммуна.*

* Жизнь коммуны ЛЭТИ подробно описана в книге: М. О. Янковский. Коммуна-133. Очерки быта красного студенчества. Л., «Прибой», 1929.

Частые собрания, диспуты, горячие обсуждения различных проблем были характерны для студенческой жизни того времени. Внимание студенчества привлекала тематика «Лиги времени», «Человека-машины». Делались научные доклады. Руководил этим В. В. Белоусов — преподаватель по курсу НОТ (научная организация труда), лекции которого всегда заканчивались аплодисментами. На доклады никого не приглашали, но аудитория В. В. Воровского, где они проходили, бывала полна народа.

Однажды пригласили знаменитого юриста дореволюционной России — профессора уголовного права Петроградского университета А. Ф. Кони, снискавшего уважение и авторитет у молодежи благодаря участию в процессе, где была оправдана Вера Засулич. Студенты достали сани (дело было зимой), а поскольку улицы Петрограда в те годы еще не освещались, то в ногах у кучера установили аккумуляторы, а на дугу повесили электролампочки, чем обеспечили спокойный проезд А. Ф. Кони в институт и обратно. Он говорил о молодежи, о том, какая она должна быть и что от нее ждет государство. Аудитория, как всегда в таких случаях, была переполнена.

Комсомольская жизнь была ключом. Перед институтом стояло много сложных и интересных проблем и задач. Основная из них — под руководством партии создать сначала кадры пролетарского студенчества, а затем и кадры советских специалистов. Этому противились студенты-белопопудочники, выходцы из дворянских и буржуазных семей. В институте постоянно велась идеологическая борьба, особенно остро вспыхивавшая на студенческих сходках и выборных собраниях в Советы депутатов. Реакционно настроенные студенты призывали не голосовать за большевиков, которые якобы довели Россию до разрухи и могут развалить высшую школу. Они утверждали, что рабочим и крестьянам не под силу овладеть высшим образованием. Требовалось немало выдержки, уверенности в своей правоте и веры в будущее, чтобы спорить с такими «ораторами» и убедить их в ошибочности подобных суждений.

На долгие годы запомнился Сергею Яковлевичу характерный для того периода эпизод. 1921 год. В «железном зале» Народного дома идет общерайонное собрание студентов по выборам депутатов в Петроградский

Совет. Одни студенты входят с пением «Интернационала», другие поют «Дни нашей жизни»; пролетарские студенты занимают места слева, их оппоненты — справа. Каждое выступление сочувствующего партии большевиков вызывает обструкцию (свистки, крики, стук) со стороны реакционного студенчества.

Так проходила студенческая жизнь Сергея Яковлевича Соколова, который активно реагировал на все события, происходящие вокруг него. Например, в дни наводнения в 1924 г. вместе с другими студентами, стоя по грудь в холодной воде, он спасал государственное имущество, хранившееся в подвалах института.

Занимаясь на электротехническом факультете, Сергей Соколов не сомневался в том, что избрал правильный путь. Этому способствовало то большое впечатление, которое произвела на него в самом начале учебы юбилейная научная конференция, посвященная 35-летию института. Тогда, в декабре 1921 г., он прослушал много докладов по вопросам современной электротехники. Доклады сопровождались эффектными демонстрациями: в поле высокой частоты загорались лампочки, в светотехнической лаборатории имитировался густой снег и т. п.

Вероятно, С. Я. Соколов так бы и кончил институт специалистом по сильным токам, если бы на старших курсах он не начал слушать лекции проф. И. Г. Фреймана, которые увлекли его настолько, что на последнем курсе он перешел с электротехнического факультета на электрофизический. Этот шаг С. Я. Соколов объяснял потом тем, что понял — будущее принадлежит радиотехнике.

Для перехода на другой факультет Соколову пришлось досдать много предметов: машины высокой частоты, телефонию, телеграфию, электровакуумные приборы, железнодорожную связь и сигнализацию и, конечно, специальный курс радиотехники И. Г. Фрейману.

Влияние Фреймана на Соколова было огромно. Подражая своему любимому учителю, Сергей отказался даже от неизменной косоворотки и стал носить белые рубашки с галстуком.

За время учебы в институте большие перемены произошли и в личной жизни Сергея Соколова.

Вскоре после поступления в институт он познако-

мился с Валею Ларионовой — умной девушкой из интеллигентной семьи. Они занимались в одной группе по математике у Александра Феликсовича Гаврилова.

На одном из институтских вечеров Валю пригласил танцевать Петя Папшицкий — земляк Сергея. После вечера он пошел к Соколову и всю ночь восторженно рассказывал о Вале Ларионовой. На другой день Сергей обратился к девушке с просьбой объяснить ему лекцию по электротехнике. Затем они стали вместе делать лабораторные работы по электрическим измерениям. После занятий Сергей начал провожать Валю домой, уверяя, что живет дальше ее, хотя сам снимал комнату на Васильевском острове, а Валя жила на ул. Чайковского. Трамваи тогда по вечерам не ходили, и он добирался домой пешком.

Они часто гуляли в Ботаническом саду, особенно любили беседку на горке. По воскресеньям ходили в Эрмитаж, Русский музей, Исаакиевский собор и осматривали дворцы Петербурга. Ездили в Детское Село (ныне г. Пушкин), в Павловск. Валя была для Сергея олицетворением обаяния и культуры. В то время Сергей Соколов был 27-летним худощавым, высоким молодым человеком с темными, умными и веселыми глазами.

В июне 1924 г. они поженились и сразу же после свадьбы поехали на родину Сергея — в село Кряжим.

Встретили их приветливо. Бабушка Матрена, к тому времени уже плохо видевшая, оцупала Валю и воскликнула: «Боже мой! Одни косточки!». Сергей рассмеялся: «Были бы косточки, а мясо-то будет!».

В августе они вернулись в Ленинград, погостили три дня у родителей Валентины Николаевны, а затем сняли комнату на Кировском проспекте, в доме № 73/75, у инженера Гельфгота. По счастливой случайности, на одной площадке с ними жили будущие академики Леонид Исаакович Манделъштам и Николай Дмитриевич Папалекси.

Л. И. Манделъштам и Н. Д. Папалекси переехали в Ленинград в начале 1924 г. в связи с переводом правления Треста заводов слабого тока, а также переездом радиолaborатории из Нижнего Новгорода (ныне г. Горький) и преобразованием ее в Центральную радиолaborаторию (ЦРЛ).

Сергею Соколову очень хотелось работать у Л. И. Манделъштама, но у Леонида Исааковича был свой метод

подбора сотрудников. Он предложил Соколову решить задачу и попросил прийти через три дня. Сергей вышел на лестницу. Сидя на подоконнике, он решил ее и сразу же вернулся обратно. Мандельштам посмотрел на решение и сказал: «Оформляйтесь!». Так Сергей Соколов еще студентом начал работать в Центральной радиолaborатории.

Через год пришло время окончания института. Дипломный проект Сергей Соколов писал под руководством И. Г. Фреймана на тему: «Ориентированное радиотелеграфирование отраженными волнами порядка 10—15 м. Ленинград—Кронштадт с углом расхождения 10° ».

13 апреля 1925 г. состоялась защита проекта, после чего молодые инженеры решили отпраздновать это событие. Однако спирт, который они достали, оказался нечистым, и Сергей отравился. Его спасли, но отвращение к алкоголю осталось на всю жизнь. С тех пор он не пил и не курил.

После защиты дипломного проекта Сергей Соколов был оставлен на кафедре «Специальная радиотехника», которой руководил И. Г. Фрейман.

Первые шаги в науке

1925 год ознаменовался для С. Я. Соколова большими переменами: закончилась учеба и к научным исследованиям в ЦРЛ добавилась работа в ЛЭТИ. Профессор И. Г. Фрейман пригласил его в качестве ассистента на кафедру специальной радиотехники.

Состав кафедры в то время был очень сильным. В нее входили крупнейшие радиоспециалисты Советского Союза. Специальный курс радиотехники читал профессор И. Г. Фрейман; упражнения (расчеты) по его курсу вел А. И. Берг; курс «Основы проектирования радиосвязи» читал А. Ф. Шорин; «Проектирование электровакуумных приборов» — В. И. Волюнкин (впоследствии доцент и декан Ленинградского института киноинженеров); «Конструирование приборов высокой частоты» — Е. Я. Щеголев (разработчик многих советских радиопередающих станций, впоследствии доктор технических наук).

С. Я. Соколов вел лабораторные занятия по специальному курсу радиотехники. Одновременно он начал зани-

маться научно-исследовательской работой. Таким образом, с этого времени он проводил исследования в двух местах: в ЦРЛ и в ЛЭТИ.

Ко времени поступления С. Я. Соколова в ЦРЛ в ней собрались первоклассные исследователи. Достаточно назвать таких специалистов по радиотехнике, как А. Л. Минц, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, В. П. Вологдин, В. И. Сифоров, которые возглавляли свои лаборатории. Поэтому уровень исследований, которые велись в лаборатории, был очень высоким и, конечно, не уступал мировому уровню радиотехники того времени. Характер работ, проводившихся в ЦРЛ, был чрезвычайно разнообразным: начиная от проектирования и изготовления мощных радиопередатчиков по заказу Треста заводов слабого тока под руководством А. Л. Минца и кончая сложнейшими вопросами теории колебаний, которыми занимались Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси.

Каждый четверг происходил оживленный обмен мнениями как по ведущимся в лаборатории работам, так и по обзорам литературы. Эти обсуждения, хотя и корректные по форме, зачастую носили страстный характер. Доклады готовили не только маститые ученые, жрецы науки, но и неоперившаяся молодежь. Естественно, что такой обмен мнениями был очень полезен всем участникам.

В лаборатории царил творческая обстановка. Большая часть сотрудников ЦРЛ имела отдельные комнаты, или в крайнем случае комнату выделяли на двоих. Люди работали увлеченно, самозабвенно, отрываясь только для необходимой консультации или просмотра свежих журналов в научно-технической библиотеке.

Вовлеченный в атмосферу научного творчества Сергей Яковлевич воочию увидел, как проводятся исследования и, словом, как «делается наука». Его особенно восхищала манера Л. И. Мандельштама ставить эксперимент, истолковывать его результат, намечать дальнейший путь исследования. В результате этого, как правило, высвечивалась целая проблема. Помимо Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси, в лаборатории работали два лаборанта — И. М. Борушко и С. Я. Соколов. Л. И. Мандельштам, всегда корректный, вежливый и доброжела-

тельный, приходил, давал задания и уходил; Н. Д. Папалекс проводил в лаборатории целый день.

Из многочисленных исследований, проведенных Леонидом Исааковичем за год пребывания в ЦРЛ (в 1925 г. по приглашению Московского университета он переехал в Москву), достаточно указать на новые способы радиотелеграфной и радиотелефонной модуляции, вопросы стабилизации частоты, высокоселективные приемники. Почти во всех этих работах использовался кварц.

Сергею Яковлевичу было поручено исследование кварцевых вибраторов. Это очень заинтересовало его, особенно после того, как он узнал о работах французского физика Ланжевена.

Выступая в 1955 г. в Ленинградском доме научно-технической пропаганды с лекцией «Ультразвук и его применение в промышленности», Сергей Яковлевич Соколов указывал, что для него толчком к исследованию ультразвука явились работы П. Ланжевена и П. Н. Лебедева.

В давние времена физик даже не помышлял о внедрении своего открытия в практику, но по мере развития науки интервалы между научным открытием и его практическим внедрением сокращались от столетий в прошлые века до десятилетий, годов и даже месяцев в наше время. И сейчас уже никто не сомневается в том, что любое научное открытие в области физики должно быстро найти практическое применение. Советская наука в особенности неразрывно связана с техникой, с жизнью.

Такая тенденция, кажущаяся в наше время очевидной, вовсе не была столь ясной в то время, когда Сергей Яковлевич Соколов начал заниматься ультразвуком. Однако он, подобно немногим в те годы, понимал важность скорейшего внедрения научных результатов в практику.

Что же было известно Сергею Яковлевичу в 20-х годах об ультразвуке?

Ультразвуковыми колебаниями принято считать такие механические колебания, частота которых лежит за верхним пределом слышимости человеческого уха и условно принимается $20\,000$ Гц ($2 \cdot 10^4$ Гц). Верхней границей ультразвука также условно считают

1 000 000 000 (10^9) Гц. Колебания с частотами выше 10^9 Гц получили название гиперзвуковых. Человеческое же ухо воспринимает звуки с частотой от 20—40 до 16 000—20 000 Гц. Однако некоторые животные и насекомые, например дельфины, собаки, летучие и серые мыши, пчелы и др., обладают способностью ощущать ультразвук.

Ультразвуковые колебания могут распространяться в твердых, жидких и газообразных средах. Очевидно, что ультразвуковые колебания — механические колебания частиц среды — в вакууме распространяться не могут. Скорость распространения ультразвука в разных средах различна: в газах наименьшая (в воздухе при нормальных условиях 343 м/с), в жидкостях больше (в воде 1450 м/с), в твердых телах еще больше (в стали около 6000 м/с, в бериллии 12 600 м/с).

Как известно, для любого вида колебаний длина волны равна отношению скорости распространения в рассматриваемой среде к частоте колебаний. Поэтому длина волны ультразвука на разных частотах в одной и той же среде будет разная. Однако даже в такой среде, как воздух, длина волны на предельно низкой частоте ультразвука (20 000 Гц) будет составлять всего около 16 мм. На более высоких частотах ультразвуковые волны будут еще короче.

Благодаря малости длин волн ультразвука распространение последнего подчиняется законам геометрической оптики. По этой же причине легко получить направленные пучки — лучи ультразвуковых колебаний. Ультразвуковым волнам, подобно световым, свойственны явления отражения, преломления, интерференции, дифракции и дисперсии. Эти явления используются во всех практических приложениях ультразвука.

Исследование явлений, связанных с излучением, распространением и приемом ультразвука, началось на рубеже XIX и XX вв.

В 1906 г. известный физик Московского университета П. Н. Лебедев получил при помощи искрового разряда в воздухе ультразвук с частотой порядка $3 \cdot 10^5$ Гц, а в 1911 г. Н. П. Неклепаев в лаборатории П. Н. Лебедева впервые произвел измерения поглощения ультразвука в воздухе в диапазоне частот $(1.32—4.1) \cdot 10^5$ Гц. П. Н. Лебедев показал, что сильное затухание ультра-

звука препятствует его распространению в воздухе. Он подсчитал, что ультразвуковые колебания с частотой $5 \cdot 10^6$ Гц практически не будут распространяться в воздухе — они будут затухать непосредственно у источника колебаний.

В жидких и твердых телах звук затухает медленнее, поэтому здесь можно применять ультразвуки более высоких частот.

На принципе свистка Гальтона* Эйдельман разработал метод, обеспечивающий значительно большую мощность ультразвука. На первых этапах развития этого метода удалось получить частоту колебаний порядка 30 кГц. В дальнейшем конструкция свистка Гальтона видоизменялась, и в настоящее время он с успехом применяется в лабораториях, обеспечивая значительную мощность. При частоте колебаний порядка 100 кГц излучаемая мощность ультразвука достигает 50 Вт.

Одним из толчков к развитию исследований в области ультразвука явилась гибель пассажирского парохода «Титаник». Это в свое время рекордное по величине судно в первом трансатлантическом рейсе в 1912 г. столкнулось с айсбергом и затонуло. Встала проблема обнаружения айсбергов в море.

Первые попытки применения свойства звука отражаться от препятствий под водой потерпели неудачу: эхо от слышимых звуков приходило не только от препятствия впереди корабля, но и от предметов, находящихся сбоку и сзади. Это связано с тем, что звуковые волны распространяются от источника во все стороны, если размеры последнего меньше длины волны излучаемого ими звука.

В годы первой мировой войны (1914—1918 гг.) морские флоты союзников начали нести большие потери от немецких подводных лодок. Ужасной была гибель пассажирского судна «Лузитания», торпедированного немецкой подводной лодкой.

И вот тогда французский физик Поль Ланжевен и русский изобретатель К. В. Шиловский предложили применять для обнаружения подводных лодок ультразвук, по-

* Свисток Гальтона представляет собой органного типа цилиндрическую трубу, в которой звук высокой частоты возбуждается вдуванием струи воздуха при постоянном давлении.

скольку он может распространяться узким пучком. Отсюда появилась возможность подводной локации. Правда, метод Ланжевена для обнаружения подводных лодок серьезное практическое применение получил не в первую, а во вторую мировую войну.

В качестве излучателя ультразвука Ланжевен применял пьезоэлектрические кварцевые пластины, вырезанные соответствующим образом из монокристалла кварца. Для возбуждения в кварце ультразвуковых колебаний использовался обратный пьезоэффект, т. е. свойство кристалла кварца механически деформироваться под действием приложенного к нему в определенном направлении электрического поля. Если электрическое напряжение, приложенное к кварцевой пластинке, будет меняться с некоторой частотой, то и деформация кварцевой пластины будет происходить с той же частотой. При соприкосновении пластинки с упругой средой, например водой, она возбудит механические колебания в ней, излучая ультразвуковые волны, распространяющиеся со скоростью звука в перпендикулярном к поверхности пластинки направлении. Таким образом, при помощи пьезоэлектрических пластинок удастся преобразовывать электрическую энергию в ультразвуковую.

Это было, пожалуй, единственное известное практическое применение ультразвука, когда этой областью заинтересовался С. Я. Соколов. Интерес этот у него не был «академическим». Он всегда стремился любую научную идею довести до ее практического применения и промышленного внедрения.

И уже тогда, размышляя о возможностях ультразвука, Сергей Яковлевич, хотя и не в полной мере, представлял себе, какие практические применения могут найти эти интересные и в значительной степени неизученные явления. В своих предвидениях он оказался совершенно прав. Недаром спустя много лет он любил говорить: «Ультразвук — это золотая жила, которую я нашел...».

Естественно, для реализации всех «сокровищ», которые таились в этой «золотой жиле», нужен был человек не только большого научного таланта, но и сильной воли и незаурядных организаторских способностей.

Для дальнейшей деятельности Сергея Яковлевича Соколова весьма важным обстоятельством явилась воз-

возможность заниматься близкими вопросами и в ЦРЛ, и в ЛЭТИ, а в дальнейшем и в НИПСе (научно-испытательный полигон связи). Первая же его работа в лаборатории Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси была посвящена исследованию кварцевых вибраторов — излучателей ультразвука. Они состояли из пластинок, вырезанных из монокристалла кварца и ориентированных так, что при приложении к их поверхностям переменного электрического напряжения возникали деформации пластин по толщине. С обеих сторон на кварцевую пластину приклеивались толстые стальные накладки, предохраняющие ее от разрушения при интенсивных колебаниях. Выбор стали в качестве материала для накладок был обусловлен еще и тем, что скорость звука в ней примерно такая же, как и в кварце. Это позволило рассматривать кварцевые пластины и накладки в виде единой колебательной системы, потери в которой малы из-за незначительной вязкости стали.

Создав такие кварцевые вибраторы, Сергей Яковлевич мог начать исследования с ультразвуковыми колебаниями. Но мощность колебаний, получаемых от этих вибраторов, была незначительной. Для получения большей мощности излучения Ланжевэн в свое время применял кварцевые пластины, расположенные в виде мозаичного слоя между стальными обкладками.

В июне 1925 г. в Ленинградском электротехническом институте приступили к разработке и изготовлению сложных кварцевых вибраторов. Вначале это было поручено лаборатории акустики Государственного экспериментального электротехнического института, возглавляемой проф. Н. Н. Андреевым (впоследствии академиком), побывавшим во Франции у Ланжевэна. Но ввиду трудностей со склейкой сложный кварцевый вибратор получить не удалось.

В 1927 г. эта работа была передана С. Я. Соколову. Естественно, что основное внимание ему пришлось уделить вопросу склеивания пластин. Пришлось долго «колдовать» над подбором надежного состава. Были перепробованы различные комбинации растворов каучука, смол, воска, канифоли, жидкого стекла, канадского бальзама, прежде чем наконец удалось получить удовлетворительный клей. С его помощью были изготовлены кварцевые мозаики площадью до 300 см². Такой

простой метод получения сложных вибраторов открыл широкий путь их использования, в частности в гидроакустике.

После завершения испытаний в ЛЭТИ приступили к разработке новых вибраторов для приборов ультразвуковой связи. Это было первым научным успехом С. Я. Соколова.

1927 год был отмечен и другим радостным событием — родилась дочь Лена. Накануне ее рождения Сергей Яковлевич привез проф. А. Ф. Тура и сказал: «Я не выпущу Вас, пока не буду уверен, что все благополучно». Но и после рождения Лены он еще сутки удерживал Александра Федоровича возле ребенка.

Сергей Яковлевич очень любил детей. Его близкие помнят, как он говаривал: «Если бы у меня было 10 детей, я был бы счастлив».

Пока же все свое время и помыслы он отдавал работе, которая приносила ему истинное удовлетворение.

3 декабря 1927 г. в радиолaborатории ЛЭТИ было произведено испытание разработанных С. Я. Соколовым кварцевых вибраторов с целью получения интенсивных ультразвуковых колебаний в жидкостях. Испытания мощного кварцевого генератора ультразвуковых колебаний происходили в присутствии А. И. Берга и И. Г. Фреймана.

Вибраторы состояли из двух кварцевых пластин со стальными накладками площадью по 10 см² и толщиной в 10 мм. Они возбуждались токами высокой частоты от лампового генератора. Наличие интенсивных ультразвуковых колебаний в масле определялось ясно видимыми стоячими волнами и сильным изменением поверхности уровня масла. Кроме того, наличие мощных колебаний в масле было проверено на рыбах, находящихся в сосудах с водой, которые в свою очередь помещали в колеблющееся масло. Рыбы очень сильно реагировали на такое воздействие, и некоторые из них погибали.

Успех в деле создания пьезокварцевого вибратора позволил в дальнейшем поставить вопрос о его применении для разработки гидроакустических систем подводной связи, а затем и локации. При этом следует учесть, что во время работы сложный кварцевый вибратор образует в воде узкий направленный пучок ультразвуковой радиа-

ции, который тем точнее направлен и резче очерчен, чем меньше длина волны по сравнению с размерами вибратора. Поэтому для сравнительно низких ультразвуков (частоты в несколько десятков килогерц) следует использовать широкую мозаику, а для высоких ультразвуков, получаемых с помощью узкого пучка, достаточно одной кварцевой пластинки. Однако ультразвук с малой длиной волны сильнее поглощается средой, поэтому для получения большой дальности распространения ультразвука приходится пользоваться сравнительно невысокими частотами.

К 7 августа 1928 г. в ЛЭТИ были изготовлены два новых пьезокварцевых вибратора* мощностью 600 Вт, которые в октябре были испытаны в специальном бассейне.

В 1929—1930 гг. в связи с развитием этих работ С. Я. Соколов стал консультантом Научно-испытательного полигона связи военно-морских сил (НИПС). Для проведения исследований необходимо было иметь достаточное количество кварцевых пластин отечественного производства. Для этого руководители НИПСа связались с Минералогическим музеем АН СССР, НИИ цветной металлургии и прикладной минералогии, в результате чего было получено нужное количество пьезокварцевых пластин.

В течение зимы 1928 г. сотрудниками НИПСа под руководством С. Я. Соколова был создан опытный генератор для возбуждения вибраторов. В феврале—марте 1928 г. с помощью этого генератора были испытаны малые вибраторы НИПСа, которые обеспечили дальность связи порядка 3—5 км, большую направленность (конус излучения 30—40°) и сильное отражение от быков мостов, а следовательно, и иных препятствий на пути их распространения.

С 1 июля 1929 г. С. Я. Соколов совместно с сотрудниками НИПСа и ЦРЛ предложили испытания разработанных вибраторов на Восточном Кронштадтском рейде.

Результаты опытов показали, что дальность связи при использовании вибраторов Ланжевена и больших вибраторов НИПСа составляла до 19 км, для цилиндри-

* По заказу ЛЭТИ кварцевые пластины были изготовлены Минералогическим отделом АН СССР, полосовая сталь марки «Победа» — на заводе «Красный Путиловец».

ческого малого вибратора 8—10 км и для малого вибратора НИПСа 4—5 км.

По мнению специалистов, полученные результаты были очень важны и имели первостепенное значение для решения задачи связи под водой с подводными лодками; кроме того, они указали на полную возможность отечественного изготовления ультраакустических пьезокварцевых приборов.

Таким образом, молодая Советская республика уже располагала научными и техническими возможностями для проведения самостоятельных исследований и разработок.

После испытаний на Балтике было принято решение продолжать их на Черном море. Малые вибраторы и вибраторы Ланжевена подвешивались тросами на перископах подводных лодок. Дальность связи между двумя подводными лодками с помощью малых вибраторов составила около 3 км.

День и ночь Сергей Яковлевич посвящал этим испытаниям. Он лично участвовал в них, опускаясь на подводных лодках. Каждый день после очередного испытания он анализировал полученные результаты и корректировал программу следующего дня. Достигнутые успехи окрыляли его и позволяли наметить перспективу дальнейших исследований. Будущее показало реальность и необходимость намеченных работ.

Об одной из них Л. Л. Мясников рассказывал так. Как-то Сергей Яковлевич сообщил, что предстоит работа по гидроакустике (ультразвуковой) и что моряки готовы по его заданию продырявить подводную лодку, чтобы поставить ланжевенский сложный кварцевый вибратор. Началась сборка вибратора... Много хлопот наделала кварцевая мозаика. Пришлось также испытывать новый рецепт клея (смеси воска и канифоли).

Сергей Яковлевич, как всегда, в работе был очень нетерпелив и назначал необычайно короткие сроки. Поэтому склеивание вибратора пришлось делать в день отъезда на морские испытания. И, о ужас! в последний момент горячий густой клей лег неравномерно, мозаика сбилась, образовав твердую кашу из кварцевых пластинок и сгустившего клея. Долго никто не мог забыть ужасного ощущения провала. Но Сергей Яковлевич отнесся

к этому спокойно. Распорядившись забрать эту кашу в чемодан, он сказал: «Там потом склеим...».*

В эти годы С. Я. Соколов занимался не только гидроакустикой. Не меньший интерес вызывали у него теоретические вопросы, т. е. сама физика явлений, происходящих в кварцевых вибраторах. Среди большого числа работ, выполненных им в этой области, следует отметить разработку нового типа цилиндрического вибратора, метода расчета сложных вибраторов (метод расчета эквивалентных постоянных), метода испытания кварца для вибраторов.

Особенно много труда потребовалось вложить для выяснения картины распределения амплитуд колебаний по поверхности вибратора. Дело в том, что вопрос о колебании кварца в однородном электрическом поле тогда был уже исследован известным немецким физиком Лауэ. Но, конечно, практически гораздо более важным является вопрос о колебаниях в неоднородном поле. Обобщающая эту работу статья С. Я. Соколова [Л 1] привлекла к себе внимание физиков ряда стран.

Как видно, Сергей Яковлевич много занимался вопросами распространения ультразвуковых колебаний в жидкостях. Вместе с тем он неоднократно задавал себе вопрос, как распространяется ультразвук в твердых телах. Хотя общераспространенным было мнение, что в подобных случаях имеет место большое затухание, тем не менее он решил проверить это на опыте. Проведя большое число экспериментов, Сергей Яковлевич обнаружил:

- 1) способность ультразвуковых волн проникать на большую глубину в металлы и обнаруживать неоднородности в нем (дефекты);
- 2) зависимость поглощения ультразвука от структуры металла и примесей;
- 3) влияние степени закалки стали на поглощение ультразвука;
- 4) способность ультразвука распространяться по проволоке и отражаться от концов ее и мест неоднородностей в ней.

Одним из весьма интересных опытов, которые провел Сергей Яковлевич, был опыт, показавший значительную

* Личный архив Е. Н. Мясниковой.

звукопроводность металлических конструкций. Для этого, как потом рассказывал Сергей Яковлевич, ему пришлось развесить на деревьях парка ЛЭТИ около 800 м стальной проволоки. Возбуждая один из концов проволоки, он на другом конце регистрировал звуковые колебания. Таким образом, была доказана хорошая звукопроводность металлов. Этот смелый и необычный опыт С. Я. Соколова блестяще напоминает эксперименты Роберта Вуда.

По результатам этих работ С. Я. Соколов в 1928 г. написал статью [Л 2], которую послал в немецкий журнал «Elektrische Nachrichten Technik», где она и была напечатана в № 11 за 1929 г. Аннотация на нее была помещена в библиографическом указателе «Engineering Index». Статья привлекла к себе пристальное внимание специалистов, и ссылки на нее появились в многочисленных публикациях. Но Сергей Яковлевич не ограничился самим фактом обнаружения интересных физических явлений и свойств.

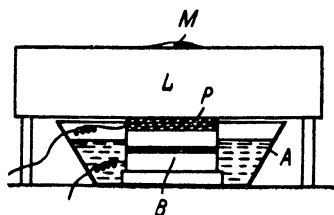
Благодаря исключительно интуиции, свойственной очень талантливым людям, он сумел предвидеть в будущем все возрастающий интерес к изучению этих явлений и их большое практическое значение. Он умел глубоко проникать в сущность физических явлений и находить оригинальные пути их изучения, не останавливаясь перед самыми большими трудностями. Обладая знаниями и опытом инженера, он умел довести новые идеи до практической реализации, до создания аппаратов, применяемых в технике и производстве.

В рассматриваемом случае первым практическим применением, которое ему представилось многообещающим, было обнаружение различных неоднородностей, пороков и других дефектов в металлах. «Прозвучивая» металлические поковки, Сергей Яковлевич установил, что ультразвуковые волны отражаются от различных неоднородностей, находящихся внутри этих тел, и что таким образом можно обнаруживать эти неоднородности и судить о качестве детали или поковки. В дальнейшем это направление дало начало развитию ультразвуковой дефектоскопии.

Для обнаружения дефектов, например, в поковке ультразвуковой пучок пропускался через нее, а наличие дефекта фиксировалось в виде теневого участка на ее противоположной поверхности, на которую был налит

Рис. 1. Устройство для испытания металлов.

А — сосуд с маслом; В — вибратор (излучатель ультразвука); Р — ртуть; L — испытуемый образец; М — капля масла — индикатор интенсивности ультразвука.



тонкий слой масла. Под влиянием ультразвука масло вспучивалось (деформировалось), но на участке дефекта эта деформация отсутствовала или была слабой, так как дефект не пропускал или ослаблял ультразвук. Конечно, такое изображение было некачественным, грубым и лишь отчасти напоминало форму и размеры дефекта. Это было обусловлено тем фактом, что если дефект был малого размера, то ультразвуковые волны огибали его (явление дифракции) и заходили в зону тени, поэтому теневое изображение расплывалось. Тем не менее этот простейший способ получения изображений с помощью ультразвука был, по сути дела, открытием. До этого времени звуковые и ультразвуковые волны регистрировались с помощью микрофонов или других звукочувствительных элементов в виде отдельных сигналов. Теперь же открылась возможность видеть изображение дефекта, находящегося внутри непрозрачной среды.

Желание подчеркнуть возможное практическое применение исследованных явлений побудило Сергея Яковлевича сделать 2 февраля 1928 г. заявку на изобретение [П 1] (рис. 1).

Таким образом, Сергей Яковлевич Соколов официально закрепил свое авторство в качестве изобретателя способа использования ультразвуковых колебаний для определения свойств металлических образцов — наличия в нем раковин или трещин, степени его закалки, химического состава, механической однородности и т. д. Датой открытия ультразвуковой дефектоскопии следует считать 2 февраля 1928 г.

Как показало будущее, этот же день можно считать и датой открытия звуковидения.

Предмет этого открытия С. Я. Соколова заключается в обнаружении физического явления, основанного на распространении ультразвуковых волн в твердых и жидких

средах, которое подчиняется законам геометрической оптики. Это физическое явление не было известно до исследований С. Я. Соколова, начатых в 1927 г. Считалось, что ультразвуки быстро затухают в твердых средах. Кроме того, сама идея получения видимых изображений предметов с помощью ультразвука никому не приходила в голову или, во всяком случае, казалась совершенно фантастической.

Буря и натиск

Научная работа поглощала все время и силы С. Я. Соколова. Были уже получены первые ощутимые плоды напряженного труда. Стало ясно, что Сергей Яковлевич нашел свой путь в науке.

Результаты исследований позволили ему наметить новые возможности практического использования ультразвука. Он понимал, что необходимо расширять фронт практических работ и научных исследований. Обстоятельства благоприятствовали этому. Заведующий акустическим отделом ЦРЛ профессор Н. Н. Андреев, считая, что проводимая им работа стала носить слишком прикладной характер, перешел в Физико-технический институт к академику А. Ф. Иоффе. Руководство ЦРЛ встало перед необходимостью искать нового человека, который бы смог возглавить отдел. Решили пригласить Сергея Яковлевича Соколова. Это было обусловлено стремлением руководства ЦРЛ поставить во главе акустического отдела энергичного и инициативного руководителя, хорошо чувствующего запросы промышленности. Именно такой репутацией уже тогда пользовался Сергей Яковлевич.

Придя в отдел, Соколов развернул работу с присущим ему размахом. Он создал подразделения общей акустики (электроакустической аппаратуры), акустических измерений, акустики помещений, гидроакустики, акустики, усилителей студийных устройств и мощных усилителей. Все это было замечательным предвидением путей дальнейшего развития акустики. С приходом Сергея Яковлевича работа в отделе активизировалась, хотя и прежде А. А. Харкевич проводил исследования в области электроакустики, К. А. Ламагин занимался студийными усили-

телями, М. В. Казанцева — акустическими измерениями, И. Н. Щеглов вел разработки микрофонов, Н. Ф. Антонопуло работал в области мощных усилителей.

Коллектив акустиков начал быстро разрастаться. В конце 1929 г. Сергей Яковлевич пригласил В. Н. Тюлина для работ по гидроакустике, а затем стал привлекать и молодые силы. За короткое время в состав отдела влились воспитанники Ленинградского университета — Л. Л. Мясников, который стал заниматься ультразвуком, Я. М. Гуревич, начавший работать в области аэроакустики (звукопеленгования самолетов), Л. Я. Гутин, направленный в ЦРЛ для работы по гидроакустике, а позднее занимавшийся аэроакустикой и теоретической акустикой. Спустя несколько месяцев появились выпускники ЛЭТИ: Р. Л. Волков, М. М. Зейгерман, В. К. Иофе. Позднее пришли Б. Н. Можжевелов и М. Е. Шевелева, а также М. А. Сапожков, С. И. Панфилов, А. А. Пешлат и Ф. И. Троцевич. Все пришедшие в отдел молодые специалисты были убежденными сторонниками и последователями С. Я. Соколова. А это было очень важно, так как, приступив к работе в акустическом отделе, Сергей Яковлевич встретил некоторую оппозицию со стороны А. А. Харкевича и др. Несмотря на свою молодость, А. А. Харкевич был человеком большой культуры, эрудиции и блестящих способностей. Он не верил, что специалист, занимавшийся только ультразвуком и к тому же не имевший опыта организационной работы, сумеет возглавить довольно большой коллектив с очень разнообразной тематикой, охватывающей почти все известные в то время области технической акустики. Но будущее показало, что А. А. Харкевич оказался неправ.

Вскоре большинству сотрудников Сергей Яковлевич выделил самостоятельные направления в работе. Б. Н. Можжевелов занимался вопросами электроакустики, М. М. Зейгерман — гидроакустикой, В. К. Иофе — аэроакустикой, С. И. Панфилов вел разработки мощных усилителей, М. А. Сапожков исследовал акустику помещений.

Сергей Яковлевич не ограничивался только ролью руководителя и организатора, а непосредственно занимался разработкой электроакустической аппаратуры, хотя научные интересы его по-прежнему были связаны с ультразвуком.

В этот период он тратил много усилий, чтобы упростить конструкцию динамического громкоговорителя, сделать ее более технологичной и экономичной. Это было необходимо для обеспечения промышленного выпуска громкоговорителей силами тогда еще очень слабых заводов. С. Я. Соколов предложил конструкцию электродинамических громкоговорителей с магнитной системой в виде скобы, швеллера и т. п., что очень упрощало конструкцию. Им были разработаны также конструкции рупорных электродинамических громкоговорителей. Большинство этих работ получило промышленное внедрение.

Так становился на ноги один из наиболее известных научно-исследовательских центров страны — акустический отдел ЦРЛ, в дальнейшем отдел электроакустики Всесоюзного научно-исследовательского института радиовещательного приема и акустики им. А. С. Попова. И акустики этого института до сих пор хорошо помнят своего родоначальника.

Еще только собираясь возглавить акустический отдел ЦРЛ, Сергей Яковлевич начал задумываться о подготовке специалистов, необходимых для развития работ. Ни одно высшее учебное заведение страны не готовило акустиков. Естественно, что наиболее простым решением задачи явилась мысль о создании акустической специализации в ЛЭТИ, где он на протяжении уже четырех лет работал в учебной лаборатории. В 1928 г. Сергей Яковлевич стал доцентом кафедры радиотехники. Проводя занятия со студентами, он много рассказывал им о роли и перспективе тогда еще малоизвестной акустики. Для большинства она ассоциировалась с запомнившимися из тогдашних учебников физики камертонами, фигурами Хладни, опытами Колладона и Штурма по определению скорости звука и т. п. Не надо забывать, что в то время только-только начинали входить в жизнь комнатные электромагнитные громкоговорители «Рекорд» и рупорные ТМ, висевшие на площадях и улицах. Было известно, что угольные микрофоны применяются не только в телефонии, но и в радиовещании. А звукового кино в Советском Союзе еще не было.

Несмотря на это, Сергей Яковлевич сумел увлечь нескольких студентов-радистов, ярко рисуя будущее акустики, перспективы ее применения и, конечно, большие возможности творческой самостоятельной работы.

В конце 1929 г. А. И. Берг — заведующий специализацией радиотехники (так тогда именовалась кафедра) — на собрании выпускной группы студентов сообщил, что предполагается более узкая специализация радистов: по радиосвязи и электровакуумным приборам. Затем он добавил, что есть еще предложение С. Я. Соколова организовать «какой-то уклон по акустике». «Такой уклон, — продолжал он, — можно будет организовать, если число желающих студентов будет не менее двух». Очевидно, он рассчитывал, что желающих посвятить себя акустике не найдется. Но после опроса оказалось, что двое студентов подняли руки. Это были Р. Л. Волков (в последующем блестящий инженер, погибший во время блокады в Ленинграде) и В. К. Иофе (ныне д. т. н., специалист в области электроакустики, руководитель сектора во ВНИИ им. А. С. Попова). Несколько позднее к ним присоединились М. А. Сапожков (ныне профессор Московского электротехнического института связи, д. т. н., заслуженный деятель техники РСФСР, ведущий советский специалист по вопросам речи, артикуляции и т. д.) и М. М. Зейгерман, через 2 года трагически погибший.

В 1930 г. с начала 2-го семестра «смелая четверка» (Р. Л. Волков, М. М. Зейгерман, В. К. Иофе и М. А. Сапожков), кроме остальных дисциплин учебного плана, стала слушать курс лекций по общей акустике. Это в первую очередь были лекции Сергея Яковлевича, в которых он излагал теорию поля, а также уже известную в то время работу Риггера, посвященную взаимодействию электрической цепи и акустико-механической системы.

В 1930/31 учебном году число часов «по уклону акустики» сильно возросло. Для чтения лекций Сергей Яковлевич привлек выпускников ЛЭТИ, которые стали вести самостоятельные курсы: электроакустику — Б. Н. Можжевелов и Р. Л. Волков, аэроакустику — В. К. Иофе, акустические измерения — Л. Л. Мясников, усилители низкой частоты — С. И. Панфилов. Для чтения курса гидроакустики был привлечен опытный специалист В. Н. Тюлин. В 1931 г. акустический уклон был преобразован в специализацию, а затем в кафедру акустики, которая стала выпускать по несколько десятков инженеров-акустиков в год. В том же году С. Я. Соколов был утвержден в должности профессора по кафедре технической акустики.

В этот период он уделял особенно много времени и сил организации учебного процесса в ЛЭТИ: чтение лекций, создание учебных лабораторий, обеспечение курсового и дипломного проектирования, участие в работе ГЭК (государственных экзаменационных комиссий). Однако Сергей Яковлевич не любил читать лекции и читал их несколько своеобразно. Прослушав его курс, студенты получали достаточно ясное представление об основах акустики, но не систематически изложенную, логически связанную общую теорию. По-видимому, Сергей Яковлевич считал необходимым условием для специалистов-акустиков широкое и глубокое знание сопутствующих акустике дисциплин — теории колебаний, электротехники, радиотехники. Со стороны же преподавателя, по его мнению, достаточно было только акцентировать их внимание на особенно существенных разделах в теории акустики.

При этом студентов удивляло, что профессор Соколов читает лекции по конспекту своего же разброшюрованного учебника «Основы электроакустики», изданного в 1932 г. Кстати сказать, это был первый учебник по акустике. Правда, очень часто, свободно отклоняясь от темы, С. Я. Соколов охотно развивал отдельные вопросы ультраакустики, связанные с ведущимися им экспериментальными исследованиями.

В противовес лекциям Сергей Яковлевич придавал большое значение семинарам, которые вел сам. Семинары служили не только для проверки знаний студентов. Проводимые в форме свободной беседы, они помогали уточнить и углублять, а главное, хорошо усваивать сам предмет. На этих семинарах, а также на специально устраиваемых встречах со студентами, на которых профессора рассказывали о будущей профессии инженеров, Сергей Яковлевич буквально преображался.

Один из учеников С. Я. Соколова, ныне д. т. н., профессор И. И. Клюкин, вспоминает о том, как он был «завербован в акустику».

«После окончания двух первых курсов ЛЭТИ передо мной встал вопрос о выборе специальности. В это время в институтской многотиражке „Красный электрик“ была помещена очень интересная и содержательная статья, насколько я помню, под названием „Сын народа“. В статье рассказывалось о том, как Сергей Яковлевич — выходец из крестьянской семьи — прошел путь от начальной



Выпускники ЛЭТИ 1930 г. по специальности радиотехника.

*Преподаватели, средний ряд: А. Н. Шукин (второй слева), Г. А. Кьяндский, В. П. Вологдин, А. И. Берг, С. И. Пав-
филов, С. Я. Соколов, В. И. Волынкин; студенты-акустики, верхний ряд: Р. Л. Волков (второй слева), нижний ряд:
М. М. Зейгерман (пятый слева), В. К. Иофе (первый справа).*

школы до вершин науки в новой области и организовал первую в стране кафедру электроакустики. Статья меня заинтересовала, и я решил прийти на беседу профессора со студентами. Такого рода беседы проводили заведующие различными кафедрами с тем, чтобы разъяснить студентам, какая работа ждет их на той или иной кафедре, в той или иной специальности. Выступление Сергея Яковлевича произвело сильное впечатление на нас. Нельзя сказать, что он был блестящим оратором, что речь его лилась плавно и изобиловала изящными приемами. Но он увлекал своим энтузиазмом, показывал студентам горизонты той области науки, которую представлял. Он очень убедительно и красочно говорил о том, что акустика — это сочетание физики и техники, даже искусства. Эта беседа подействовала на многих. Я, в частности, был среди них и решил избрать специализацию электроакустики и звукотехники. Надо сказать, я не жалею, что сделал тогда этот выбор.

Начало занятий тоже было своеобразным. На одной из лекций Сергей Яковлевич и преподаватель кафедры Борис Николаевич Можжевелов попросили студентов отложить в сторону книги и раздали чистые листы бумаги. Все недоумевали, что бы это могло значить. Недоумение вскоре разъяснилось. Было предложено десять довольно сложных вопросов, с которыми студенты не могли встретиться в курсах физики, физических основ электротехники и других общих электротехнических дисциплин. Студенты пытались протестовать против такой контрольной работы, к которой никто не готовился, но оказалось, что это был своеобразный прием поиска молодых людей, которые и ранее интересовались электроакустикой и вообще акустикой. Как сказал Сергей Яковлевич, это был поиск Прометеев в акустике. Мне не стыдно сознаться, что все мы ответили на относительно небольшое количество из этих десяти вопросов, т. е. Прометеев среди нас не оказалось. Это, однако, не обескуражило проводивших эксперимент.

Что касается преподавателей вообще, то состав кафедры был подобран очень удачно. Это был очень слаженный преподавательский коллектив, умело и на высоком научном уровне проводивший занятия.

Сергей Яковлевич всегда был в курсе новинок в области акустики, новых веяний и тенденций. Так, напри-



Группа сотрудников кафедры акустики ЛИКИ (1989 г.).

Слева направо, сидят: А. А. Аро, Л. Л. Мелников, С. Я. Соколов, А. Н. Качерович, В. К. Иофе; стоят: И. А. Днепровская (третья слева), М. М. Свядощ, А. Д. Хохлов, С. Назаров, О. Г. Страхова.

мер, когда вопросы судовой акустики стали жизненно важными, он ввел соответствующий курс для студентов. Название ему — быть может, несколько громкое — „Теория шумов корабля“ он дал сам. Прежде чем поручить читать его мне, Сергей Яковлевич неоднократно просматривал и корректировал программу курса».*

В начале 30-х годов Сергей Яковлевич был приглашен во вновь созданный Ленинградский институт киноинженеров (ЛИКИ) для организации кафедры акустики. В то время это имело принципиальное значение — «Великий Немой» только что «заговорил». Революция в технике кино сразу же потребовала большого числа специалистов для решения задач, связанных с созданием аппаратуры для записи и воспроизведения звука, электроакустической аппаратуры (микрофонов для киностудий и громкоговорителей для кинотеатров).

К преподаванию в ЛИКИ С. Я. Соколов привлек Р. Л. Волкова, Л. Л. Мясникова, М. А. Сапожкова, на некоторое время Б. Н. Можжевелова и позднее В. К. Иофе. Для чтения курса по электроакустической аппаратуре он пригласил В. Е. Пантелеева — воспитанника кафедры акустики ЛЭТИ, а для чтения курсов по акустике помещений — выпускников ЛИКИ А. Н. Качеровича и М. М. Шилевскую-Свядоц.

Так С. Я. Соколов решил проблему преподавательских кадров. Гораздо труднее было создавать лабораторную базу, в связи с чем первые годы студенты ЛИКИ выполняли лабораторные работы на кафедре акустики ЛЭТИ.

Учебные лаборатории ЛЭТИ были созданы трудами самих преподавателей, ведущих соответствующие курсы, и студентов. В числе первых сотрудников лаборатории следует назвать И. Я. Брейдо, Е. Т. Баранова и О. Г. Страхову. Были поставлены работы по акустическим измерениям, усилителям, громкоговорителям и т. д.

Аппаратура учебной лаборатории была весьма скудной: деревянный ящик, выложенный ватой, с подвешенной внутри шайбой Рэлея; бесконечная труба, в стеклянном раструбе которой около горла громкоговорителя была помещена также шайба Рэлея. В качестве бассейна для гидроакустических испытаний были приспособлены детские ванночки. И это почти все.

* Личный архив Е. С. Соколовой.

В помещении бывшей полковой церкви гвардейского Гренадерского полка была организована и научно-исследовательская лаборатория, заведовал которой Л. Л. Мясников. Перестройку внутреннего помещения начали только в 1937 г. До этого этажей в помещении не было, при входе стояла пушка с дулом, высоко поднятым вверх, а в углах куполообразного потолка просвечивали фигуры четырех евангелистов, окончательно закрасить которые удалось только после войны. Помимо оборудования, перевезенного из ЦРЛ, появились лампы передатчики, предназначенные для работы с ультразвуком и построенные Самуилом Ильичом Раммом.

Таковы были условия, в которых работал небольшой, но жизнеспособный коллектив кафедры электроакустики ЛЭТИ.

Истоки научной школы

Начало 30-х годов было ознаменовано завершением большой организационной работы. С. Я. Соколов по существу заново создал акустический отдел ЦРЛ и организовал две кафедры акустики: в Ленинградском электротехническом институте им. В. И. Ульянова (Ленина) и в Ленинградском институте киноинженеров.

Окружавших его людей буквально поражало, как за 2—3 года начинающий исследователь стал зрелым ученым и авторитетным руководителем, сумевшим установить необходимый контакт с сотрудниками. Это удавалось ему благодаря исключительной доброжелательности и справедливости по отношению к товарищам по работе. Будучи человеком жизнерадостным и оптимистичным по натуре и имея веселый нрав, Сергей Яковлевич быстро сходился с людьми, и это тоже помогало ему как руководителю.

Глубокая убежденность С. Я. Соколова в важности целей, стоящих перед ним, и в их большом значении для науки и промышленности придавала ему смелость в принятии решений и настойчивость в их реализации.

Если вставал вопрос, требовавший решения какого-либо крупного руководителя, Сергей Яковлевич, легкий на подъем, мог уже на другой день оказаться в Москве, зайти в наркомат и, если нужно, пройти к члену прави-

тельства. Не принять его, когда он, улыбаясь, входил в кабинет, было просто невозможно.

И, пожалуй, не было ни одного случая, чтобы он не покорял силой своего убеждения, логикой доказательств и личным обаянием.

Несмотря на достаточно еще молодой возраст Сергея Яковлевича, руководители различного ранга относились к нему с уважением и, как правило, шли навстречу его просьбам. Большое внимание и интерес встречал он со стороны ученых того времени. Подолгу говорил с ним академик А. Ф. Иоффе, беседы их длились не один час. Много раз он встречался с Я. И. Френкелем, Е. Ф. Гроссом и другими видными учеными. Глава советских акустиков Н. Н. Андреев, не питая личной симпатии к С. Я. Соколову, признавал, что самыми оригинальными из работ советских ученых-акустиков 30-х годов являются работы Сергея Яковлевича.

Стиль работы и манера его руководства были весьма своеобразны. Своим ученикам и непосредственным помощникам по научной работе, которые, как правило, были молодыми, Сергей Яковлевич по возможности предоставлял автономию, и они рано или поздно отделялись от его лаборатории. С ним работала небольшая группа помощников, причем, как только кто-либо начинал проявлять научные интересы в другой области, Сергей Яковлевич старался предоставить ему более независимое положение.

Такое отношение к ученикам очень характерно для С. Я. Соколова и в корне отличается от весьма, к сожалению, распространенной практики, когда научный руководитель не работает сам, а стремится удержать у себя способных сотрудников, продолжающих его тематику.

Сергей Яковлевич всячески приучал сотрудников к самостоятельной работе. Поручив им изучение определенного круга вопросов, он на достаточно продолжительное время предоставлял их самим себе. Затем перед ними ставились задачи. Последовательное решение их позволяло сотрудникам совершенствоваться в выбранной области.

При этом Сергей Яковлевич всячески поощрял личные публикации, изобретательские заявки, активно помогал при подготовке диссертаций и хлопотал о скорейшем присвоении ученых степеней и званий. Надо сказать, что он немало содействовал введению в перечень науч-

ных направлений, по которым ВАК (Высшая аттестационная комиссия) рассматривает диссертации, строчки «электроакустика и звукотехника».

Сергей Яковлевич не нянчил молодежь, а, смело выдвигая ее, заставлял быстро становиться на собственные ноги. И почти всегда это ему удавалось, так как он обладал редкой способностью находить и привлекать к себе одаренных людей, которые, конечно, очень ценили предоставленную им самостоятельность.

Небезынтересно, вероятно, проиллюстрировать метод руководства Сергея Яковлевича на примере конкретного человека.

Приведем воспоминания одного из первых выпускников Ленинградского института киноинженеров (ЛИКИ) А. Н. Качеровича, ныне руководителя одной из лабораторий научно-исследовательского кинофотоинститута (НИКФИ).

Через несколько месяцев после окончания А. Н. Качеровичем института Сергей Яковлевич вызвал его и сказал:

— Вы занимались в своем дипломном проекте вопросами архитектурной акустики. Обстоятельства сложились так, что в этом году не будет преподавателя по этому курсу, а курс должен быть прочитан. Поэтому Вам надо подготовиться и начать читать лекции в сентябре этого года.

— Сергей Яковлевич! Я, наверное, не смогу, — ответил А. Н. Качерович.

— Я Вас не спрашиваю, сможете Вы или нет, а сообщаю, что это нужно сделать! — возразил Сергей Яковлевич. — Будьте любезны отказаться от отпуска, от всего остального; сидите в библиотеке, занимайтесь. Одним словом, чтобы в сентябре начать читать лекции.

И действительно, курс был подготовлен, и постепенно молодой преподаватель освоил чтение лекций. Однажды, месяца через три, Сергей Яковлевич пришел на лекцию к А. Н. Качеровичу. Всю лекцию, от начала до конца, сидел молча, затем вызвал его к себе и сказал:

— Ну что ж, все в порядке.

Через полгода Сергей Яковлевич снова пригласил к себе А. Н. Качеровича и сообщил ему:

— Ну вот, с лекциями Вы справились. Теперь принимайте дела и будете руководить лабораторией.

После небольших дебатов А. Н. Качерович оказался заведующим лабораторией кафедры акустики ЛИКИ.

Так началась совместная многолетняя работа Сергея Яковлевича и А. Н. Качеровича. Еще раньше С. Я. Соколов начал выдвигать и других своих учеников: Б. Н. Можжевелова, Л. Л. Мясникова, В. К. Иофе, С. И. Панфилова, Л. Я. Гутина.

Таким образом, обстановка работы, создаваемая Сергеем Яковлевичем, стимулировала быстрый научный рост его сотрудников. Многие из них, хотя и не были его непосредственными учениками, обязаны ему своим становлением.

В руководстве научной работой С. Я. Соколову во многом помогала его редкая техническая интуиция. Как никто умел он реализовать вначале еще смутные, бесформенные идеи.

Характерным для него было упорное обдумывание увлекших его проблем. Если на этом пути его постигала неудача, то он вновь и вновь искал решение, которое может вывести из тупика. Однако со стороны могло показаться, что принятые решения пришли ему в голову только что, а не явились результатом длительной и напряженной работы.

Придя в лабораторию, он прежде всего спрашивал: «Как идет работа?» Он интересовался всеми подробностями, давал указания механику, как изготовить тот или другой прибор, уже со всеми размерами, или лаборанту, как собрать схему очередного эксперимента, которая тут же набрасывалась карандашом на клочке бумаги.

К работе С. Я. Соколов относился весьма ответственно, поэтому был очень требователен к сотрудникам, особенно по тем темам, которыми он руководил непосредственно. Тут у него был совсем другой стиль: думает, решает, заставляет делать, проверяет только руководитель. Вежливый тон разговора не исключал его директивного характера. Любое распоряжение должно выполняться беспрекословно, невыполнение влекло внушительные нотации.

Как-то ожидалось посещение лаборатории начальством. Сергей Яковлевич вызвал к себе заведующего лабораторией и сказал:

— Через несколько часов приедут члены правительства, и мне необходим для демонстрации звукозаписывающий аппарат!

— А где его взять? — последовал ответ.

— Мне сейчас некогда обсуждать этот вопрос, но через два часа аппарат должен быть у меня.

И что же? Через два часа прибор был на месте. За это время заведующий лабораторией успел достать автомашину, кого-то уговорить дать ему звукозаписывающий аппарат и доставить его Сергею Яковлевичу.

Как уже говорилось, Сергей Яковлевич живо интересовался результатами работы. Вникая в них, он мог пропустить и заседание Ученого совета. В ответ на напоминания об этом говорил: «Да, я знаю, там сегодня разбираются мелкие вопросы. Я сейчас занят, мне некогда. Вы пойдете и расскажете мне потом, в чем там дело». Правда, если речь шла о принципиальных вопросах, Сергей Яковлевич приходил до начала заседания, беседовал с членами Совета и выступал так убедительно, что иногда менялось намечавшееся ранее решение.

Сергей Яковлевич блестяще умел пропагандировать результаты своих исследований. Он увлекал людей и втягивал в сферу своей деятельности инженеров из промышленности, которые и внедряли их в производство. Это характерно для человека, который точно знает конечную цель и неуклонно идет к ней, умело влияя на психологию людей, направляя ее в нужное русло.

Как ни странно, для своей работы Сергей Яковлевич никогда не имел постоянного рабочего места и тем более не стремился иметь отдельный кабинет. Излюбленной формой общения его с сотрудниками были длительные «прогулки» по коридорам. Вышагивая иногда по часу и более, они обсуждали очень многое; подводились итоги, намечались решения — научные и организационные. Надо сказать, что сотрудникам это нравилось, так как все вопросы решались без помех со стороны посетителей, телефонных звонков и т. д.

Очень характерным для Сергея Яковлевича было его отношение к деловым бумагам. Придавая большое значение обращениям разных организаций о технической помощи, предложениям о внедрении тех или иных разработок, Сергей Яковлевич нетерпимо относился к «пустым бумажкам», как он их называл. Надо сказать, что раз-

ницу между серьезными документами и «пустыми бумажками» Сергей Яковлевич устанавливал безошибочно. В результате эта макулатура мертвым грузом копилась на дне его объемистого портфеля. Однако авторы этих посланий, как правило, не напоминали о себе. Это давало возможность Сергею Яковлевичу в ответ на упреки, что он не отвечает на письма по всем правилам делопроизводства, говорить, лукаво улыбаясь: «А хоть один вторичный запрос по задержанным мною пустым бумажкам пришел?».

Несмотря на свою строгость и требовательность, Сергей Яковлевич с большой теплотой, по-отечески относился к людям. Он всегда был готов помочь своим сотрудникам, поддержать их, особенно в материальных, жилищных, домашних вопросах. Он постоянно о ком-нибудь хлопотал, выступая ходатаем в высоких инстанциях, не боялся заступаться за кого-либо из своих сотрудников и делал самые смелые шаги даже тогда, когда это могло грозить неприятностями ему самому. Добрая часть его времени шла на устройство служебных, домашних и материальных дел других.

Доброжелательное отношение Сергея Яковлевича к своим сотрудникам иногда переходило даже общепринятые нормы. Глубоко прочувствовав личные или семейные дела кого-нибудь из них, он мог требовать определенных действий, которые он считал правильными. На возражения же человека, что это его личные дела и только его, Сергей Яковлевич отвечал: «Нет, это — и мое дело».

Может показаться, что Сергей Яковлевич был жестким человеком. В действительности же он был очень радушным. Так, его всегда огорчала несправедливая критика.

Административные и организационные дела, сосредоточившиеся в руках Сергея Яковлевича, приняли такой колоссальный масштаб, что совмещать их с интенсивной научной работой было невозможно. В результате долгих раздумий Сергей Яковлевич принимает решение отказать от руководства акустическим отделом ЦРЛ и остаться там только консультантом. Центр тяжести своей научной работы он перенес в ЛЭТИ, получив в свое распоряжение персональную научно-исследовательскую лабораторию.

Ультразвуковая дефектоскопия

Получив помещение для лаборатории акустики ЛЭТИ, С. Я. Соколов перевел туда работы по ультразвуку. Это дало ему возможность осуществить свою мечту — широким фронтом развернуть работы по ультразвуку. Но всем сразу, естественно, заняться было невозможно, поэтому в первую очередь он решил разрабатывать тематику ультразвуковой дефектоскопии, обещавшую наиболее быстрое внедрение результатов в промышленность.

Как мы уже видели, еще в 1927 г. С. Я. Соколов, изучая распространение ультразвука в твердых телах, обнаружил его способность легко проходить через металл. В 1928 г. он предложил практическое применение ультразвука для целей дефектоскопии металлов. В том же году им были разработаны первые ультразвуковые дефектоскопы, которые в дальнейшем, после их усовершенствования, нашли широкое применение. В основу их конструкции был положен теневой метод. Следует подчеркнуть, что для ультразвуковых колебаний достаточно большой частоты, распространяющихся в толще металла (железе, стали, бронзе, алюминии), подходит понятие звуковых лучей.

Если в толще металла имеется участок с упругими свойствами, отличными от окружающей среды, то этот участок будет служить местом рассеяния ультразвука и может оказаться совсем непрозрачным для него. Неоднородности, вкрапления, раковины или щели дают геометрическую тень там, куда попадают ультразвуковые лучи после прохождения через испытываемое тело.

Практически просвечивание образцов тогда осуществлялось следующим образом. На дне бака помещался кварцевый вибратор размером $25 \times 25 \times 5$ мм. Над ним располагалось испытываемое тело, которое можно было перемещать так, чтобы все его участки находились над вибратором. Бак заливался маслом до такого уровня, чтобы испытываемое тело покрывалось им. Укрепленный сбоку фонарь освещал как раз то место образца, под которым был расположен кварцевый вибратор. Когда ультразвук, пройдя испытываемое тело, воздействовал на поверхность масла, он вызывал характерную рябь, которая при слабых интенсивностях мало заметна на глаз, но делается

отчетливо видной, если поверхность масла осветить и спроектировать ее изображение на экран.

Если образец, имеющий внутренние дефекты, перемещать и подставлять под пучок ультразвука различные его участки, картина ряби будет меняться. Рябь вовсе пропадает или становится более слабой на том участке, где ультразвуковые колебания не выходят наружу. Поэтому последовательным перемещением образца можно установить наличие неоднородностей. Если эта неоднородность или раковина имеет малые размеры, то получается следующая картина: на фоне ряби появляются пятна, приблизительно передающие очертания раковин и позволяющие судить об их размерах (рис. 2). После получения этой картины Сергей Яковлевич торжествовал. Это следовало расценивать как открытие звуковидения.

Что касается минимальной величины раковин и дефектов, то путем искусственного их создания в толще металла было установлено, что неоднородности размерами до миллиметра при частотах порядка 10^6 Гц отчетливо заметны. Представлялось, что дальнейшее повышение чувствительности метода будет возможно за счет укорочения длины волны и усовершенствования оптики.

Может показаться, что создать такую установку не стоило особого труда. Но это далеко не так. В работе встречались огромные трудности, и преодоление их составляло увлекательную полосу в истории науки. С. Я. Соколову пришлось параллельно разрабатывать все — и источники ультразвука, и методы введения ультразвука в образец, и методы получения видимого изображения. Пришлось заниматься исследованием распространения, рассеяния, дифракции ультразвука на неоднородностях, раковинах, трещинах.

В этот период в полной мере раскрылся новый научный метод Сергея Яковлевича, который можно назвать физическим методом последовательного изобретательства. Технические изобретения в нем чередуются с физическими экспериментами, составляя с ними парные звенья цепи, кончающейся достижением практического результата. С. Я. Соколов проявил себя как изобретатель и как физик-исследователь. Такой научный метод позволил ему выполнить работу, ставшую основной идеей его жизни, — просвечивание металлов ультразвуком.

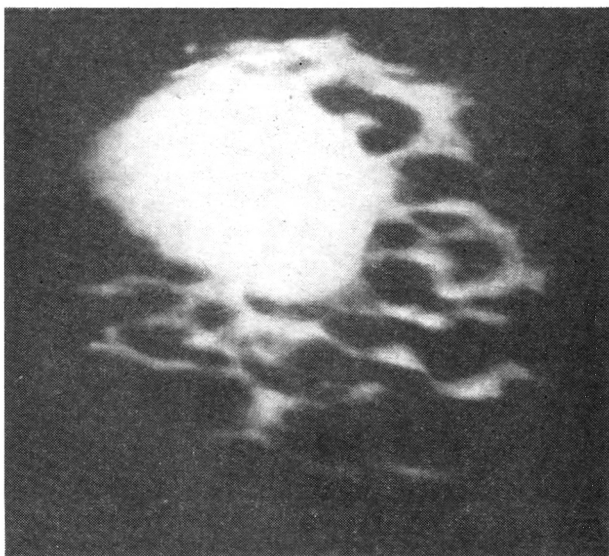


Рис. 2. Вид ультразвукового поля (ряби) при прозвучивании металла с внутренним дефектом.

Приступив к работам в новой лаборатории, С. Я. Соколов отчетливо сознавал, что построенные им ранее установки для дефектоскопии весьма далеки от совершенства.

Хотя в области тени от неоднородности рябь должна была отсутствовать и при проектировании рассеянного от поверхности жидкости светового пучка на экране должны были наблюдаться пятна, изображающие неоднородности, скрытые в толще образца, нужных результатов долго не получалось. Лишь впоследствии, с разработкой кварцевых излучателей с «нитевой» направленностью излучения, благодаря переходу на более короткие волны, этот способ стал возможен, но трудности были настолько велики, что любой другой на месте С. Я. Соколова, возможно, оставил бы эту работу, так мало обнадеживающую. Но он с поразительным упорством продолжал ею заниматься, воочию подтверждая слова К. Маркса: «В науке нет широкой столбовой дороги, и только тот может достигнуть ее сияющих вершин, кто,

не страхась усталости, карабкается по ее каменистым тропам».*

Для перехода от качественной картины, получающейся при наблюдении ряби на экране, к количественной — распределению амплитуд ультразвуковых колебаний в различных точках образца, что позволило бы уточнить границы пороков, было предпринято исследование возможности применения в дефектоскопе в качестве приемников пьезоэлектрических кварцевых щупов.

Если внутри металла встретится какой-нибудь дефект, например расслоение или трещина, то ультразвуковые лучи отразятся от дефекта в обратном направлении и на пьезоприемник будет воздействовать меньшая интенсивность ультразвука. Одновременно перемещая излучатель и приемник по поверхности образца, можно выявлять дефекты в различных частях изделия.

Большое значение имеет вопрос о чувствительности и разрешающей способности ультразвукового метода. Первая характеризуется размером минимальных дефектов, еще выявляемых при данных условиях, вторая — возможностью раздельного обнаружения двух дефектов, находящихся на малом расстоянии друг от друга. Как чувствительность, так и разрешающая способность существенно зависят от длины ультразвуковой волны, формы, ориентации и местоположения дефекта, коэффициента затухания ультразвука в материале, вида пьезопреобразователя и других факторов.

Говоря о теновом методе, следует отметить его сравнительно низкую чувствительность, сильно зависящую от расстояния между дефектом и приемником. Это объясняется тем, что вследствие дифракции ультразвуковой волны на краях дефекта «акустическая тень» быстро уменьшается с расстоянием (рис. 3).

Отмеченные особенности делают целесообразным использование данного метода только для контроля изделий сравнительно небольшой толщины. Так, применение тенового метода позволяет успешно решать важную для промышленности задачу дефектоскопии листовых материалов.

По мере развития тяжелой индустрии требования к ультразвуковой дефектоскопии повышались, появилась

* К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, с. 25.

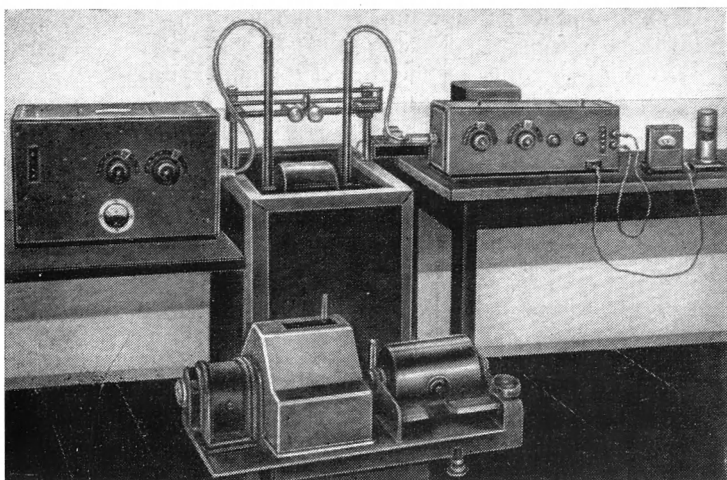


Рис. 3. Первая установка для контроля металлов ультразвуковым методом.

необходимость повысить разрешающую силу дефектоскопа, а также определять дефекты, залегающие на больших глубинах, что оказалось возможным благодаря способности ультразвуковых лучей проникать сквозь толщу металлов на очень большую глубину, что невозможно для самых жестких рентгеновских и гамма-лучей.

В результате ультразвуковые методы изучения материалов развились в самостоятельную область техники, наравне с рентгеноскопией и гаммаскопией, а по охвату промышленного применения значительно превзошли их.

Приоритет С. Я. Соколова в области применения излучения ультразвука в дефектоскопии материалов подтвержден авторским свидетельством [П 8].

Уже в начале 30-х годов С. Я. Соколов отлично уяснил физику процесса прохождения ультразвуковых колебаний в металлах и понял, что аналогичный процесс будет протекать в любых материалах. Более того, вероятно, на основе аналогии, поскольку Сергей Яковлевич не проводил тогда опыты с электромагнитными колебаниями, он распространяет свое предложение и на электромагнитные волны [П 8].

В формулировке предмета изобретения чрезвычайно важны два момента.

1) Обнаружение дефектов (раковин) производится на основе оценки приемного сигнала в определенные промежутки времени, связанные с временем распространения упругих колебаний (лучей) в материале по заданному направлению, так как наличие дефекта изменяет это время. Отметим, что в этой заявке Сергей Яковлевич использует понятие временной селекции (приемное устройство приходит в действие только в моменты прихода луча к телу), ныне широко применяемое в импульсной технике.

2) Передачу и прием предлагается осуществлять с помощью одной и той же пьезопластинки. Обнаружение дефектов в материале предлагалось делать на основе изучения отраженных сигналов.

Из сказанного очевидно, что Сергей Яковлевич очень хорошо представлял физику распространения ультразвукового прерывистого луча в изделии и наметил принципиально новый способ контроля, заключающийся в исследовании отраженных в изделии сигналов.

Таков предмет изобретения. Но описание способа содержит еще очень большой материал, доказывающий приоритет предложения импульсного режима работы для ультразвукового контроля деталей.

В этом описании заложены те положения, которые являются необходимыми и достаточными для импульсного контроля изделий. В самом деле, предлагается использовать кратковременные импульсы (10^{-5} с), посылать их с малой частотой повторения (100 Гц) и принимать в заданном интервале времени.

Важно подчеркнуть, что в 1934 г. радиолокация, импульсная техника еще не существовали, поэтому в тексте описания имеются предложения о кратковременном включении генератора и приемника в заданные моменты времени с помощью диска с двумя отверстиями, вращающегося со скоростью, обеспечивающей частоту повторения. Эта сложная оптико-механическая система была опробована С. Я. Соколовым, но не нашла в то время широкого применения.

Неудивительно, что в тексте заявки много внимания уделяется возможностям частотной модуляции, — техника радиовещания, в том числе и с применением

частотной модуляции, была уже хорошо развита. Поэтому в создаваемых С. Я. Соколовым установках предвоенных лет использовались преимущественно генераторы с частотной модуляцией, которую получали путем изменения емкости генераторного контура с помощью дополнительного моторчика.

Предложенный С. Я. Соколовым импульсный способ прозвучивания при ультразвуковой дефектоскопии содержится в описании к его авторскому свидетельству (П 8), но не вошел в формулу предмета изобретения. Поэтому эту идею формально можно оценивать только как публикацию.

Имеется, однако, другой печатный материал (Л 5), опубликованный в 1935 г. Эта статья С. Я. Соколова содержит практически дословное повторение материалов рассмотренной заявки 1934 г., а кроме того, подробное описание деталей созданной им установки для практического контроля промышленных изделий. В ней говорится о выборе наиболее подходящей частоты для различных методов контроля и описывается применение контроля однородности сварных пластин, цилиндров и стержней. Описывается контроль изделий, помещаемых в масляную ванну путем ввода и приема ультразвуковых колебаний контактным способом. Для отливок и поковок с необработанной поверхностью рекомендуется использовать более низкую частоту прозвучивания (1,5 МГц). Рекомендации по частотам контроля и в дальнейшие годы сохранили свое значение.

Эта статья свидетельствует о том, что к этому времени не только была провозглашена идея ультразвукового контроля изделий, но в лаборатории С. Я. Соколова были созданы реальные установки, обеспечивающие контроль разнообразных промышленных изделий.

Практическое значение результатов работ по ультразвуковой дефектоскопии в то время было огромно.

Высокая чувствительность ультразвукового дефектоскопа к мельчайшим нарушениям однородности позволяет применять его для определения глубины закаленного слоя. В этом случае ультразвуковой луч под небольшим углом направляется внутрь металла, доходит до границы раздела закаленной и незакаленной областей,

отражается и регистрируется на экране. Таким путем можно судить в известной степени и о качестве закалки, сравнивая величину отраженных импульсов от разных участков закаленного слоя. Конструкция передающего и приемного щупов должна в этом случае быть несколько скошенной, чтобы обеспечить направление ультразвукового луча под соответствующим углом к поверхности закаленного слоя. Следует отметить, что скорости распространения ультразвука в закаленной и незакаленной областях металла отличаются друг от друга весьма мало (порядка доли процента).

Над этой задачей работали на Ижорском заводе (под Ленинградом). Требовалось определить качество закалки листов броневой стали. Сложность заключалась в том, что закаливалась не вся плита, а половина ее. Она должна была сохранять, с одной стороны, большую прочность, а с другой — эластичность, чтобы при ударах лист не разрушался. Обычно брались пробы, но, естественно, не со всего листа. Над этим вопросом работали больше полугода.

Сначала знакомились с тем, как изготавливаются плиты и где они применяются, а потом одну плиту доставили в лабораторию. Был использован метод наложения двух частот. Посылался модулированный по частоте сигнал, который, пройдя до закаленного слоя, возвращался обратно с некоторой задержкой по времени, преобразовывался в электрический сигнал и подавался на смеситель. По частоте биений на выходе устройства можно было определить время прохождения сигнала в стали, а зная скорость звука, определить, где находится граница закалки. При этом столкнулись с двумя трудностями — как ввести и вывести сигнал. Кроме того, посылая непрерывный сигнал, не получали четкого эффекта на выходе, четкого определения разностной частоты. Эта работа продолжалась до начала войны.

В 1937 г. промышленный образец ультразвукового дефектоскопа, основанного на теновом принципе, был продемонстрирован представителям заводов, после чего промышленность приступила к их изготовлению. Эти дефектоскопы нашли широкое применение. Перелистывая пожелтевшие страницы сохранившихся документов, находим запросы заводов о возможности получения де-

фектоскопов и отзывы об их работе. В числе этих заводов встречается Кировский завод и «Большевик» в Ленинграде, Уралмашзавод, «Электросталь», Новокраматорский завод и многие другие. В отзывах, хотя лаконичных и сухих по форме, можно все же уловить восхищение полученными результатами.

Так, в одном из писем говорится: «Ультразвуковой дефектоскоп позволил не только получить надежную разбраковку изделий и деталей, но и обнаруживать самые мелкие пороки, вплоть до мелких раковин и пористости металла». В других письмах отмечается, что «...метод имеет для завода исключительно важное значение», «...метод имеет большое практическое значение для промышленности», «...было достигнуто значительное сокращение брака по данной детали» и т. д.

Узнав о новом способе дефектоскопии, руководство Ленинградского Балтийского завода в 1938 г. пригласило С. Я. Соколова для консультации по поводу «прозвучивания» огромного гребного винта. Имевшиеся в то время средства не позволили выполнить работу в требуемые сроки, но позднее задача была разрешена.

В то время работы С. Я. Соколова в области дефектоскопии привлекли к себе большое внимание Советского правительства, общественности и печати. Они на много лет опередили работы зарубежных ученых и являются замечательной вехой в развитии советской науки.

Создатель звуковидения

Более 80% информации о внешнем мире человек получает через органы зрения. Глаз человека является весьма совершенным аппаратом, поэтому в большинстве случаев любую информацию, доставляемую, например, невидимыми звуковыми или электромагнитными волнами, желательно визуализировать. «Лучше один раз увидеть, чем тысячу раз услышать», — говорит пословица.

Но до открытия рентгеновских лучей единственным средством получения зрительной информации об окружающем мире были все же лишь электромагнитные волны светового диапазона, что позволяло наблюдать объекты только в оптически прозрачных средах.

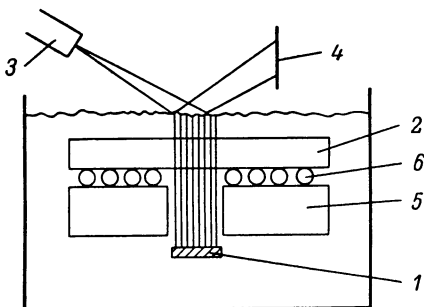


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая метод поверхностного рельефа (1935 г.).

1 — излучатель ультразвука; 2 — прозвучиваемый объект; 3 — осветитель; 4 — световой экран для наблюдения ультразвукового поля, позволяющего обнаружить внутренние дефекты; 5 — опора, 6 — подшипники для перемещения объекта.

Однако на нашей планете большинство сред и предметов являются непрозрачными для света, поэтому заглянуть внутрь их оказывается весьма трудным делом. Впервые это удалось осуществить примерно 80 лет назад с помощью коротковолнового электромагнитного излучения — рентгеновских лучей. Теперь этот вид излучения широко используется в науке и технике. Хорошо известно применение рентгеноскопии в медицинской диагностике и гаммаскопии для контроля качества тонких пленок.

Однако даже использование всего диапазона электромагнитных волн оставляет много «белых пятен» в зрительном познании материального мира. Вследствие относительно низкой проникающей способности электромагнитных волн оставались ненаблюдаемыми объекты, представляющие особый интерес в условиях современной научно-технической революции, — структурные неоднородности и дефекты металлов и других непрозрачных твердых тел, объекты, расположенные в глубинах морей, в толще земной коры и т. д. Даже в медицинских исследованиях рентген далеко не удовлетворял всем целям, так как он не позволял дифференцированно наблюдать различные мягкие ткани живого организма.

Но до 1927 г. никому, даже писателям-фантастам, не приходила в голову идея «видения» с помощью волн другой физической природы — с помощью упругих волн. Конечно, в наши дни, когда даже школьникам известна общность законов образования изображений в волнах различной природы, основанная на явлении дифракции и интерференции, плохо верится, что эта идея представ-

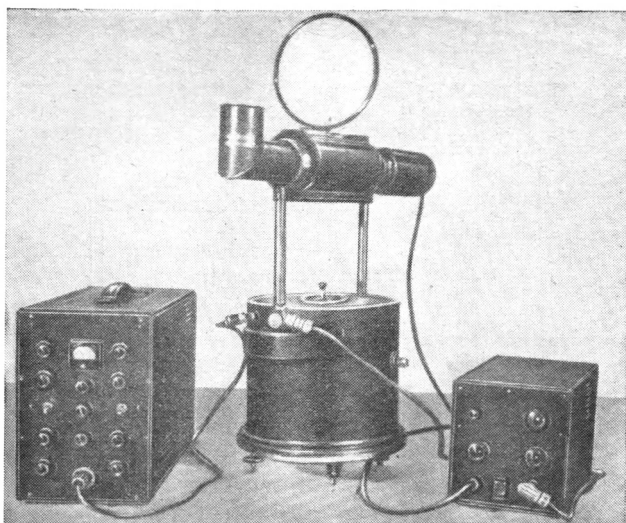


Рис. 5. Модель ультразвукового микроскопа, преобразующего ультразвуковое изображение в видимое методом выпуклого рельефа.

Лаборатория электроакустики ЛЭТИ (1950—1953 гг.)

лялась такой невероятной в 30-е годы нашего столетия, хотя мы и знаем, что тогда сведений о свойствах высокочастотных упругих волн было очень мало.

Естественно, что и уровень экспериментальной техники тех лет был невысок. Ведь даже в наши дни формирование и визуализация акустических «изображений» требуют определенного экспериментального искусства.

Значение эффекта образования изображений с помощью ультразвуковых волн, являющегося открытием, сделанным в 1928 г. С. Я. Соколовым, стало особенно очевидным в наши дни, когда происходит бурное развитие новой отрасли науки и техники — звуковидения — и непрерывное расширение области ее применения.

Это открытие, не вызывавшее в момент своего рождения такого эффекта, как открытие Рентгена, вряд ли уступает последнему по своему практическому значению. Действительно, для ультразвуковых волн практически не существует непрозрачных сред, а чувствительность

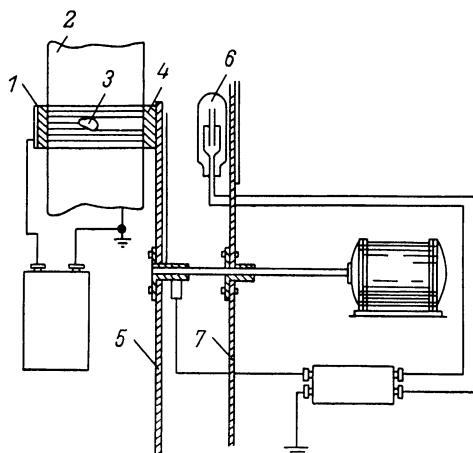


Рис. 6. Схема метода механического сканирования.

1 — излучатель ультразвука; 2 — прозвучиваемый объект; 3 — внутренний дефект в объекте; 4 — приемная кварцевая пластина; 5 — емкостной коммутатор, выполненный в виде диска Нипкова; 6 — неоновая лампа; 7 — приемный диск Нипкова, формирующий оптическое изображение ультразвукового поля и внутренних дефектов объекта.

ультразвука к структурным, механическим, химическим и другим неоднородностям исследуемых сред находится вне всякой конкуренции с электромагнитными волнами любого диапазона. Ультразвук способен обнаруживать не только неоднородности среды, но и самые незначительные изменения состояния среды (плотности, давления, температуры и т. д.), что делает его наиболее универсальным и чувствительным методом исследования широкого класса веществ и явлений.

Следующее преимущество звуковидения заключается также в высокой проникающей способности ультразвука в такие среды, исследование которых невозможно не только оптическими методами, но и методами рентгено- и гаммаскопии. При этом используются ультразвуковые колебания столь малых интенсивностей, которые практически не оказывают никакого влияния на исследуемую среду или на ход протекающих в ней процессов.

Какими же средствами С. Я. Соколов предлагал решать проблему звуковидения?

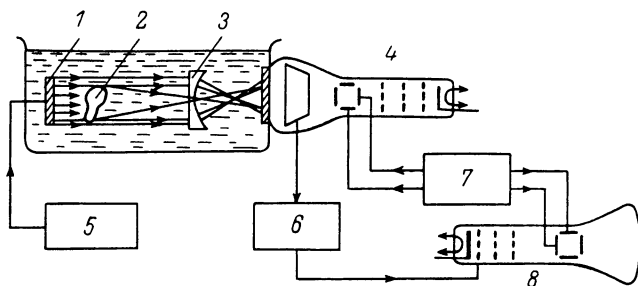


Рис. 7. Схема, иллюстрирующая метод звуковидения с электронно-акустическим преобразователем.

1 — излучатель; 2 — неоднородность; 3 — линза; 4 — электронно-акустический преобразователь; 5 — генератор высокой частоты; 6 — усилитель; 7 — генератор развертки; 8 — приемная трубка

Им были предложены три метода, преобразующие звуковые изображения в видимые глазом.

Первый метод — метод поверхностного рельефа — был предложен С. Я. Соколовым в 1935 г. Он использовал рельеф, образующийся на свободной поверхности жидкости при падении на нее упругих колебаний вследствие деформации этой поверхности постоянным давлением ультразвукового поля.

Если на пути следования упругой волны имеется неоднородность, то она создает рассеяние ультразвуковых волн. За неоднородностью появится ультразвуковая «тень» в виде так называемого «акустического рельефа».

Рельеф поверхности жидкости освещался световым лучом (рис. 4, 5). Отклонение световых лучей отдельными участками поверхностного рельефа регистрировалось, и в результате на экране появлялась световая картина, соответствующая рельефу поверхности жидкости и, следовательно, форме наблюдаемого объекта.

Второй метод — механическое сканирование — был предложен С. Я. Соколовым также в 1935 г. Сущность этого метода заключалась в том, что излучаемая пьезовибратором 1 плоская волна проходит через исследуемую среду 2 (рис. 6). Если среда однородна, то после ее прохождения получается равномерное ультразвуковое поле, которое воспринимается приемным пьезовибратором. Если в исследуемой среде имеется дефект 3, то ультразву-

ковой пучок будет неравномерным, в нем будет наблюдаться ослабление интенсивности из-за рассеяния ультразвуковых волн дефектом. На поверхности приемной кварцевой пластины 4 возникнет распределение зарядов, представляющее собой электрическое изображение акустического поля. Это электрическое изображение сканируется по строчкам емкостным коммутатором 5, выполненным в виде диска Нипкова.

Сигнал от контактов диска модулирует напряжение, подаваемое на неоновую лампочку. Если теперь смотреть на нее через второй соосный диск с отверстиями, которые сделаны по такому же закону, что и контакты, то можно видеть изображение дефекта. Качество изображения соответствовало телевизионной технике того времени.

Третий метод — видение с помощью электронно-лучевой трубки (электронно-акустического преобразователя) с экраном в виде пьезоэлектрической мозаики — был предложен С. Я. Соколовым в июле 1935 г. (П 11). В устройстве, использующем этот метод (рис. 7), пьезокварцевая мозаика наклеивалась на поверхность экрана акустического преобразователя.

Таким образом, экран обычных электронно-лучевых трубок заменялся пьезокварцевой мозаикой, которая становилась электронно-акустическим преобразователем. На мозаику отбрасывалась тень, возникающая при облучении сплошной среды, включающей некоторые неоднородности, широким пучком коротких ультразвуковых волн. Возникающие на элементах мозаики электрические потенциалы, величина которых пропорциональна давлению ультразвука в данной точке, сканировались электронным лучом и затем визуально наблюдались на экране приемной электронно-лучевой трубки, давая видимое изображение исследуемой неоднородности, соответствующей контурам отбрасываемой ультразвуковой тени. Конструкция такого устройства для звуковидения была запатентована в США и в Англии (П 13, 14).

Следует отметить, что последнее устройство, получившее всемирную известность под названием «трубки Соколова», или электронно-акустической трубки (ЭАТ), несомненно явилось наиболее перспективным и совершенным средством визуализации акустических изображений.

Как пришел Сергей Яковлевич к этому выдающемуся изобретению?

В начале 30-х годов в нашей стране и за рубежом быстрыми темпами развивалось телевидение. По-видимому, под влиянием этого у Сергея Яковлевича родилась мысль создать электронно-лучевую трубку для звуковидения, аналогичную передающей телевизионной трубке — иконоскопу.

Таким образом, С. Я. Соколов изобрел электронно-акустическую трубку, которая позволяет преобразовывать ультразвуковое изображение в серию электрических сигналов с последующим воспроизведением их в видимое изображение. Важное свойство трубки заключается в том, что ее звукочувствительная мишень-пьезопластина не усредняет (интегрирует) заряды по своей поверхности, а действует избирательно, от точки к точке, в соответствии с распределением давления в ультразвуковом поле. Это и позволило С. Я. Соколову в дальнейшем реализовать свою блестящую идею — идею создания прибора звуковидения.

Такие основные узлы аппаратуры звуковидения, как генератор, излучатель, акустическая линза, усилитель и индикатор, не встречали особых трудностей при разработке. Правда, характеристики акустической линзы были еще недостаточными, но в конце концов при обнаружении дефектов на просвет в тонких листах и пластинах можно было работать и без нее. Камнем преткновения, однако, оставалась предложенная С. Я. Соколовым электронно-акустическая трубка. Ее конструкция была очень сложной, изготовить ее долго не удавалось. Дело в том, что процесс ее изготовления связан с обеспечением вакуумно-плотного соединения пьезокристалла со стеклянным баллоном трубки. Спайку здесь применять нельзя, поскольку при высоких температурах в пьезокристалле нарушается пьезоэффект. При склеивании всевозможными клеями нарушается вакуум в трубке от наличия клея. Поэтому пришлось проделать много опытов для обеспечения необходимой герметичности трубки. На первых порах экспериментальная трубка с наклеенной пьезопластиной работала при непрерывной откачке воздуха. Это позволило провести основные эксперименты по получению изображений с помощью этой трубки и определить ее основные характеристики.

Таким образом, С. Я. Соколов еще в довоенные годы предложил три способа получения изображения дефектов, находящихся в непрозрачных средах, причем два из них тогда же прошли экспериментальную проверку. Уже в это время была доказана возможность создания аппаратуры звуковидения, которую Сергей Яковлевич называл тогда ультразвуковым микроскопом. В основе этого названия лежал тот факт, что, подобно обычному оптическому микроскопу, ультразвуковой микроскоп давал изображения объектов, облученных ультразвуковыми волнами, а также позволял получать увеличенные изображения. Правда, это увеличение было небольшим, поскольку использовались длины ультразвуковых волн в доли миллиметра (частота 1—20 МГц), так как более короткие волны сильно затухали в рабочей среде и могли быть применены только для тонких образцов.

Практическую реализацию электронно-акустической трубки удалось завершить лишь через 10 лет.

Грани других работ

В предвоенное десятилетие магистральными направлениями в работе С. Я. Соколова были ультразвуковая дефектоскопия и звуковидение (ультразвуковой микроскоп). Однако это не значит, что его интересы ограничивались только этим. Он исследовал и другие вопросы физики и техники, которые, казалось бы, совершенно не были связаны с ультразвуком, например колебания турбинных лопаток.

Еще в начале 30-х годов в связи с проводившимся партией и правительством курсом на электрификацию страны мощное развитие получило турбостроение. Как объем производства, так и мощности турбин неуклонно возрастали. Но повышение мощности потребовало специальных мер по обеспечению их надежности. А самым малонадежным узлом турбины является ее лопатка, которая может сломаться при эксплуатации из-за трещин или других пороков в ее теле. Естественно, что вопрос о правильной методике испытания лопаток становился все более и более актуальным. Поскольку разрушение лопатки происходит в процессе ее колебаний,

было очевидно, что и испытание ее нужно производить в колебательном режиме. А отсюда следует, что вопрос этот почти чисто акустический.

Опытное определение частот собственных колебаний турбинных лопаток и пакетов служит для проверки соответствия их расчетным данным и для обнаружения отклонений, вызванных скрытыми дефектами (трещинами), которые могут привести к аварии турбин и т. д.

Сергея Яковлевича, которого всегда очень интересовали нужды промышленности, увлек этот вопрос. В результате в 1935 г. он при участии Л. Л. Мясникова приступил к созданию методики испытаний турбинных лопаток, а затем и к производству самих испытаний. В результате была разработана испытательная установка. Она состояла из звукового генератора на диапазон от 0 до 10 кГц, 100-ваттного усилителя, возбуждителя колебаний и пьезоэлектрического щупа — измерителя амплитуды колебаний лопатки. Эта установка использовалась для получения спектра колебаний лопаток.

Что же касается испытаний лопаток или их пакетов на прочность, то это производилось следующим образом. Пакет или лопатка помещались в сильное магнитное поле мощного электромагнита. У полюсных наконечников последнего располагался соленоид, питаемый переменным током от усилителя, возбуждаемого на его входе звуковым генератором.

Генератор настраивали на частоту, совпадающую с резонансной частотой лопатки (пакета). Поскольку на резонансной частоте легко получить весьма значительные амплитуды колебаний, то разрушить дефектную лопатку можно в течение очень короткого времени.

Иная методика применялась для определения спектра вибраций лопатки. Через витки катушки, находящиеся в зазоре магнитной цепи, пропускался ток звуковой частоты от усилителя, к каркасу катушки прикреплялся один конец струны (толстый стальной провод), другой — крепился к лопатке или бандажу. При пропускании через катушку тока она начинала колебаться. Проходя пьезоэлектрическим щупом по поверхности лопатки, можно было определить картину распределения колебаний на ее поверхности.

Этот способ предлагался С. Я. Соколовым еще в 1930 г. для возбуждения колебаний в деке рояля с целью исследования его звукообразования.

Разработанная методика получила широкое распространение, и у С. Я. Соколова завязалась крепкая производственная дружба с работниками как Металлического завода в Ленинграде (ныне завод им. XII съезда партии), так и других турбинных заводов.

Хотя описанная выше методика была вполне удовлетворительной, Сергей Яковлевич продолжал совершенствовать ее.

Дело в том, что сочетание электромагнита и соленоида было весьма неудобным. В связи с этим С. Я. Соколов предлагает конструкцию испытательной установки, в которой соленоид отсутствует. Вместо этого через лопатку пропускается ток звуковой частоты от усилителя. В результате взаимодействия этого тока с постоянным магнитным полем лопатка (или пакет) совершает колебания. На эту конструкцию С. Я. Соколову было выдано авторское свидетельство (П 7). Специальная комиссия, рассматривавшая это изобретение в 1937 г., высоко оценила его.

С. Я. Соколов, обладавший необычайной широтой интересов, не обошел вниманием вопросы, связанные с физиологической акустикой, шумами. Он участвовал в создании первых отечественных объективных шумомеров. В своих лекциях по общей акустике около половины выделенных ему часов он уделял таким вопросам, как кривые равной громкости, натуральная громкость, артикуляция речи, маскировка звуков и т. п.

В области ультразвука, кроме дефектоскопии, его внимание привлекло явление дифракции света на ультразвуковых волнах.

Звуковые колебания плотности среды изменяют также ее преломляющие свойства; коэффициент преломления становится такой же переменной величиной, как звуковое давление. Так как скорость света намного больше скорости распространения звука, то свет ведет себя так, как если бы мгновенное распределение плотности почти застыло. Если направить пучок света поперек направления распространения ультразвука, он встретит систему слоев с чередующейся оптической плотностью. Происходит отклонение и наложение световых волн.

Если свет монохроматичен, т. е. свет одной длины волны, и если источником света служит тонкая освещенная щель, то в фокусе объектива получается не одна линия (изображение щели), а множество линий.

Поскольку это то же явление, что и явление, происходящее при падении света на дифракционную решетку, оно получило название дифракции света в ультразвуковом поле. Дифракционной решеткой здесь служат периодические изменения показателя преломления среды.

К тому времени, когда С. Я. Соколов заинтересовался этим явлением (1934—1935 гг.), уже были известны основные зависимости для рассеяния света препятствиями и неоднородностями среды, найденные еще лордом Рэлеем, а затем А. Эйнштейном и М. Смолуховским. Явление же дифракции света на ультразвуке почти одновременно было открыто экспериментально как П. Дебаем и Д. Сирсом, так и Р. Люком и П. Бикаром.

С. Я. Соколов решил провести исследования в этой области. С этой целью еще в конце 1934 г. он начал проводить кропотливые опыты с целью получения дифракционных спектров высокого порядка при прохождении света через кристалл кварца, колеблющийся на частотах более 10^7 Гц (10 МГц).

Он получил исключительно отчетливые спектры, которые показали все особенности дифракции света на ультразвуке. Были обнаружены составляющие спектров самых высших порядков.

Так как пользоваться тонкими пластинками, для которых такие частоты были бы основными, не позволяли оптические системы, использовался отборный кристалл кварца толщиной около 10 мм. Его удавалось возбуждать на высоких гармониках, подводя к его обкладкам высоковольтные (5—10 кВ) колебания высокой частоты.

Пользуясь тем, что к этому времени, как пишет в обзоре работ второй акустической конференции проф. С. Н. Ржевкин,* С. Я. Соколов сумел добиться получения колебаний в кварце с частотой до $2 \cdot 10^8$ Гц, что в то время было мировым рекордом, удалось получить дифракци-

* С. Н. Ржевкин. — УФН, 1936, т. XVI, вып. 2, с. 268.

онные спектры 2-го, а при форсированном режиме генератора даже 3-го порядка.

Сергей Яковлевич начал обдумывать возможные технические применения описанного выше очень интересного явления. Его работа на кафедре Ленинградского института киноинженеров способствовала тому, что он предложил использовать явление дифракции света на ультразвуке для создания модулятора света с целью оптической записи звука для звукового кино.

Принцип построения такого прибора был сформулирован им в заявке на изобретение, по которой в 1935 г. было получено авторское свидетельство [П 10] и английский патент [П 12].

К практическому решению вопроса С. Я. Соколов привлек А. Н. Качеровича, который разработал теорию такого прибора и проверил его экспериментально. Полученные результаты А. Н. Качерович обобщил в своей кандидатской диссертации. Ультразвуковой дифракционный модулятор использовался в телеустановках большого экрана и высокой четкости, выпускавшихся английской фирмой «Скофони». Но надо сказать, что ультразвуковую дифракцию света Сергей Яковлевич изучал не только с целью разработки нового модулятора для звукового кино и телевидения, но и в целях физических исследований дисперсии ультразвука в твердых телах.

Хотя ультразвуковой модулятор света и не нашел в дальнейшем широкого практического применения, но заложенная в нем идея является достаточно остроумной. Нам представляется вполне вероятным, что, учитывая появление новых технических возможностей (например, лазера), в наше время или в будущем эта идея может обрести вторую техническую жизнь.

Своими работами по дифракции света на ультразвуке С. Я. Соколов заинтересовал французских физиков П. Ланжевена и П. Бикара, обратившихся в своих письмах к нему с вопросами. Из советских ученых этими проблемами интересовался Е. Ф. Гросс, обнаруживший в 1932 г. эффект Мандельштама—Бриллюэна экспериментально в организованной им лаборатории по молекулярной физике в ЛГУ. В дальнейшем И. Г. Михайлов расширил применение этого явления для исследования упругих свойств кристаллов и для измерения сжимаемости жидкостей.

Среди многих эффектов, наблюдавшихся при экспериментах с ультразвуком, наиболее интересным был ультразвуковой фонтан, который Сергей Яковлевич очень любил демонстрировать.

Это было действительно эффектное зрелище. Если кварцевый вибратор поместить в стеклянную ванночку и залить трансформаторным маслом, то при довольно слабых колебаниях на поверхности масла появляется слабая рябь. Она неподвижна, как будто поверхность в морщинах, которые уже не изгладить.

При увеличении напряжения поверхность жидкости в месте над пластинкой кварца начинает выпучиваться и скоро образуется бугор, площадь которого примерно соответствует площади пластинки. Этот бугор покрывается неподвижными бороздками и вытягивается кверху, высовывая хоботок. И вдруг замечательный фонтан начинает бить из центра бугорка. Фонтан толстый, ленивый, с крупными каплями.

При дальнейшем увеличении напряжения фонтан возрастает. Отдельные капли поднимаются до высоты в несколько десятков сантиметров. Масло вокруг фонтана ходит, как вода в бассейне настоящего фонтана. Большая порция масла в виде вытянутого клубка приподнимается к вершине фонтана и медленно осциллирует, то поднимаясь под действием звукового давления, то падая под действием силы тяжести.

Если форсировать режим, кварцевая пластинка лопается, одновременно происходит электрический пробой. Если не перегружать кварц, можно получать спокойный и ровный фонтан в течение очень длительного времени.

Однажды в лаборатории ожидали высокопоставленную комиссию. Но при последней проверке кварц почему-то не возбуждался и фонтан не появлялся. Сергей Яковлевич ушел из лаборатории расстроенным. Когда же он появился в лаборатории в сопровождении членов комиссии, то был приятно поражен: фонтан действовал и был более высоким, чем обычно. Проводив комиссию, Сергей Яковлевич стал выяснять причину капризов фонтана и обнаружил, что он бил не под воздействием ультразвука. Оказывается, лаборанты подвели в ванну, наполненную маслом, тонкую резиновую трубку от воздушного насоса, стоящего в другой комнате. Гнев Сер-

гея Яковлевича не знал границ... Такие инциденты более не повторялись.

Образование эмульсий в ультразвуковом фонтане заставило Сергея Яковлевича задуматься о возможных видах воздействия ультразвука на вещество.

Сергей Яковлевич ставил также эксперименты, которые должны были дать ответ на вопрос о влиянии ультразвука на скорость протекания физических процессов. В качестве модели такого процесса он выбрал явление затвердевания металлических расплавов, считая, что таким образом он сумеет выявить вопросы скорости рождения кристаллов, скорости их роста и природу этого роста.

Результаты опытов свидетельствовали о том, что под действием колебаний затвердевание наступает быстрее. Это убыстрение составляет от 10 до 35%. В том, что эти результаты не случайны, можно было убедиться по шлифам образцов.

После завершения этих экспериментов совершенно логично было приступить к выяснению влияния ультразвука на ход химических реакций. Была составлена широкая программа экспериментов, включающая проверку действия на окисление в водных средах, образование сложных эфиров, изменение плоскости поляризации тростникового сахара. Предполагалось также изучить образование эмульсий разных жидкостей, диспергирование металлов в жидкостях, изменения в трансформаторном масле, каменноугольной смоле и т. д.

Вкратце перечислим полученные результаты некоторых опытов.

После облучения трансформаторного масла ультразвуком в течение 15 мин. прозрачность его сильно увеличилась, а вязкость уменьшилась на 1.2—2%.

При облучении воды с кусочками свинца в ней образовывалось значительное количество гидрата свинца. Этот эффект наблюдался гораздо слабее или вообще не наблюдался с другими металлами. Далее, испытывалось воздействие ультразвука на растворы при неизменной температуре раствора. При 15-минутном облучении раствора иодистого калия с добавкой крахмала последний окрашивался, что свидетельствовало о наличии реакции окисления.

При 30-минутном облучении раствора жидкого стекла в воде наблюдалось быстрое осаждение кремнекислоты. Аналогичное явление наблюдалось с раствором коллоидального гидрата окиси железа. Коллоидальный раствор серы после облучения становился прозрачным. Когда в пересыщенный раствор сернокислого натрия, прошедшего облучение, бросали маленький его кристаллик, начиналась бурная кристаллизация.

Изменялся угол поворота плоскости поляризации луча, прошедшего через раствор тростникового сахара с добавкой азотной кислоты, подвергнутого 72-минутному облучению. Изменялся показатель преломления анилина.

Это лишь небольшая доля проведенных опытов. Терпение и искусство экспериментатора были вознаграждены — действие ультразвука на ход физических процессов и химических реакций было доказано.

В дальнейшем результаты этих работ также нашли важные практические применения. Предусматривая это, С. Я. Соколов стал готовить специалистов по вопросам воздействия ультразвука на вещество.

Итоги предвоенных лет

Шли годы предвоенного десятилетия. Это были годы напряженного труда, повседневной научной работы, непрерывных поисков решений практических вопросов, возникающих в промышленности.

Главным в работе Сергея Яковлевича являлась лаборатория электроакустики ЛЭТИ. Исследования, проведенные Сергеем Яковлевичем в первой половине 30-х годов, были настолько интересными и значительными, что ему была предоставлена возможность сделать доклад на сессии Академии наук СССР на тему «Ультразвуковые колебания и их применение в различных областях техники». Защита докторской диссертации на ту же тему в Энергетическом институте АН СССР в Москве 3 ноября 1935 г. прошла также весьма успешно. Характерно, что директор института академик Г. М. Кржижановский по договоренности с ЛЭТИ разрешил провести защиту в своем институте. Это обеспечивало возможность участия в ее заслушивании широких научных кругов столицы. Интересен отзыв на диссертацию известного советского акустика проф. С. Н. Ржевкина.

«В своем отзыве я не предполагаю касаться бесспорного технического значения работ С. Я. Соколова, поскольку они достаточно освещены в отзывах других рецензентов, и остановлюсь лишь на оценке их значения с точки зрения физики.

1. В цикле исследований, посвященных конструкции ультразвуковых подводных излучателей, С. Я. Соколов провел попутно огромную экспериментальную работу, которая позволила освоить эту важную и совершенно новую у нас в Союзе область техники: были разрешены вопросы о методах испытания кварца для осцилляторов, о склеивании кварца с обкладками, исследовано распределение амплитуд по поверхности сложного вибратора и обнаружена неоднородность этого распределения. Освещен теоретически вопрос о расчете сложного вибратора (метод расчета эквивалентных постоянных) и разработан новый тип цилиндрического вибратора.

2. Идея исследования дефектов в твердых телах методом ультразвуковых волн всецело принадлежит С. Я. Соколову. В руководимой им лаборатории эта идея доведена до практического завершения, несмотря на большие трудности. Разработан целый ряд индикаторов для обнаружения и измерения ультразвуковых волн, прошедших через твердое тело, как то: оптическое исследование поверхности жидкости, налитой поверх твердого тела, пьезоэлектрический щуп, тональный метод, акустический шпирен-метод и, наконец, метод дифракционных спектров.

К этому же циклу работ следует отнести исследование распространения ультразвуковых волн по проволокам, представляющее большой практический интерес.

Исследование свойств металлов при механических колебаниях высокой частоты дает совершенно новый метод изучения структурности твердого тела, который обещает дать богатейшие результаты. Следует подчеркнуть пионерское значение работ С. Я. Соколова в этой важной области.

3. Работы по изучению химических действий ультразвука и действий их на процессы кристаллизации расплавленных металлов указывают, что здесь мы имеем дело с крайне мощным фактором воздействия на структуру вещества. Этого рода исследования лишь недавно

начались, и работу в этом направлении следует считать исключительно важной.

4. В направлении исследования дифракции света на ультразвуковых волнах С. Я. Соколову удалось очень далеко продвинуться. Получение спектров для частот $1.3 \cdot 10^8$ Гц и спектров до 34-го порядка представляет исключительный интерес для физики и безусловно послужит исходным материалом для важных теоретических построений. Крайне существенно глубже изучить открытое автором увеличение скорости ультразвуковых колебаний с частотой и выяснить, действительно ли мы имеем здесь дело с областью аномальной дисперсии.

Несмотря на то что важнейшие работы С. Я. Соколова имеют в основном прикладное направление, на пути их развития автору пришлось поставить и разрешить целый ряд чисто физических, экспериментальных задач, и в этом отношении полученные результаты настолько интересны, что позволяют характеризовать С. Я. Соколова не только как крупного инженера-исследователя, но в равной мере и как весьма искусного физика-экспериментатора.

Экспериментальный материал, полученный им, настолько интересен и обширен, что остается только удивляться энергии и работоспособности автора, получившего за 7—8 лет такие результаты. Упрек, который можно сделать С. Я. Соколову, — это лишь недостаточно глубокая теоретическая проработка затронутых проблем и не всегда удачная форма изложения. Он лучше работает в лаборатории, чем умеет обработать и описать свои работы.

Признавая С. Я. Соколова вполне заслуживающим звания доктора технических наук, я высказываю пожелание, чтобы через несколько лет мы смогли услышать защиту его диссертации на степень доктора физики».*

Весьма положительно отзывался о работах С. Я. Соколова знаменитый советский физик академик Л. И. Мандельштам.

«Исследования С. Я. Соколова по ультразвуковым волнам представляют несомненно большой интерес. Не

* С. Н. Ржевкин. Отзыв на докторскую диссертацию С. Я. Соколова. 1935 г. — Личный архив Е. С. Соколовой.

входя в детальный разбор этих исследований, я остановлюсь только на нескольких моментах.

Весьма трудный в экспериментальном отношении вопрос об осуществлении так называемого сложного кварцевого вибратора, необходимого для генерации мощных ультразвуковых колебаний, удачно разрешен, насколько я знаю, впервые в СССР С. Я. Соколовым. Он не ограничился осуществлением такого вибратора и продвижением его в технику, но исследовал физические явления, которые происходят при его работе.

В частности, им получены интересные результаты относительно распределения амплитуд в вибраторе. При этих исследованиях С. Я. Соколовым были применены им же предложенные остроумные методы.

Весьма интересны работы С. Я. Соколова, относящиеся к дефектоскопии при помощи ультразвуковых волн. Этот новый метод предложен и осуществлен впервые самим С. Я. Соколовым. В связи с этими задачами ему пришлось предварительно исследовать и выяснить целый ряд вопросов. И здесь С. Я. Соколов применил оригинальные способы исследования, в частности интересные методы детектирования ультразвуковых колебаний.

Ряд исследований С. Я. Соколова относится к дифракции света на ультразвуковых волнах. Для исследования некоторых физических вопросов важно наблюдать дифракцию при возможно высоких частотах. С. Я. Соколову удалось продвинуться в этом направлении дальше, чем это удавалось сделать другим исследователям до сего времени. Техника, разработанная С. Я. Соколовым, несомненно окажется полезной для решения ряда проблем.

Я полагаю, что работа С. Я. Соколова бесспорно дает ему право на получение ученой степени доктора технических наук*.

Работы, проведенные под руководством Сергея Яковлевича, получили высокую оценку в 1937 г. в постановлении Комиссии советского контроля при Совете Народных Комиссаров СССР. В этом постановлении было отмечено:

* Л. И. Мандельштам. Отзыв на докторскую диссертацию С. Я. Соколова. 1935 г. — Личный архив Е. С. Соколовой.

«Профессор Соколов изобрел ультразвутический дефектоскоп для определения внутренних дефектов в металлических изделиях. Он даст возможность обнаруживать раковины, трещины и другие пороки в металле глубиной до 1000 мм, а также определять местонахождение этих пороков. Дефектоскоп профессора Соколова необычайно дешев, является большой новинкой в технике.

Комиссия советского контроля предложила народным комиссарам оборонной и тяжелой промышленности лично ознакомиться с изобретением профессора Соколова и установить практические мероприятия по изготовлению и внедрению в 1937 г. в промышленности не менее 100 дефектоскопов. . .

В целях реализации дефектоскопа, изобретенного профессором Соколовым, предложено ряду главных управлений НКТП (Народного комиссариата тяжелой промышленности) немедленно сообщить тресту по производству лабораторного оборудования и реактивов («Союзлаборреактиву») свою потребность в дефектоскопах».*

На научно-исследовательскую работу С. Я. Соколова правительство выделило 80 тыс. руб., а на строительство его лаборатории по дефектоскопам — 40 тыс. руб. Главному управлению тракторной и автомобильной промышленности разрешили выделить С. Я. Соколову легковую автомашину.

После этого постановления несколько ответственных руководителей посетили лабораторию Сергея Яковлевича в ЛЭТИ. А еще раньше, в феврале 1936 г., Президиум Центрального совета Всесоюзного общества изобретателей, отметив важность изобретений С. Я. Соколова, наградил его значком «Лучший изобретатель» и выделил денежные средства для премирования сотрудников лаборатории. Неоднократно сообщения о работах С. Я. Соколова публиковались в общей печати.

В начале 40-х годов помещение лаборатории ЛЭТИ было уже капитально отремонтировано. Рабочие комнаты, располагавшиеся в трех этажах, полностью переоборудованы.

Весь коллектив работал очень увлеченно, слаженно. Деловая обстановка в лаборатории вызывала стремление

* «Известия», 6 июня 1937 г.

трудиться с полной отдачей, не считаясь со временем. С. Я. Соколов руководил всеми делами лаборатории, его радовала заинтересованность в работе и требовательность к себе каждого сотрудника.

К этому времени лаборатория была оборудована несколькими металлообрабатывающими станками и стендами для радиомонтажных работ. Часть заказов на механические работы, необходимые для производства приборов, размещалась в соответствующих мастерских института. Все работы лаборатории были построены на хозрасчете, что определяло содержание договоров с промышленными предприятиями. Наряду с разработками, носившими проблемный характер (договор с Ижорским заводом на исследование броневых плит импульсным методом), имелся ряд договоров на изготовление уже испытанных конструкций дефектоскопов. Кроме того, было ясно, что универсальных дефектоскопов быть не может и для определенных групп изделий должны быть созданы специальные конструкции, разработку которых и брала на себя лаборатория ЛЭТИ. К началу 1940 г. были заключены договоры с крупнейшими заводами: Кировским, «Большевик», Ижорским и Металлическим. Коллектив лаборатории брал на себя обязательство на изготовление рабочих образцов приборов.

Резкое увеличение темпов работы оборонной промышленности в 1940—1941 гг. привело к тому, что лаборатория не успевала поставлять дефектоскопы ряду заводов и вынуждена была проводить ультразвуковой контроль выпускаемых заводами деталей непосредственно на своих установках.

Заказы заводов должны были выполняться в сжатые сроки, исследовательскую работу тоже нельзя было сокращать, поэтому многие сотрудники лаборатории работали фактически в две смены. При этом Сергей Яковлевич категорически требовал, чтобы выполнение работ для промышленности не отражалось на ходе научных исследований. В них он принимал прямое и непосредственное участие, давая и общее направление работе и разрешая отдельные затруднения. Обращая основное внимание на физическую сторону вопросов, Сергей Яковлевич легко справлялся и с чисто инженерными решениями. Было совершенно ясно, что это и есть сфера его основных интересов, хотя он очень много занимался и учебным про-

цессом, прекрасно понимая, что подготовка инженерных и научных кадров — задача государственного значения.

С. Я. Соколов с большой охотой предоставлял возможность ставить эксперименты в лаборатории любому, желающему с ним работать, начиная со студентов 3-го курса, которым уже читали лекции по профилирующим дисциплинам. Если у новичка не было собственных идей, Сергей Яковлевич давал ему на выбор свои предложения. Он был поистине генератором всякого рода идей и гипотез, связанных с вопросами изучения физических явлений в области звука и ультразвука, а также создания всевозможных систем и приборов для производственно-технологического использования и постановки новых научных экспериментов.

В эти годы в лаборатории С. Я. Соколова начались поисковые экспериментальные работы по изысканию методов звуковидения, звуковой модуляции светового луча, изучения свойств твердого тела, жидких и газовых сред с помощью ультразвука и ряд других работ, нашедших в послевоенные годы практическое завершение. Предпочтение отдавалось наиболее актуальным работам в интересах промышленности и научного прогресса. Нередки были случаи, когда работы прекращали в связи с получением отрицательных результатов, из-за недостаточной их эффективности в перспективе, иногда закрывали даже актуальные работы, но не обеспеченные на данном этапе исследований необходимыми техническими средствами. При мизерном количестве сотрудников лаборатории (инженеры Е. Е. Колесников, Е. Т. Баранов, И. А. Комаров, высококвалифицированный специалист по обработке кварца К. А. Драгунов и др.), не превышавшем 10—15 человек, при большой текучести привлекаемых работников (студентов и аспирантов) лаборатория С. Я. Соколова была источником многих технических и научных направлений в разработке методов производственно-технологических процессов и контроля, исследований с применением звуковых и ультразвуковых колебаний.

Как уже отмечалось, Советское правительство и общественность высоко оценили результаты работы Сергея Яковлевича и всего коллектива акустической лаборатории ЛЭТИ. Это особенно ярко проявилось в связи с учреждением в 1939 г. Государственных премий. В печати появился ряд статей, посвященных ультразвуковому де-

фектоскопу проф. С. Я. Соколова. Так, академик А. Н. Бах писал: «Постановление правительства об учреждении премий ... вызвало среди ученых и изобретателей нашей страны большой творческий подъем. На соискание премий было представлено свыше 500 научных трудов почти из всех областей знаний. Многие из этих исследований представляют большой теоретический и практический интерес. Среди них — ...методы определения глубины закалки стальных изделий и получения точного изображения внутренних дефектов сталей и т. п.»*

Таким образом, работа С. Я. Соколова была поставлена на первое место.

В одной из газетных статей говорилось: «Чрезвычайный интерес представляет также работа доктора технических наук, профессора С. Я. Соколова. Он разработал новый метод изучения свойств закаленной стали и определения внутренних пороков металлических изделий. Его метод позволяет с помощью звуковых волн „заглянуть“ в толщу металла, непроницаемую для световых лучей, и получить верное изображение того, что там имеется.

Кировский завод, осваивая метод проф. Соколова, получил весьма благоприятные результаты. По отзыву работников завода, новый способ оказался очень ценным для производства и позволил отбраковать все дефектные детали. Такой же отзыв получен и от завода „Большевик“. Сейчас начата разработка аппаратуры для промышленного использования изобретения проф. Соколова.**

Работники Кировского завода писали: «Ультраакустические дефектоскопы системы проф. Соколова еще в 1939 г. были применены непосредственно в цеховых условиях для контроля круглых заготовок быстрорежущей стали диаметром до 200 мм, предназначенных для изготовления крупных фрез. Этим же путем удавалось обнаруживать присутствие внутренних раковин и трещин: использовать дорогую сталь путем перековки дефектных заготовок на меньшие размеры, не пуская их понапрасну на станочную обработку. В 1940 году ультразвуковой дефектоскоп получил уже более широкое применение для контроля производства громоздких по размерам кованных

* А. Н. Бах. Соревнование ученых. — «Правда», 4 декабря 1940 г.

** «Машиностроение», 12 декабря 1940 г.

валов, так как здесь наблюдался большой брак по внутренним дефектам».*

Естественным результатом этого широкого обсуждения работ С. Я. Соколова явилось присуждение ему в 1942 г. Государственной премии.

В кругу семьи

Все знавшие Сергея Яковлевича не переставали удивляться его неумемной энергии и редкой трудоспособности. Работал он действительно много. Для отдыха в кругу семьи оставались буквально считанные часы.

Семья Сергея Яковлевича была небольшой: жена — Валентина Николаевна и две дочери — Лена, родившаяся в 1927 г., и Нина — в 1931 г.

Валентина Николаевна после окончания ЛЭТИ работала на заводе имени Кулакова инженером в информационном бюро. Знание трех иностранных языков делало ее работу очень полезной; кроме того, это позволяло ей существенно помогать Сергею Яковлевичу в работе на протяжении всей его жизни.

Жили Соколовы в профессорском доме ЛЭТИ на улице проф. Попова. Их квартира состояла из довольно большого кабинета, детской, комнаты Валентины Николаевны и темной, без окон, столовой. Мебели было мало — самое необходимое. В кабинете Сергея Яковлевича стоял большой письменный стол, на котором неизменно красовался портрет бабушки Матрены, большая кварцевая дюза, полированная кварцевая шестигранная пластина и два кварцевых шарика. Удобно были расставлены диван и два кресла, два низких застекленных книжных шкафа красного дерева и кровать. На стене висела акварель работы А. П. Остроумовой-Лебедевой. Пол был покрыт большим ковром. Пятирожковая люстра хорошо освещала комнату.

Когда Сергей Яковлевич приходил вечером домой, вся семья собиралась у него в кабинете. Обе девочки старались уместиться с отцом в одном кресле и вообще «прилипали» к нему. Валентина Николаевна устраивалась на диване. Вечерние сборы семьи, на которых обсуждались

* Г. Нессельштраус, Л. Лавренгьев. Физические методы контроля. — «Машиностроение», 28 марта 1941 г.

впечатления прошедшего дня, для Сергея Яковлевича были коротким временем отдыха и дневной разрядки. Передохнув, он садился работать, Валентина Николаевна уходила по своим делам, Лена готовила уроки, а Нина обычно так умильно смотрела на отца, что он не выдерживал, доставал из ящика тетрадь в косую линейку, писал в ней какую-нибудь букву или простое слово и усаживал девочку сбоку за своим столом «работать». Добросовестно исписывалось по нескольку страниц.

Сергей Яковлевич любил работать в спокойной обстановке. Дочери это знали и соблюдали полнейшую тишину. Когда помощница Валентины Николаевны по дому Лидия Петровна шумела на кухне, дети говорили ей: «Петровна, не шуми, папа думает...».

Перед тем как лечь спать, девочки просили отца рассказать сказку. Обычно он рассказывал о Гоге-Магоге с железными ногами, а когда ему было некогда, он выбирал самую короткую сказку про белого бычка — при этом девочки заливались хохотом.

Когда Сергей Яковлевич был в хорошем настроении, он напевал «Все васильки, васильки...» и «Горит рябина под окном, шумит седая ель...». Это запомнилось дочерям на всю жизнь. Вообще он очень любил русские песни.

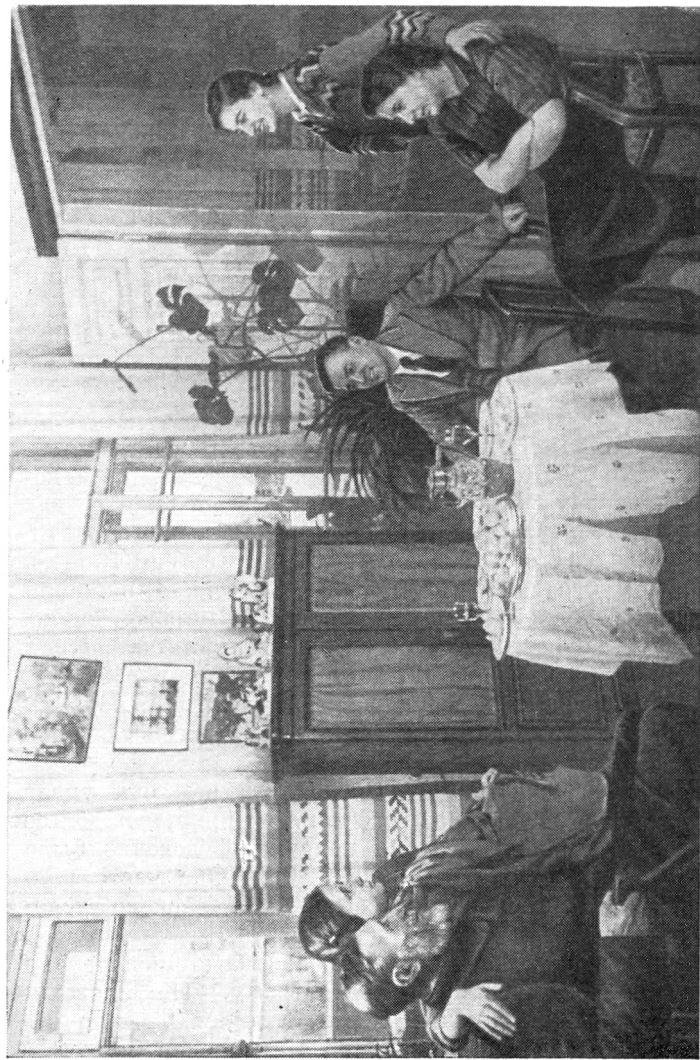
В разговоре часто повторял мудрые слова Шота Руставели:

«Что отдашь — твоим пребудет, что оставишь — пропадет»;

«В жизни каждый переносит то, что сам себе принес»;
«Кто тебе защитой будет, если ты себе не щит».

Нежно заботился Сергей Яковлевич о своих дочерях, особенно когда они болели, сам следил за ходом их лечения и на всю жизнь сохранил интерес к медицине.

Все дни у Сергея Яковлевича были строго расписаны по часам, но если выдавалось свободное время, он с удовольствием ходил с дочками гулять, шутил с ними, рассказывал интересные истории, сказки, которые, видимо, сочинял на ходу. Большим удовольствием для всех было ходить в гости к Надежде Николаевне Фрейман (вдове И. Г. Фреймана), куда обязательно приглашали и детей. Это был очень хлебосольный и радушный дом. Детей хозяйки — Игоря и Люлю — девочки просто обожали, хотя те были значительно старше их, и это чувство сохранилось на всю жизнь.



С. Я. Соколов в кругу семьи (1940 г.).

Слева направо: Яков Васильевич Соколов, Нина, Сергей Яковлевич, Валентина Николаевна, Лена.

Довольно часто собирались и в доме Соколовых. Из старых друзей приезжала семья покойного профессора И. Г. Фреймана, В. Н. Лепешинская, Д. И. Агапов. Многолетняя дружба связывала Сергея Яковлевича с Г. В. Одиновым и В. Г. Скорняковым, с которыми он в 1920 г. приехал из Саратова поступать в Электротехнический институт. Дома у Сергея Яковлевича бывали его ученики и сотрудники. Чаще других приходили Б. Н. Можжевелов, Л. Л. Мясников, С. И. Панфилов и Л. Я. Гутин.

Лев Яковлевич Гутин зачастую оставался ночевать у Соколовых, и тогда они с Сергеем Яковлевичем всю ночь могли проспорить о философских вопросах науки. Днем они — регулярно по многу часов — занимались сложными разделами высшей математики, квантовой механики, статистической физики. Расширение своих математических знаний Сергей Яковлевич считал для себя необходимым.

Очень приветливо встречал он Ольгу Георгиевну Страхову, свою сотрудницу на протяжении многих десятилетий, активно помогавшую ему готовить к печати монографию «Ультраакустические колебания и их применение». В основу книги предполагалось положить как результаты теоретических, экспериментальных и практических исследований, проводимых самим Сергеем Яковлевичем и его сотрудниками, так и весь материал, накопившийся к тому времени по этим вопросам в мировой науке. В 1938 г. он заключил договор с Судпромгизом об издании книги объемом сначала в 10 листов, а потом в 22 листа. К сожалению, война помешала выходу книги в свет.

Очень тяжелыми для всей семьи Соколовых были 1938 и 1939 гг.

Сначала заболела Нина. После того как она упала с крыши сарая и повредила себе ногу, ей пришлось долгое время лежать в гипсе. Очень подвижной девочке было особенно тяжело лежать без движения. Она часто плакала, но Сергей Яковлевич всегда умел ласково успокоить ее.

В марте 1939 г. Валентина Николаевна и Лена попали в тяжелую автомобильную катастрофу. На площади Льва Толстого машину занесло на тротуар. Тяжело пострадало пять человек. Валентина Николаевна, получившая 8 переломов, пробыла в больнице несколько месяцев. Сергей Яковлевич, каждый день навещая ее и успевая побыть дома с Ниной и Леной, не прекращал занятий

ни в институте, ни дома с книгой и ежедневно посещал завод, где в то время шла работа по прозвучиванию броневых плит.

Эта катастрофа оказала влияние на всю жизнь семьи, так как Валентина Николаевна осталась полным инвалидом.

Годы войны

Наступил 1941 год. 22 июня началась война с фашистской Германией.

Акустическая лаборатория ЛЭТИ сразу же перестроилась на режим военного времени. Лабораторию круглосуточно охранял дежурный, вооруженный винтовкой. Ввели одиннадцатичасовой рабочий день, организовали ночные дежурства, часть сотрудников уехала на рытье противотанковых рвов под ст. Мшанская. Профессорско-преподавательский состав стали обучать военному делу.

Вначале основные сотрудники лаборатории получили отсрочку от призыва в Красную Армию, поскольку выполняли задания оборонной промышленности. Однако постепенно коллектив лаборатории начал редеть, уходили в армию инженеры и механики.

Оставшиеся сотрудники под руководством С. Я. Соколова стали работать еще более интенсивно, выполняя задания оборонной промышленности за себя и за ушедших на фронт.

Один из заводов, например, обратился с таким вопросом: как, не разрушая бронебойные снаряды, надежно отбраковывать их, обнаруживая при этом скрытые трещины? Работа была срочной и важной. Техническая сложность заключалась в том, что внутренняя и наружная поверхности снарядов не были параллельными, а для хорошего прохождения ультразвука требовалась параллельность граней. Поиски длились несколько суток, когда наконец-то нашли способ: при помощи двух копиров стали перемещать приемник и вибратор по нужной кривой.

Следующая работа заключалась в определении внутренних пороков в шарике для шарикоподшипника. «Шариком» его можно было назвать только условно, поскольку он имел диаметр 200 мм. Подшипники предназначались для артиллерийских береговых установок, которые должны вращаться на этих шариках. Рентгенов-

ский метод позволяет просвечивать только небольшие толщины, магнитный применяется в том случае, если пороки выходят на поверхность, поэтому можно было применить только ультразвуковой метод.

Получив согласие Сергея Яковлевича, завод доставил несколько шаров в лабораторию. Они были удобны для проверки, поскольку имели правильную геометрическую форму, и поэтому довольно быстро был найден способ индикации в них пороков. В одном из шаров был обнаружен дефект в самом центре. Дефект имел размеры примерно 6 мм по ширине и около 10 мм по протяженности. Сергей Яковлевич обратился к заказчикам с предложением проверить найденный дефект. Надо было придумать, как вскрыть шар. Начались поиски. Кто-то из заводских работников предложил сбросить шар с большой высоты на стальную плиту, чтобы разбить его. И вот шар сбросили из окна 3-го этажа. Конечно, хорошо закаленный стальной шар остался цел. Резать его по слоям, как это обычно делалось, можно было только очень твердым материалом. Однако алмазные резцы тогда было трудно получить. Твердые сплавы, вроде победита, оказались малоэффективными. Был, конечно, очень простой способ — отжечь шар и на токарном, фрезерном или строгальном станке дойти до дефекта. Но металлурги завода были против применения этого способа, так как им хотелось видеть структуру металла перед самим дефектом, а при отжиге она нарушается. Дебаты продолжались несколько дней. Безвыходность положения и желание проверить правильность действия аппаратуры взяли вверх, шар отожгли и в лаборатории в присутствии заказчика стали резать на токарном станке. Наконец добрались до дефекта, расположенного точно там, где было указано дефектоскопом. После этого случая часть сотрудников лаборатории начала работать как производственная группа с много часовым рабочим днем. В нее входили: Е. Т. Баранов как руководитель группы, Е. Е. Колесников, И. А. Комаров и др. Завод поставлял шары в большом количестве, их проверяли и отправляли обратно. Работали до тех пор, пока не отключили электроэнергию.

Сотрудники лаборатории занимались также проверкой так называемых торсионных валов, которые применялись в танках. Валы были хорошо обработаны, имели правильную геометрическую форму, и способ их проверки был довольно

быстро найден и освоен сначала в лаборатории, а затем и на заводе. Проверка производилась теневым методом. Доброкачественные валы сразу же шли на сборку танков.

В августе 1941 г. лаборатория приняла участие в изготовлении снарядов для зенитной артиллерии, и на всех ее станках стали обрабатывать стаканы для снарядов. В сентябре того же года в связи с учащением дневных и ночных налетов авиации противника и началом артиллерийского обстрела города основной штат лаборатории перешел на казарменное положение. Многим сотрудникам было разрешено жить вместе с семьями, поскольку здание лаборатории имело прекрасное подвальное помещение, заранее оборудованное под бомбоубежище. В нем была выделена комната и для Сергея Яковлевича, куда он и перевез свою семью.

Каждый вечер во время обстрела собирались в бомбоубежище. Со своими копилками приходила семья Сергея Яковлевича, Надежда Николаевна Фрейман, профессор И. В. Егизаров с женой и др.

Когда в институт попадали зажигательные бомбы, Сергей Яковлевич с другими мужчинами ходили тушить пожар. Возвращались часто в обгоревших костюмах, страшные, закоптелые. Сергей Яковлевич опускался на скамью, устало сложив перед собой руки.

Жизнь лаборатории усложнялась с каждым днем. Из Ленинграда в Свердловск была вывезена большая часть оборудования, почти не действовало отопление, ограниченно давали ток и воду. Проверка торсионных валов и сборка дефектоскопов почти прекратилась. Тем не менее Сергей Яковлевич и его сотрудники на оставшейся аппаратуре продолжали заниматься исследованием возможностей применения ультразвуковой дефектоскопии для обороны. Они пользовались каждым часом подачи энергии, часто работали во время бомбежки, когда дребезжали стекла в громадных окнах лаборатории и здание содрогалось от взрывов. Бомбы падали в Ботаническом саду и на территории больницы им. Эрисмана. Когда становилось невыносимо, они прекращали опыты и уходили в подвал, где дожидались радиосигнала отбоя воздушной тревоги. Затем снова приступали к работе. Несмотря на грозную обстановку, Сергей Яковлевич был очень увлечен также вопросами радиоактивности. И для более широких исследований в этой области он привлек даже химика.

К концу 1941 г. из основных сотрудников в лаборатории оставались: С. Я. Соколов, Е. Е. Колесников, Е. Т. Баранов, И. А. Комаров, О. Г. Страхова, К. А. Драгунов. С 15 декабря прекратилось отопление лаборатории и полностью была отключена электроэнергия. Работали в пальто, шапках, перчатки снимали только в самых необходимых случаях. Помимо этого, на Сергее Яковлевиче полностью лежала забота о членах его семьи. В этот период ему помогала только 14-летняя дочь Лена.

В тяжелые годы блокады С. Я. Соколов постоянно чувствовал заботу о коллективе своей лаборатории директора института П. И. Скотникова, который всячески поддерживал работоспособность сотрудников.

В начале декабря С. Я. Соколов был вызван в Смольный, где получил распоряжение эвакуироваться с группой сотрудников на самолете. Возвращаясь в институт, Сергей Яковлевич попал под обстрел и вынужден был долго лежать на Кировском мосту.

За несколько дней до отъезда лабораторию привели в порядок. Все материалы были переписаны и уложены в шкафы, аппаратура оставшаяся после эвакуации основного оборудования института в Свердловск, была разобрана и по возможности законсервирована. Была переписана вся библиотека Сергея Яковлевича, находившаяся на квартире. Один экземпляр всех описей был оставлен в институте.

Сергея Яковлевича очень беспокоила судьба сотрудников, остающихся в Ленинграде. Стараясь как-то поддержать их, он делился с ними скудными запасами продовольствия, считая, что через несколько часов он и его семья, достигнув «Большой земли», будут обеспечены едой.

Обстановка на аэродроме была фронтовая. Летчики, с большим трудом прорвавшись через огненные заслоны противника, на аэродроме даже не глушили моторы. Выгрузив продукты и приняв на борт людей, они сразу же летели обратно. Самолет с группой С. Я. Соколова летел очень низко, прямо над деревьями. Пассажиров высадили на станции «Хвойная», где они пересели в поезд. Перед отправкой их покормили щами и дали теплого хлеба. Сергей Яковлевич разрешил съесть только по кусочку, так как боялся, чтобы после голодовки людям не стало плохо.

Еще в Ленинграде С. Я. Соколов получил письмо от заместителя наркома судостроительной промышленности СССР, которому подчинялся в то время ЛЭТИ. Копия этого письма была направлена Председателю Совнаркома Узбекской ССР. Этим письмом С. Я. Соколову и его лаборатории предписывалось ехать в Ташкентский университет для развертывания оборонных работ и подготовки кадров для военной промышленности.

Началось длительное путешествие. Эшелон то двигался, то останавливался. Сергей Яковлевич выскакивал и бежал к начальнику станции. Эшелон двигался дальше. Боясь, что его «команда» не дотянет до Ташкента, Сергей Яковлевич принял решение остановиться в Горьком, где в то время находился Наркомат судостроительной промышленности. 31 декабря приехали в Горький. Оставив семью и сотрудников с вещами на эвакуационном пункте, Сергей Яковлевич поехал в Наркомат. Когда он вошел туда, к нему бросились и подхватили под руки, так плохо он выглядел. Сергею Яковлевичу предложили обосновать лабораторию в Горьком, предоставив ей самостоятельное существование как филиалу ЛЭТИ.

Семьи сотрудников разместили в гостинице «Центральной», на берегу Волги, на так называемом Откосе. Лаборатория разместилась на улице Лядова в ГИФТИ, директором которого была профессор М. Т. Грехова, женщина большого ума, исключительно отзывчивая и сердечная. В состав лаборатории входило 5 человек: С. Я. Соколов, И. А. Комаров, Ю. Л. Савченко, М. Л. Цинцарь и О. Г. Страхова, присоединившаяся к ним через полгода.

Лаборатория электроакустики ЛЭТИ в Горьком была создана фактически на пустом месте, так как ГИФТИ мало чем мог помочь, кроме предоставления комнаты. Из заблокированного Ленинграда было разрешено взять лишь по 10 кг личного багажа и 40 кг лабораторного имущества. Поэтому привезли только ультразвуковой генератор, поскольку знали, что такого нигде не найти и быстро не сделать, и кварцевые пластины. Приходилось доставать различные материалы, аппаратуру.

Решающее значение в успешной организации лаборатории в Горьком имели исключительные организаторские способности С. Я. Соколова и присущая ему настойчивость в преодолении любых трудностей, стоящих на пути

к поставленной цели. В результате его кипучей деятельности и удивительной способности располагать к себе людей в лаборатории появились необходимые приборы, радиодетали и материалы. Большую помощь оказывал и Наркомат судостроительной промышленности (НКСП), находившийся тогда в Горьком.

Как только лаборатория была оборудована самым необходимым, встал вопрос о тематике работ. Через Наркомат судостроительной промышленности были установлены связи с рядом предприятий и организаций, продукция которых шла на фронт, и выявлены проблемы, нуждающиеся в разработке, а также чисто технические вопросы, которые следовало решать незамедлительно. Кроме того, Сергей Яковлевич, часто бывая на заводах и в различных организациях, непосредственно изучал их технические нужды. В результате было намечено несколько работ, которые и явились основой для деятельности лаборатории. Главные из них были связаны с внедрением в промышленное производство ультразвуковой дефектоскопии и вибрационных методов контроля.

Так, с Сормовским заводом был заключен договор по ультразвуковому контролю, договор на поставку аппаратуры был подписан с Горьковским индустриальным институтом (ныне Горьковский политехнический институт), который стал делать генераторы. Сормовскому заводу было также предоставлено несколько дефектоскопов, используемых для контроля различных деталей. Разрабатывались и собирались дефектоскопы для применения их в военных целях на многих других заводах, работающих на оборону.

С. Я. Соколов в своих поисках не ограничивался кругом вопросов, непосредственно относящихся к акустике. Он и его сотрудники энергично работали и над другими проблемами. Например, для авиационного завода велись работы, связанные с вибрацией стенок крыла самолета. На заводе собирали самолеты с фанерным покрытием крыльев. Листы фанеры приклеивались к металлическим фермам крыла. Эти заготовки проходили специальную тепловую и механическую обработку и затем проверялись на доброкачественность приклейки. Проверку производил рабочий, простукивая молотком все швы и определяя на слух места плохой склейки. Наличие их было недопустимо, так как во время полета при вибрациях

могли возникнуть большие отрывающие усилия, которые приводили к катастрофе. Сергей Яковлевич предложил заменить простукивание разработанным в его лаборатории прибором, ускоряющим время проверки и исключающим субъективные оценки рабочего. Принцип действия прибора заключался в том, что, возбуждая колебания в крыле самолета с помощью электродинамического вибратора и воспринимая их электромагнитным щупом, перемещавшимся по крылу, оператор обнаруживал непроклеенные места по изменению характера звучания в головном телефоне, возбуждаемом напряжением от щупа. Конструктивно вибратор и приемный щуп составляли одно целое. В дальнейшем прибором широко пользовались на заводе. В результате за эту работу лаборатория электроакустики ЛЭТИ получила в награду от завода грузовую автомашину, которую по возвращении в Ленинград передали в институт.

Сергеем Яковлевичем была высказана также идея об аппликационной защите брони танков — идея поглощения энергии снаряда неким устройством, находящимся поверх брони. Были сконструированы устройства с наполнением соевым раствором, а также с шариками типа шарикоподшипников. Ожидали эффекта рикошетирования. Но эта работа не увенчалась успехом.

В связи с тем, что объем работ Горьковского физико-технического института стал расширяться, филиал ЛЭТИ был вынужден переехать в особняк на набережной А. А. Жданова (на Откосе), в котором размещался тоже эвакуированный из Ленинграда институт химии. Филиалу ЛЭТИ были выделены в подвале две комнаты, в которых лаборатория работала до возвращения в Ленинград.

Здесь Сергей Яковлевич начал цикл работ по влиянию ультразвука на физико-химические процессы. Он продолжал также свои работы с радиоактивными элементами. Еще до войны в Ленинграде была приобретена окись урана. Из Радиевого института АН СССР, эвакуированного в Казань, Сергей Яковлевич получил 300 мг радия. Этот источник Ra несколько дней стоял в жилой комнате — представления об опасности от радиоактивности были тогда весьма смутными. Забегая вперед, скажем, что уже в Ленинграде в Радиевом институте ему изготовили Ra—Be источник нейтронов, который он хотел использовать для своей излюбленной дефектоскопии материалов (дефек-

тоскопия нейтронами). Однако мощность этого источника была незначительной, и от исследований отказались.

Проводились также работы с солями урана. В лаборатории пытались с помощью вакуумных устройств из соли получить металлический уран. Работа длилась до конца пребывания лаборатории Сергея Яковлевича в Горьком. В дальнейшем исследования в области звуковидения отвлекли Сергея Яковлевича от этого направления.

Все это время в лаборатории электроакустики работали очень напряженно, обычно до 10—11 часов вечера. Быт и питание людей были не налажены. Это стало грозить потерей работоспособности всего коллектива. Сергей Яковлевич взял на себя заботу и о сотрудниках, и о собственной семье, тем более что Валентина Николаевна и дети болели.

Дом, в котором жили Соколовы, находился на улице Минина. Семья занимала две комнаты в квартире профессора Горьковского индустриального института А. Н. Кугушева. Комнаты были узкими, в одно окно, причем располагались не рядом, а с разных концов квартиры. Центральное отопление не работало, и Сергей Яковлевич, найдя себе помощника, сложил в одной из комнат кирпичную печку-временку. В 1942 г. он вызвал в Горький своего отца с мачехой, оказавшихся в тяжелом положении из-за подхода немцев к Волге. Яков Васильевич был еще крепким и очень деловым человеком. Он работал и жил около лаборатории и много помогал в хозяйственно-снабженческих вопросах своему сыну.

В лаборатории прежде всего нужно было обеспечить жильем своих сотрудников. И. А. Комаров, сначала живший в гостинице, переехал на частную квартиру по тем временам со всеми удобствами. Для М. Л. Цинцарь, которая ждала ребенка, Сергей Яковлевич добился получения номера в гостинице, в котором ее семья жила до отъезда из Горького.

Питание сотрудников лаборатории и их семей было весьма скудным. В то время в столовых получали только картошку и омлеты из яичного порошка, который, выдавали по карточкам вместо мяса и масла. Вскоре Сергей Яковлевич добился того, что сотрудники стали получать молоко, за которым они ходили на молокозавод, находящийся на окраине Горького. Однако такие «прогулки» никого не смущали. На авиационный завод Сергей Яковлевич тоже ходил более 15 км пешком, так как

транспорт не работал. Позже благодаря настойчивости С. Я. Соколова сотрудники получили валенки, ватные брюки и телогрейки.

Наконец, чтобы радикально улучшить питание своего коллектива, Сергей Яковлевич решил организовать собственное подсобное хозяйство. Ему пришлось много ездить по организациям, от которых зависело окончательное решение, но в конце концов он добился получения участка (около 50 соток) в селе Татинцы (в 65 км от Горького). Ранней весной 1943 г., когда еще не стаял снег, он поехал в район, где получил участок и посевной материал. Вспахать землю удалось на лошади, в остальном сотрудники все делали сами. На участке посадили картофель, свеклу, посеяли овес, просо, пшеницу. Поскольку землю дали, естественно, бросовую и удобрять ее было нечем, то урожай собрали неважный, картошка уродилась мелкая. Выращенную пшеницу смололи, из овса получили овсяную крупу. Все это было громадным подспорьем для каждой семьи. Удавалось даже помогать другим.

В эти тяжелые годы единственным отдыхом от напряженной работы и трудного быта было общение с близкими по духу людьми. У Сергея Яковлевича установились научные контакты и дружеские отношения с А. А. Андроновым и Г. С. Гореликом — учениками Л. И. Мандельштама — и М. Т. Греховой. Они постоянно оказывали дружескую поддержку Сергею Яковлевичу и его семье.

А. А. Андронов (впоследствии академик) и проф. Г. С. Горелик часто приходили вечерами к Соколовым, Лена варила картошку, а они подолгу обсуждали военные новости, слушали сообщения Совинформбюро и засиживались далеко за полночь.

Осенью 1942 г. и в начале зимы 1943 г. Горький начал подвергаться налетам немецкой авиации. В городе вырыли щели, ввели строгое затемнение, за чем следили сами жители. Использовались дымовые завесы, так как город расположен на месте слияния Оки с Волгой и водные магистрали давали хороший ориентир с воздуха. Иногда вдруг ночью по радио сообщали, что немецкие самолеты находятся на подступах к городу. Через несколько минут они прилетали и сбрасывали гирлянды осветительных ракет. Становилось светло, как днем, а потом появлялись бомбардировщики и начиналась бомбежка. Главными объектами были заводы, и в основном автомобильный завод, на

котором немцам все же удалось разбомбить несколько цехов. Но через семь месяцев все было восстановлено, и завод опять полностью вступил в строй.

С наступлением переломного момента на фронте налеты немецкой авиации на Горький прекратились. В 1944 г. было отменено затемнение, и люди с энтузиазмом чистили и мыли окна.

Летом 1944 г. Сергей Яковлевич ездил в Ленинград. Тяжелое впечатление произвели на него разрушения, которые он увидел. Тем не менее все были полны надежд на скорое возвращение в Ленинград.

Коллектив Ленинградского электротехнического института, находившийся в Ташкенте, в начале 1945 г. вернулся в Ленинград и приступил к нормальной работе вместе с остававшейся в Ленинграде группой преподавателей и студентов (около 350 человек), у которых занятия возобновились еще с 1 октября 1943 г. Возвращение же Горьковского филиала планировалось на весну, но предварительно С. Я. Соколову поручили провести прием на 1-й курс института. Он развил широкую кампанию по привлечению молодежи в институт. О филиале ЛЭТИ давали объявления в местной газете, сообщали по местному радио. Из преподавателей Горьковского индустриального института под председательством С. Я. Соколова была создана приемная комиссия, которая зачислила на 1-й курс группу студентов: Л. Демину, И. Бердыган (И. К. Колесникову), А. Кораблеву, Е. Соколову (дочь Сергея Яковлевича) и др. В группе всегда царил дух доброжелательства, взаимной выручки и поддержки, привитый им с первых дней учебы.

Впоследствии А. Кораблева вспоминала: «Чувство дружбы, связывавшее нас во время учебы с семьей Сергея Яковлевича, сохранилось на долгие годы. Несмотря на расстояния, разделяющие нас, мы не теряем друг друга из вида.

Сергей Яковлевич не раз проводил беседы с ними. Рассказывал о перспективах развития акустики, о возможностях и некоторых замыслах, которые в то время еще не могли быть реализованы.

Не хватало техники, не хватало специалистов, поэтому большой заботой Сергея Яковлевича было привить вкус к работе у нас — подрастающего поколения акустиков, предоставляя возможность творческой работы у себя на

кафедре. Впоследствии некоторые студенты нашей группы продолжили работы, начатые Сергеем Яковлевичем.

Вероятно, нелегко было организовать учебу группы — первой послевоенной группы акустиков. Своего ничего не было. В результате мы учились со студентами Кораблестроительного института в здании Горьковского промышленного института, а жили в здании Водного института. Была война, но о нас, студентах, была большая забота. Все было очень хорошо организовано и нас ничто не отвлекало от учебы.

С этого момента и до самых последних дней пребывания в институте — вплоть до распределения — мы повседневно чувствовали заботу Сергея Яковлевича о нас, студентах. Забота во всем, вплоть до быта».*

В марте 1945 г. первая группа студентов, снабженная на несколько дней продуктами и соответствующими документами, была отправлена в Ленинград. Затем встал вопрос о возвращении в Ленинград и филиала ЛЭТИ. После сложной в то время переписки, подачи заявок и обоснований было получено разрешение на выдачу пропусков всем сотрудникам и членам их семей.

Возвращались вместе с Ленинградским кораблестроительным институтом (ЛКИ). Выхлопотали теплушку для оборудования и платформу для грузовика. Сопровождать аппаратуру Сергей Яковлевич назначил О. Г. Страхову. 8 мая 1945 г. вагон с оборудованием прибыл в Ленинград. С. Я. Соколов с семьей и И. А. Комаров уже 6 мая были в Ленинграде, а с 10 мая началась работа по восстановлению лаборатории и набору кадров.

Прежде всего нужно было вернуть здание лабораторий акустики. Находившаяся там организация выехала, но еще оставалось принадлежавшее ей оборудование и специальная перепланировка помещений. Здание было насыпано землей до окон второго этажа, внутри укреплено двухтавровыми балками, перекрыты в два слоя полы и т. д. После расчистки здания лаборатории занялись ее оборудованием, а главное — подбором сотрудников, к чему С. Я. Соколов относился всегда очень щепетильно и требовательно. Он мог часами ходить с человеком по улице проф. Попова, по Ботаническому саду, беседуя о чем угодно, — хотел понять, что это за человек, каков его на-

* Личный архив Е. С. Соколовой.

учный уровень, сможет ли он с ним сработаться. От своих сотрудников Сергей Яковлевич требовал увлеченности, добросовестности и безусловной честности.

В результате долгих поисков был создан квалифицированный коллектив, до сих пор пользующийся доверием и авторитетом у руководства и сотрудников института.

Деятельность Сергея Яковлевича по-прежнему была весьма разнообразна. Ведя большую работу как заведующий кафедрами в ЛЭТИ и ЛИКИ и декан электрофизического факультета в ЛЭТИ, он читал лекции по общей акустике, занимался любимыми проблемами строения ядра, посещал семинары по ядерной физике в ЛГУ, руководимые проф. Б. С. Желеповым, находил время для завершения своей монографии об ультразвуковых колебаниях, принимал активное участие в кружках по повышению идеологического уровня и занимался еще многими текущими делами. В связи с такой большой нагрузкой он часто приходил в лабораторию к концу рабочего дня. А так как в его экспериментах мог понадобиться любой сотрудник, то пока Сергей Яковлевич был в лаборатории, никто не уходил домой. Однако такой режим работы он старался компенсировать тем, что добивался через отдел кадров добавочных выходных дней к отпускам, а также поощрительных премий за отлично выполненную работу.

Заслуги С. Я. Соколова в науке были неоспоримы и находили все большее и большее признание. Партия и Советское правительство высоко оценили деятельность Сергея Яковлевича, наградив его в 1945 г. орденом Трудового Красного Знамени «за оборонно-научную работу в области самолетостроения», а также медалями «За оборону Ленинграда», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне» и значком «Почетный радист». В 1946 г. он стал кавалером ордена Ленина.

Развитие работ по ультразвуковой дефектоскопии

Еще в Горьком С. Я. Соколов решил по возвращении в Ленинград сразу же развернуть работы довоенной тематики. Он предвидел трудности — отсутствие специалистов, аппаратуры, материалов и т. д. — и тем не менее пришел к заключению, что начинать следует с наиболее актуальных вопросов — с ультразвуковой дефектоскопии.



Коллектив лаборатории электродинамики (1947—1948 гг.).

Слева направо, 1-й ряд: И. И. Бабицын, К. А. Драгунов, В. Н. Юрагин, К. А. Чернявский, П. Н. Петров, И. В. Кулаков, В. А. Новицкий; 2-й ряд, О. Г. Страхова, Г. Е. Грачев, А. Л. Давыдов, П. Я. Кустова, П. В. Зуев, С. Я. Соколов, Б. Н. Машарский, Е. Н. Гошцикая, Л. Г. Демина, М. Ф. Лежнев; 3-й ряд: А. П. Мишакова, А. А. Ермаков, В. П. Федорова, И. С. Погребов, Ю. Ф. Тугуров, В. В. Юрьев, А. П. Ефимова, Н. Заплатин, З. Г. Палюгина, А. И. Сауков, В. Г. Прохоров, Н. Н. Писемский, Ю. Любавин, Е. С. Соколова, А. Е. Колесников.

Однако даже его осторожные предположения оказались слишком оптимистичными. Вплотную приступить к работе стало возможным лишь в 1947 г.

К этому времени в лаборатории электроакустики сложился коллектив, в котором было мало инженеров, но подобрались отличные специалисты-мастера: токарь К. А. Чернявский, механики Б. Н. Юрыгин и И. В. Кулаков, стеклодув И. И. Бабицын, радист Г. Е. Грачев, шлифовальщик кварца К. А. Драгунов, работавший еще до войны. Кроме них, были приняты на работу студенты 4-го и 5-го курсов и дипломанты. Среди своих сотрудников Сергей Яковлевич особенно ценил Г. Е. Грачева и О. Г. Страхову, с энтузиазмом долгие годы работавших в лаборатории.

В сентябре 1947 г., собрав всех, Сергей Яковлевич с воодушевлением сообщил, что ему удалось получить от дирекции института несколько столов, на которых «можно начать работу». Это, конечно, крайне разочаровало студентов: крупный ученый, а говорит как о большой победе о получении каких-то столов!

С. Я. Соколов начал работу с создания нового промышленного импульсного дефектоскопа, пригодного для контроля пороков металлических образцов. К этой работе он привлек трех дипломантов — А. Л. Давыдова, Б. Н. Машарского и Ю. В. Мирохина, а также группу студентов 4-го курса — А. И. Саукова, В. Г. Прохорова, Д. Б. Дианова, Е. С. Соколову, А. Е. Колесникова. Дипломанты, поступившие в ЛЭТИ еще до 1941 г., во время войны работали по радиотехнике в воинских частях, поэтому наряду с теоретическими знаниями они имели уже и некоторый практический опыт. Кроме того, это были молодые инициативные люди, с большим интересом относившиеся к перспективам работы в области ультраакустики, раскрытым перед ними их руководителем. Верный своим принципам «самоокупаемости» науки, Сергей Яковлевич заключил договоры с рядом предприятий, обязывающие лабораторию в достаточно сжатые сроки поставить импульсные ультразвуковые дефектоскопы.

К этому времени американский исследователь Ф. Файрстон опубликовал описание разработанного им импульсного дефектоскопа, работающего на контуре с ударным возбуждением и в режиме излучения—приема, использующего один электроакустический преобразователь (щуп, ис-

катель). В работе Файрстона было уделено много внимания вопросам снижения воздействия возбуждающего электрического сигнала на усилительную часть прибора, причем этот вопрос полностью не был доведен до логического конца.

С. Я. Соколов решил изготовить прибор, работающий по двухщуповой схеме, в котором тракты излучателя и приемника были бы электрически разделены. Как выяснилось в дальнейшем, двухщуповая схема оказалась более универсальной и гибкой. Поэтому в большинстве ультразвуковых дефектоскопов, выпускаемых и в настоящее время, предусматривается возможность работы как по однощуповой, так и по двухщуповой схеме.

Созданный коллективом лаборатории электроакустики импульсный дефектоскоп имел следующий принцип действия. Сигнал от задающего генератора подается одновременно на блок развертки электронно-лучевой трубки и на генератор высокой частоты, импульсы которого принимаются ультразвуковым вибратором — щупом. Ультразвуковой импульс от вибратора после отражений от дефекта и «дна» испытуемого образца попадает на приемный щуп, выходное напряжение которого через усилитель подается на электронно-лучевую трубку. На экране последней должны наблюдаться два импульса: от дефекта и от «дна» образца.

Электрическая схема возбуждения и приема ультразвука — вот что было главным в предстоящей работе.

Для разработки такого дефектоскопа необходимо было создать три блока — блок генератора импульсов, приемно-усилительный блок и блок электронно-лучевой трубки (включая и общее питание).

В 1947 г. совершенно отсутствовала литература по импульсной технике, да и по радиотехнике ее было тоже мало. Поэтому вопросы правильного построения тех или иных импульсных схем зачастую решались на основе догадок и имеющегося опыта. Физика же процесса распространения ультразвукового импульса и отражения его от различного рода неоднородностей в изделии Сергею Яковлевичу была хорошо знакома по предыдущим экспериментам с ультразвуковыми приборами, работавшими в режиме непрерывных, частотно-модулирующих и даже импульсных сигналов с длительностью импульса порядка 20 мсек. Последний режим позволил уменьшать влияние

·многократных отражений в изделии на результаты сквозного прозвучивания.

Вторая мировая война характеризовалась широким развитием импульсной техники для целей радиолокации. Было очевидно, что эта же техника может быть использована и для создания ультразвуковых приборов. Однако к 1947 г. получение деталей и импульсных устройств отечественного производства было весьма затруднительным, поэтому в своей работе Сергей Яковлевич решил ориентироваться на использование всевозможной измерительной аппаратуры американского производства и деталей трофейных немецких радиолокационных станций.

В первую очередь было необходимо получить высокочастотный ультразвуковой импульс. Но для этого требовалось разработать генератор радиоимпульсных сигналов с частотой заполнения порядка нескольких мегагерц. Отсутствие четких представлений о параметрах этого сигнала, а также об электрических схемах и характеристиках используемых трофейных блоков и устройств чрезвычайно затрудняло эту работу.

Разработкой схемы развертки луча электронно-лучевой трубки генератора импульсов с контуром ударного возбуждения и системы синхронизации занимался А. Л. Давыдов, созданием усилителя — Б. Н. Машарский и Ю. В. Мирохин.

Сборку блока питания поручили студентам А. И. Саукову и А. Е. Колесникову под руководством Б. Н. Машарского. В связи с тем, что в блоках излучения, приема и индикации использовались самые различные, часто даже случайные элементы, требовалось и различное напряжение. По неопытности решили все переменные напряжения от 2 до 3000 В получить от одного силового трансформатора, число обмоток которого достигало 17. Разумеется, при первом же испытании из такого трансформатора повалил дым, и пришлось семь раз перематывать его обмотки, прежде чем он стал нормально работать. В последующих образцах приборов всегда предусматривались два силовых трансформатора: один для напряжения питания ламп, а второй для питания электронно-лучевой трубки (как это и делается во всех современных приборах).

Что касается вопросов прохождения ультразвука в образцах, то этим занимался непосредственно Сергей Яковлевич. По его указанию были сделаны пьезокварцевые

преобразователи ланжевенковского типа (сэндвичи) — тонкие кварцевые пластинки толщиной 0.3 мм со стальными обкладками, а также ультразвуковой приемник и излучатель (ультразвуковой щуп) в виде полуволновой кварцевой пластинки на 4 МГц, которая имела толщину 0.6 мм.

Дипломанты Ю. В. Мирохин, Б. Н. Машарский и А. Л. Давыдов, желая заниматься непосредственно ультразвуковыми элементами прибора и его наладкой, в ожидании Сергея Яковлевича часто задерживались в лаборатории до 10—12 часов вечера. Такой энтузиазм был свойствен всем в лаборатории, так как Сергей Яковлевич умело и тщательно подбирал сотрудников, стараясь привлекать к работе увлеченных и творчески мыслящих людей.

Например, при знакомстве с А. Л. Давыдовым Сергей Яковлевич спросил: «Вот осциллограф (имелся в виду единственный в лаборатории американский осциллограф — прообраз ЭО-7), если я его брошу на пол, Вы сумеете восстановить?». Давыдов — человек обстоятельный, имеющий опыт ремонта радиоаппаратуры, — подумав, сказал: «Вероятно, сумею». После этого Сергей Яковлевич взял его в свою группу.

С. Я. Соколов охотно привлекал к решению сложных радиотехнических вопросов студентов-дипломантов по той причине, что не любил непосредственно работать с совершенно самостоятельными и плохо управляемыми людьми. Поэтому, обладая достаточными знаниями и опытом в области радиотехники, основную ставку он делал на самого себя, механиков и студентов.

К осени 1948 г. элементы прибора были готовы. Компановку его лаборатория осуществляла своими силами. Сергей Яковлевич, показав механикам Б. Н. Юрьгину и К. А. Чернявскому отдельные блоки (генераторный, усилительный, электронно-лучевую трубку), предложил им сделать металлический каркас, прикрыв его металлическими листами. Неудивительно, что этот образец прибора выглядел далеко не эстетично — большой прямоугольный ящик с передней панелью, на которой были закреплены указатели ручек и разъемов. Однако по техническим параметрам он оказался заметно лучше других подобных ему приборов. Несколько образцов было выпущено полностью на трофейных радиолампах.

Как только первый образец был сдан заказчику, С. Я. Соколов поставил перед коллективом новые за-

дачи — обеспечить возможность работы прибора на один и два шупа, перевести блоки прибора на отечественные радиолампы, уменьшить вес и габариты прибора, улучшить его разрешающую способность (возможность раздельного обнаружения близко расположенных друг к другу дефектов) и т. д.

Проверка действия приборов производилась на образцах, в которых сверлением были созданы искусственные дефекты. В одном из первых эталонных образцов оказались и естественные внутренние дефекты — флокены. Об этом догадались не сразу — долгое время Сергей Яковлевич обвинял своих помощников в том, что в приборе не в порядке приемный или передающий тракт, непосредственно вмешивался в подбор элементов схем. Затем он предложил поставить переменные сопротивления в цепях усилительного каскада и путем их регулировки пытался улучшить изображение дефекта на экране электронно-лучевой трубки. Молодым специалистам — молодым нахам, как их шутил Сергей Яковлевич, — только что прослушавшим курсы лекций по расчетам усилительных цепей, такой метод казался несовершенным и скорее изобретательским, чем научным или инженерным. Надо, однако, заметить, что метод проб и подстройки для получения максимального эффекта и поныне широко распространен в электронике. Почти 30 лет назад такой подход в ряде случаев тем более был своевременен и разумен.

После того как здание лаборатории было освобождено от земляного вала, в первый этаж была переведена группа А. Л. Давыдова, которой было поставлено задание разработать улучшенную модель ультразвукового дефектоскопа на отечественных лампах и деталях. К этому времени отечественная радиопромышленность набрала силы и освоила массовое производство радиоламп октальной серии. Б. Н. Машарскому было предложено разработать систему преобразователя и всего приемо-усилительного тракта в режиме приема и излучения без переключения. Молодые инженеры успешно справились с этими заданиями, и в 1949 г. такой прибор был создан. Его размеры и вес были заметно меньше первого образца, и все же транспортабельность оставалась неудовлетворительной.

К 1950 г. было выпущено уже несколько приборов, эксплуатируемых на различных металлургических заводах Советского Союза. Этот год было решено провести под

девизом создания нового образца дефектоскопа промышленного типа и успешного внедрения ультразвукового контроля изделий на ряде заводов.

В это же время стало известно, что созданием и внедрением ультразвуковых дефектоскопов усиленно занимаются, по крайней мере, еще две группы специалистов в Советском Союзе. Во главе одной группы стоял Д. С. Шрайбер — ныне доктор технических наук, автор монографии «Ультразвуковая дефектоскопия», старейший в Советском Союзе специалист в этой области. Интерес этой группы, занимавшейся данными вопросами еще до войны, был сосредоточен на контроле конструкций из легких сплавов, применяемых в авиастроении. Другая группа сформировалась в ЦНИИТМАШе, занимаясь контролем продукции машиностроительных предприятий. Эту группу возглавлял А. С. Матвеев, пользовавшийся постоянными советами и помощью Сергея Яковлевича.

Несмотря на товарищеские отношения, работа над совершенствованием ультразвукового дефектоскопа приняла конкурентный характер. На одном из авиационных предприятий под руководством Д. С. Шрайбера был создан ультразвуковой дефектоскоп 86-ИМ, в ЦНИИТМАШе выпущена приставка для осциллографа ЭО-6, обеспечивающая возможность ультразвукового контроля изделий.

После одной из поездок в Москву и знакомства с ведущими там разработками ультразвукового дефектоскопа Сергей Яковлевич созвал своих сотрудников и предложил в срочном порядке пересмотреть конструкцию прибора, предельно облегчив его и повысив технические данные. Одновременно были запущены в работу три конструкции приборов: УЗД-10, 11 и 12. Первая конструкция (переносная) была относительно легкой (10 кг). В ней использовалась малая электронно-лучевая трубка. УЗД-11 и УЗД-12 представляли два варианта прибора с размерами стандартного осциллографа, причем УЗД-11 был выполнен в блочном исполнении, а УЗД-12 — на едином шасси. Последний прибор оказался наиболее удобным и был принят за основной. В дальнейшем его усовершенствовали и стали выпускать под названием УЗД-12Т.

Этот прибор имел следующий принцип действия (рис. 8). На поверхности проверяемого изделия устанавливался ультразвуковой искатель (щуп), содержащий вибратор-пластинку, причем не из кварца, а из пьезокерамики

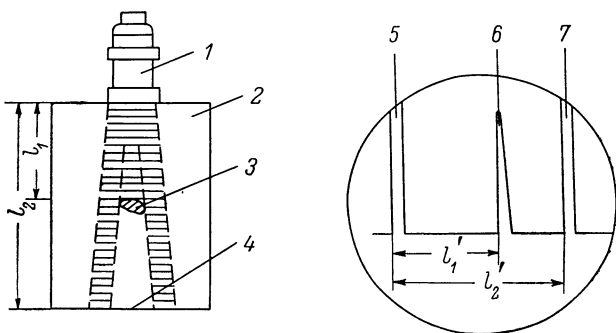


Рис. 8. Схема контроля с помощью импульсного ультразвукового дефектоскопа эхо-методом при работе на 1 щуп.

1 — излучательный щуп, он же приемник ультразвуковых колебаний; 2 — проверяемый объект; 3 — внутренний дефект в нем; 4 — нижняя грань («дно») объекта; изображение на экране: 5 — зондирующего импульса; 6 — эхо-импульса; 7 — импульса, отраженного от нижней грани («дна») проверяемого объекта.

титаната бария. К этой пластинке подводилось импульсное напряжение высокой частоты 1.25 или 2.5 МГц. В пластинке за счет пьезоэффекта возбуждались механические колебания по толщине, которые передавались в изделие в виде ультразвукового импульса. Последний, распространяясь в изделии с определенной скоростью в направлении, перпендикулярном плоскости излучающей пластинки, достигал его противоположной грани («дна») и отражался от нее в обратном направлении. При попадании отраженного от «дна» ультразвукового импульса на пьезовибратор последний преобразовывал его в электрический сигнал, который затем усиливался и регистрировался на экране индикатора. Если на пути ультразвукового импульса встречался дефект, ультразвук также отражался от него, что регистрировалось на экране электронно-лучевой трубки. Ждущая временная развертка запускалась в момент посылки ультразвукового импульса в изделие, поэтому импульс регистрировался в виде четко выраженного всплеска в самом начале развертки.

Отражения посылаемого ультразвукового импульса от дефектов и от «дна» изделия регистрировались в виде одинаковых сигналов на некотором расстоянии от начала развертки, пропорциональном времени их распространения внутри проверяемого изделия. Так как дефекты внутри изделия всегда ближе к поверхности, с которой произво-

дится контроль, чем его противоположная грань («дно»), то отражение от них регистрировалось на развертке ближе к ее началу, чем отражение от «дна».

Ультразвуковые импульсы посылались в изделие периодически 200—300 раз в сек. Развертывающее устройство работало строго синхронно с передающим. В результате каждая последующая картина на экране электронно-лучевой трубки точно совпадала с предыдущей, создавая неподвижное изображение.

Такая работа дефектоскопа, когда один и тот же пьезовибратор является и излучателем и приемником, называлась работой по однощуповой схеме.

Кроме того, прибор мог работать и по двухщуповой схеме, когда один пьезовибратор является только излучателем, а другой — только приемником. В этом случае на поверхности контролируемого изделия пьезовибраторы устанавливались рядом, причем излучатель посылал ультразвуковой импульс в контролируемое изделие, а приемник принимал импульсы, отраженные от дефектов и «дна» изделия.

Дефектоскопы того времени были весьма сложны в настройке. В связи с этим предъявлялись высокие требования к практическим навыкам настройщиков; кроме того, необходимо было и глубокое понимание не только принципа действия прибора, но и всех тонкостей работы дефектоскопа.

При сдаче прибора заказчику и внедрении его в производство приходилось преодолевать большие трудности. Одним из принципиальных затруднений было ограничение, которое накладывает на возможность применения ультразвукового дефектоскопа форма и состояние поверхности проверяемого изделия. Если сравнительно просто проверять детали, имеющие плоские участки, то очень трудно расшифровать ультразвуковую картину при проверке деталей с криволинейной поверхностью — цилиндрической, сферической и т. д. В дальнейшем этот вопрос решался путем применения разных типов волн (поперечных и др.). Еще более трудной проблемой явилось получение необходимой чистоты поверхности проверяемой детали, которая должна была быть не ниже 6-го класса.

При более широком использовании дефектоскопов стали возникать затруднения, связанные с разбраковкой готовых изделий или заготовок. Факт обнаружения дефекта

в поковке или изделии еще не всегда требует его браковки. Даже если разработаны критерии оценки величины дефекта и места его расположения, необходимо еще иметь критерии значимости дефекта для работы изделия.

Что касается чувствительности ультразвуковых дефектоскопов, т. е. возможности выявления мелких внутренних дефектов, то она могла быть очень высокой. Кстати, уже опыт наладки приборов показал, что частота в 4 МГц является слишком высокой, при этом прибор становится чрезмерно чувствительным и реагирует даже на структурную неоднородность материала, не играющую существенной роли для прочности изделий. Поэтому в дальнейшем частота заполнения ультразвуковых импульсов была снижена до 2.5 МГц.

Многочисленными и убедительными опытами было доказано, что заготовки и ответственные изделия не должны содержать дефектов, обнаруживаемых дефектоскопами на частоте 2.5 МГц. Такой жесткий контроль за качеством продукции предприятий, а также необходимость материальных затрат на обработку поверхности изделий для ввода ультразвуковых колебаний приводили к тому, что некоторые руководители отрицательно относились к вопросу внедрения ультразвуковых методов контроля. В связи с этим было решено внедрение дефектоскопов проводить в два этапа: первый — обучение персонала на образцах изделий, характерных для каждого предприятия, второй — включение дефектоскопов в систему технического контроля.

Обучение заводского персонала работе с ультразвуковым дефектоскопом производилось при сдаче каждого изготовленного прибора непосредственно в лаборатории, где, как уже упоминалось, были разнообразные детали с естественными и искусственными дефектами, в том числе и типовые образцы изделий, выпускаемых заводами. Однако такая система обучения оказалась неэффективной, так как часто за приборами в лабораторию приезжали случайные люди. Стало ясно, что для внедрения ультразвуковых дефектоскопов на предприятия, где намечается контроль, следует посылать своих специалистов. Так, были направлены сотрудники лаборатории на металлургические заводы в Кузнецк, Днепропетровск, Свердловск, Златоуст, Челябинск, Магнитогорск, Ереван, Красноярск, Электросталь и другие города. Им поручалось проверять исправность приборов, поставленных этим заводам, демонстрировать их воз-

возможности и всячески добиваться включения ультразвукового контроля в качестве обязательной операции при сдаче готовой продукции через ОТК.

В Ленинграде ультразвуковые дефектоскопы были успешно внедрены на Кировском и Металлическом заводах. На этих заводах было принято решение об обязательном 100-% контроле ряда деталей ультразвуковыми методами. Тем самым была открыта перспектива широкого внедрения дефектоскопов.

В 1950 г. результаты, достигнутые С. Я. Соколовым и его сотрудниками в области ультразвуковой дефектоскопии, были несомненными. К этому же времени была реализована и идея ультразвукового микроскопа, работу которого можно было наглядно демонстрировать. Это позволило ЛЭТИ, совместно с другими организациями, выдвинуть работы С. Я. Соколова и его группы на соискание Государственной премии за 1951 г. В качестве обоснования к выдвижению указывалось создание ультразвукового микроскопа и внедрение ультразвуковой дефектоскопии в промышленность. В группу были включены инженеры, обеспечившие создание новых моделей дефектоскопов и их внедрение в заводскую практику: от ЛЭТИ — А. Л. Давыдов и Б. Н. Машарский, от ЦНИИТМАШа — А. С. Матвеев, от завода «Электросталь» — Н. И. Барышников, а также механики ЛЭТИ Г. Е. Грачев и И. В. Кулаков, проделавшие большую работу по созданию элементов ультразвукового микроскопа.

В Москву для демонстрации принципа действия ультразвукового микроскопа, а также работы последней модели дефектоскопа с набором образцов, были командированы Г. Е. Грачев, И. И. Бабицын и А. Е. Колесников. Они везли 37 мест чувствительной аппаратуры общим весом 400 кг. Все эти приборы — генераторы, форвакуумный насос, диффузионный насос и другая техника — были размещены в одной из комнат Министерства высшего образования и в течение трех дней приведены в рабочее состояние. С. Я. Соколов в присутствии крупных ученых, среди которых были академики И. П. Бардин, Е. А. Чудаков, руководители главков и министерств, сделал короткое (минут на 20) сообщение, сопровождавшееся демонстрацией ультразвукового дефектоскопа и ультразвукового микроскопа. Вопреки так называемому визит-эффекту, все приборы работали исправно.

В дальнейшем Сергею Яковлевичу в сопровождении А. Л. Давыдова и Б. Н. Машарского еще дважды приходилось ездить в Москву с целью демонстрации работы ультразвукового дефектоскопа. И, наконец, 14 марта 1951 г. пришло известие о присуждении С. Я. Соколову и группе его сотрудников Государственной премии I степени.

Со временем группа ультразвуковой дефектоскопии значительно расширилась, получила отдельное помещение и стала называться лабораторией ультразвуковой дефектоскопии при кафедре акустики ЛЭТИ. Задачей лаборатории являлось изготовление дефектоскопов (около 40 штук в год) для промышленности. Всего за время существования лаборатории было выпущено более 300 дефектоскопов.

Заказы на ультразвуковые дефектоскопы выполняла группа сотрудников лаборатории — механиков, монтажников и настройщиков приборов (студентов). Ее возглавлял опытный механик Б. Н. Юрыгин. Технической стороной работы руководил Б. Н. Машарский, который к этому времени уже был зачислен в аспирантуру.

Приборы изготовлялись по эскизам. Однако Сергей Яковлевич пригласил специалиста-конструктора, который должен был подготовить полный комплект чертежей на дефектоскоп. С. Я. Соколов планировал передать производство ультразвуковых дефектоскопов на один из заводов, для чего и нужна была техническая документация. Правда, к этой работе не удалось привлечь ни один завод.

Как уже сказано, основной производительной силой в лаборатории были студенты и аспиранты. Таким образом, можно считать, что С. Я. Соколов один из первых начал действительно широко и успешно привлекать студентов к научно-производственной работе, что характерно для современных тенденций развития высшей школы. Студенты, полностью освоившие настройку дефектоскопов, часто ездили на заводы, работали там, передавали свой опыт заводским специалистам. С другой стороны, они знакомились с обстановкой на заводах и запросами промышленности. Поэтому по окончании института они практически были готовы к самостоятельной творческой и организационной работе. В настоящее время большинство из них заслуженно занимает ведущее положение в промышленности и в науке.

В 1951—1957 гг. в лаборатории ультразвуковой дефектоскопии, помимо С. Я. Соколова, работали: Б. Н. Машарский, А. Л. Давыдов, Е. А. Корепин, В. М. Веревкин, А. Е. Колесников, А. С. Голубев, А. В. Гусев, В. А. Щукин, Е. Д. Пигулевский, И. Ф. Лопатко (Спицына), П. Н. Петров, Ю. М. Быстров, А. В. Харитонов, Л. А. Яковлев, Б. Е. Михалев и другие известные в настоящее время специалисты в области ультразвуковой техники. Здесь начинали свою деятельность крупные ученые, ныне члены-корреспонденты АН СССР В. В. Богородский и К. С. Александров.

Интересно отметить, что условия работы в лаборатории дефектоскопии и основной лаборатории кафедры были существенно различны. Если в последней вся работа велась под непосредственным и регулярным руководством Сергея Яковлевича, то в лаборатории дефектоскопии он бывал реже и заходил в основном для того, чтобы поставить какую-нибудь новую задачу — разработку, например, дефектоскопа для контроля котлов, стекла и т. п. Выполнение этих задач требовало проявления инициативы и самостоятельности со стороны сотрудников лаборатории. Естественно, что получаемые результаты они широко использовали как в дипломных проектах, так и для создания новых ультразвуковых приборов различного назначения, на которые затем брались заказы. Так были созданы первые в стране низкочастотные дефектоскопы и искали к ним, импульсный толщиномер, прибор для измерения поглощения ультразвука в жидкостях, широкоизвестный в настоящее время измеритель скорости ультразвука в образцах малых размеров УЗИС и многие другие. Конечно, при этом искали и решения для усовершенствования серийного дефектоскопа УЗД-12Т, которые затем использовали в новых моделях дефектоскопов, полностью отвечавших требованиям времени: УЗД-14 и УЗД-16.

Одним из новых важных начинаний С. Я. Соколова по ультразвуковой дефектоскопии, осуществленных в лаборатории, был контроль за качеством металлического листа в процессе его проката. Заявки на решение такой проблемы поступали от различных предприятий, в частности из центральной лаборатории крупнейшего металлургического завода в Днепропетровске. Впервые речь шла, по существу, о промышленном ультразвуковом контроле из-

делий на потоке. Предстояло проверять тонкие стальные листы длиной 8 м и шириной до 3 м непосредственно после проката. Чтобы обеспечивать 100 %-ный контроль, производительность дефектоскопа должна быть очень высокой — не менее 5 м/мин. В ряде участков этих листов наблюдались дефекты, главным образом расслоения, иногда на довольно большой площади и на различной глубине залегания. Распространенный в это время импульсный эхо-метод, обладающий «мертвой зоной», неизбежно требовал сложной процедуры проверки, например использования наклонных ультразвуковых лучей. Поверхность листов после проката была довольно ровная, но для применения контактного метода требовалась специальная смазка.

Первоначально Сергей Яковлевич направил представителя лаборатории в Днепропетровск, чтобы на месте познакомиться с заводскими возможностями и уточнить, какие изделия подлежат контролю. Поехал А. Е. Колесников, которому было поручено с помощью имевшегося на заводе дефектоскопа попробовать разные варианты контроля на реальных листах. Как и следовало ожидать, наилучшие результаты давал контактный метод ультразвукового прозвучивания, когда излучатель и приемник размещаются по разные стороны контролируемого листа. Однако осуществить это было очень сложно.

Вот здесь в полной мере проявился богатейший опыт и феноменальная техническая интуиция Сергея Яковлевича. Он собрал совещание инженеров лаборатории, на котором предложил использовать метод ультразвукового контроля листов на прозвучивание, но не контактным способом, а через слой воды. Контролируемый лист шириной до 240 мм должен был перемещаться со скоростью 0.9 м/мин. между десятью парами приемных и передающих щупов. Щупы при этом поочередно должны включаться в работу при помощи коммутирующего устройства, а изображение внутренних дефектов фиксироваться на электротермической бумаге. При рабочей частоте 1 МГц оказалось возможным обнаруживать дефекты площадью 1 см² и больше.

Сразу же была создана группа студентов во главе с Е. А. Корепиным и заключен договор с заводом на создание модели указанной установки. Трудность заключалась в том, что завод должен был создать водяную

ванну с движущимися рольгангами для перемещения громадных листов.

Е. А. Корепин, молодой энергичный инженер, рьяно взялся за дело. Он приспособил для механического движения модели каретку суппорта токарного станка, сконструировал цепочку преобразователей и вскоре наладил регистрацию наличия или отсутствия дефекта на токочувствительной бумаге. Готовая модель была отвезена в Днепропетровск и успешно прошла испытания. Но до изготовления установки в промышленном масштабе дело не дошло, так как она была весьма громоздким сооружением со сложной и малонадежной электроникой. Нужно было искать новые технические решения.

Тогда С. Я. Соколов направляет свои усилия на поиски возможности контроля листового проката с помощью звуковидения. Была создана модель установки с использованием метода жидкостного рельефа, но она оказалась недостаточно виброустойчивой. Затем были испробованы электроконтактный способ и способ теплового поля, но и они не дали желаемых результатов из-за низкой чувствительности. И только спустя несколько лет, уже после смерти Сергея Яковлевича, задача промышленного контроля листового проката была решена на кафедре электроакустики его учениками.

Инициатором этой работы выступил инженер кафедры В. М. Веревкин, работавший в свое время в группе Е. А. Корепина. Им совместно с Н. А. Евдокимовым, К. В. Жарковым и Л. Г. Меркуловым был разработан принцип ультразвукового сканирования листов несколькими параллельно бегущими лучами. Этот принцип позволил значительно упростить электронную схему и создать надежные ультразвуковые установки для контроля листового проката (УЗУЛ), в настоящее время успешно эксплуатируемые в промышленности.

После получения С. Я. Соколовым и его сотрудниками второй Государственной премии в 1951 г. интерес к ультразвуковым методам контроля на заводах резко возрос. Сергей Яковлевич получил много просьб об ультразвуковой проверке, как правило, сложных деталей со сварными швами или с необработанной поверхностью, изделий, движущихся на поточной линии, и т. д.

Все это способствовало расширению фронта производимых работ. Так, стали проводиться работы с целью по-

лучения ультразвуковым методом не только сведений о наличии дефектов, но и об особенностях структуры материалов контролируемых изделий. Возможность применения ультразвука для изучения структуры была впервые указана С. Я. Соколовым в 1948 г. [Л 17], установившим, что рассеяние ультразвуковых волн в металлах сильно зависит от величины зерна и упругой анизотропии. Дальнейшие исследования в этом направлении были поручены Л. Г. Меркулову, который определил количественные соотношения между размерами зерен, их упругой анизотропией и величиной коэффициента затухания ультразвука. Впоследствии эти работы получили всеобщее признание и явились основой современной ультразвуковой структурометрии металлов.

Обнаружились перспективы применения разработанного Сергеем Яковлевичем метода и в совершенно новых областях науки и техники. Так, в 1953 г. В. В. Пасынков предложил использовать ультразвук для определения толщины льда. И с 1954 г. были начаты исследования упругих характеристик льда с помощью ультразвука. Сущность импульсного метода определения упругих констант льда заключается в измерении скорости распространения ультразвука. Исследуемая среда прозвучивается ультразвуковыми импульсами слабой интенсивности. Пршедшие через среду импульсы принимаются пьезоприемником и подаются на временную развертку осциллографа. По времени между начальным, зондирующим и отраженным от противоположной границы среды импульсами (при известных линейных размерах) определяется скорость распространения звука. По ней легко рассчитываются упругие модули и коэффициенты Пуассона.

Такие измерения были проделаны сначала на льду Ладожского озера, а затем на льдах в районе дрейфующих станций «Северный полюс-4», «Северный полюс-6», «Северный полюс-7». Цикл этих работ, давших важные и интересные результаты, возглавлял ученик С. Я. Соколова — В. В. Богородский.

Сергей Яковлевич уделял много времени на пропаганду методов ультразвукового контроля. Он часто выступал с докладами на различных совещаниях, на курсах руководящего состава и т. д., популярно и доходчиво объясняя слушателям сущность, возможность и перспективы ультразвукового контроля материалов. Его выступ-

ление еще на II Всесоюзной конференции — курсах по стахановским методам термообработки в мае 1941 г. — содержит сущность метода ультразвуковой дефектоскопии, а также метода определения глубины закаленного слоя. Последнее предлагалось проводить с помощью частотно-модулированных колебаний по частоте биений сигнала от генератора и сигнала, прошедшего через изделие. На конференции указывалось, что этим способом можно определять глубину залегания дефектов в металлах.

Осенью 1955 г. С. Я. Соколов был приглашен в Бельгию на Международный конгресс по неразрушающим методам исследования материалов, проводимый в Брюсселе. Он был весьма удовлетворен поездкой. Председатель конгресса представил Сергея Яковлевича членам как пионера в деле, которому посвящен конгресс. С большим вниманием был встречен его доклад о применении ультразвука.

Выступление Сергея Яковлевича на конгрессе можно считать завершающим аккордом его работ по ультразвуковой дефектоскопии, так как после возвращения из Бельгии состояние его здоровья резко ухудшилось и он лишился возможности продолжать работы в этой области.

Звуковидение — реальность

Проблема звуковидения всегда чрезвычайно увлекала С. Я. Соколова, но, как мы видели, в первое время по возвращении в Ленинград, в 1945 г. его основное внимание было направлено на исследование вопросов дефектоскопии. Однако уже в 1947 г. он опять взялся за разработку проблемы видения в непрозрачных средах. В результате он получает очень короткие ультразвуковые волны, усиленно развивает идеи своего открытия 1928 г. [П 1], американского патента [П 14], а также вопросы, рассмотренные в его ранних статьях. И всюду основным средством исследований является пьезоэлектрическая пластинка, на которую воздействует рельеф звукового давления, трансформирующийся в электрический рельеф, сканируемый электронным или механическим путем и преобразуемый в видимое на экране изображение.

Затем С. Я. Соколов начал применять ультразвуковые линзы. Когда зарождалась ультразвуковая дефектоско-

пия, ему приходилось все начинать сначала. Точно так же и теперь вместе с сотрудниками и студентами лаборатории он разрабатывает ультразвуковой микроскоп — сложное устройство, состоящее из большого числа элементов. Основным из них является электронно-акустическая трубка, переделанная из телевизионной трубки, дном которой становится пьезоэлектрическая пластинка.

В 1950—1954 гг. были разработаны два типа электронно-акустических трубок (рис. 9). Первая конструкция ЭАТ-1 имела мишень в виде круглой пьезопластины, наклеиваемой на отверстие экрана трубки. Хотя такие трубки позволили провести большой объем научных исследований, однако в эксплуатации они были недолговечны, так как из-за недостаточно плотного соединения пьезопластинок со стеклом нарушался вакуум внутри трубки. В связи с этим была разработана вторая конструкция трубки ЭАТ-2. Характерной особенностью этой трубки являлось то, что в ней пьезоэлектрическая мишень была вынесена за пределы трубки, т. е. наклеивалась на сплошной стеклянный экран. Это позволило обеспечивать постоянное сохранение вакуума внутри трубки и использовать пьезомишени или пьезомозаики больших размеров. Снятие пьезопотенциала изображения здесь производилось электронным лучом через емкость сплошного стеклянного экрана. Третья конструкция была аналогична второй, но имела внутри трубки, вблизи мишени, экранную сетку. Введение этой сетки дало возможность улучшить параметры трубки и значительно снизить паразитную емкостную связь между мишенью и коллектором.

Теоретически рассчитанная пороговая чувствительность описанных электронно-акустических трубок при использовании пьезокварцевой мишени составляла $(1 \div 3) \cdot 10^{-7}$ Вт/см², а для титанато-бариевой мишени — порядка 10^{-9} Вт/см². Экспериментальная проверка была проведена на трубке с пьезокварцевой мишенью и в основном подтвердила данные, полученные путем расчетов.

Рассказывая о своих работах по звуковидению на международном конгрессе в Брюсселе, Сергей Яковлевич говорил: «Узкий пучок ультразвуковых лучей, излучаемых пьезоэлектрической кварцевой пластинкой, „освещает“ рассматриваемый предмет. Рассеянные предметом ультразвуковые лучи проходят через акустическую линзу,

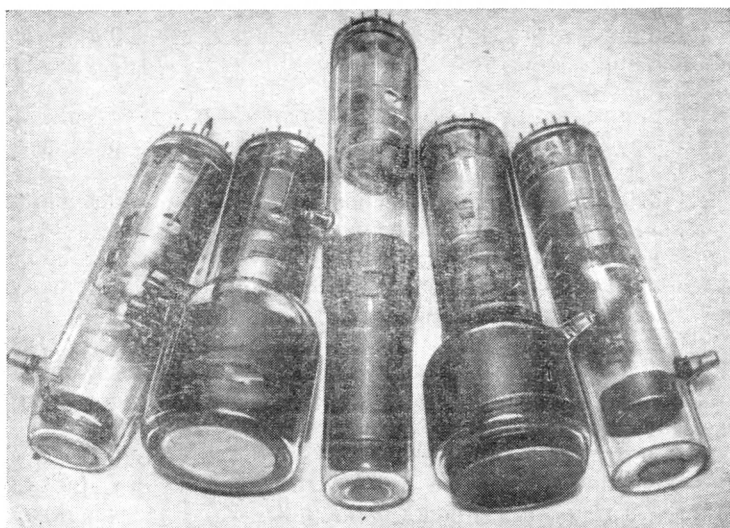


Рис. 9. Модели электронно-акустических преобразователей, разработанных С. Я. Соколовым.

собираются ею и попадают на приемную пьезоэлектрическую пластинку, являющуюся дном катодной трубки. Электронно-акустическая трубка сделана, рассчитаны и сделаны все остальные элементы и получены первые изображения ультразвукового микроскопа» [Л 31, с. 282].

Настало время для реализации изобретения [П 11] с целью ультразвукового видения в непрозрачных средах.

В результате развития этих работ С. Я. Соколовым было получено несколько авторских свидетельств [П 21, 23] на ультразвуковой микроскоп; опубликованы статьи в ведущих журналах страны [Л 19, 21], а также сделан доклад в Акустическом институте Академии наук СССР.

Работа по усовершенствованию методов ультразвуковой микроскопии, как уже говорилось, была высоко отмечена Советским правительством. С. Я. Соколову, как руководителю работы, а также группе его сотрудников

была присуждена Государственная премия I степени за изобретение ультразвукового микроскопа, усовершенствование и промышленное освоение методов ультразвуковой дефектоскопии.

О принципе действия звуковидения и об устройстве ультразвукового микроскопа очень подробно рассказал Сергей Яковлевич в статье 1954 г. [Л 29].

Ультразвуковой импульсный дефектоскоп позволяет с большой точностью определять место нахождения дефектов в металлах. Созданный С. Я. Соколовым и его сотрудниками ультразвуковой микроскоп позволяет получать видимое изображение этих дефектов.

При использовании метода электронной развертки узкий пучок ультразвуковых лучей, излучаемых пьезоэлектрической кварцевой пластинкой, «освещает» рассматриваемый предмет. Отраженные от предмета ультразвуковые лучи, проходя через собирательную акустическую линзу, собираются ею в плоскости изображения, где установлен приемник, представляющий собою пьезоэлектрическую пластинку. Эта пластинка является дном катодной трубки. На внутреннюю поверхность приемной пластинки падает узкий пучок катодных лучей и выбивает с ее поверхности вторичные электроны, собираемые на аноде. Под действием зарядов, образующихся на внутренней поверхности приемной пластинки в результате облучения ее ультразвуком, вторичная электронная эмиссия с поверхности пластинки будет испытывать некоторое возмущение, которое скажется на величине тока анода. Эти изменения тока, усиленные специальным усилителем, передаются на модулирующее устройство передающей катодной трубки.

Интенсивность катодного луча передающей трубки меняется соответственно с изменением вторичной эмиссии приемника. Обеспечив синхронное движение по строкам и кадрам (как в телевидении) лучей обеих катодных трубок, на экране передающей катодной трубки получим видимое изображение распределения электрических зарядов на приемной пластинке.

Пьезоэлектрические заряды возникают на поверхности кварцевой пластинки в тех точках, в которых имеет место деформация пластинки. Поэтому картина распределения пьезоэлектрических зарядов на поверхности кварцевой пластинки в точности соответствует ультразвуковому

полю в фокальной плоскости линзы, действующему на кварцевую пластинку. Конфигурация ультразвукового поля в фокальной плоскости линзы соответствует изображению рассматриваемого предмета, и на экране передающей трубки будет видно изображение «освещенного» ультразвуком предмета. Перемещение предмета вызывает перемещение его изображения на экране.

Разрешающая сила этого метода зависит от площади поперечного сечения катодного луча в приемной трубке, свойств пьезоэлектрической пластинки и длины волны ультразвука.

Изучая проблемы звуковидения, С. Я. Соколов создал три самостоятельные группы, которые работали по трем направлениям.

В группе по созданию прибора звуковидения на основе использования электронно-акустической трубки работали В. Г. Прохоров, В. А. Новицкий, А. И. Сауков и др. Эта группа занималась исследованием процессов, происходящих при преобразовании ультразвукового изображения в видимое, механизма образования сигнала в электронно-акустической трубке, определением чувствительности последней.

Над изучением поверхностного рельефа трудились Е. Д. Пигулевский, А. В. Харитонов и П. В. Пономарев. Этот метод, позволявший получать изображения внутренних неоднородностей оптически непрозрачных тел, явился новым способом исследования вещества без нарушения его целостности.

Разработка ультразвукового микроскопа с применением механического сканирования велась П. В. Пономаревым. Этот метод был усовершенствован в 1956 г. путем использования импульсного режима излучения и звуковых линз. В качестве приемника пользовались кварцевой или титано-бариевой мозаикой. Пьезорельеф, возникающий на этой мозаике, сканировался с помощью квадратного металлического щупа, совершавшего одновременно вертикальные и горизонтальные колебательные движения с частотами 0,065 и 3 Гц, соответственно. Растр, создаваемый механической разверткой, состоял из 45 строк. Усиленный сигнал, снимаемый щупом с элемента приемной мозаики, модулировал по яркости электронный луч осциллографической трубки, движущийся синхронно со щупом. При исследовании стального листа

толщиной 20 мм на экране трубки с большим послесвечением наблюдалось изображение круглого дефекта диаметром 30 мм. Чувствительность метода была порядка 10^{-13} Вт/см².

Разработкой и исследованиями акустической оптики — акустических линз и зеркал, «просветляющих» акустические слои, — занимался Д. Б. Дианов.

Работы по звуковидению под руководством С. Я. Соколова вызвали большой интерес научной общественности.

Академик И. П. Бардин в газете «Московская правда» от 10 марта 1951 г., поздравляя ученых с присуждением им Государственной премии, указывал, что ультразвуковой микроскоп С. Я. Соколова действительно позволяет «видеть», что происходит внутри непрозрачных тел. Таким образом, зарождается новая область физики — оптика непрозрачных тел.

Задолго до получения авторами высокой награды в журнале «Природа» отмечалось: «...предложенный проф. Соколовым „ультразвуковой микроскоп“ благодаря его специфическим возможностям будет так же широко использован в различных научных исследованиях, как это случилось уже с целым рядом других его работ».*

Проф. Л. Д. Розенберг в публичной лекции, прочитанной в Москве в 1954 г. в Центральной лектории Общества «Знание», говорил, что области возможного использования ультразвука широки и многообразны. Так, например, интересные перспективы видения в оптически мутных средах открываются в связи с предложенным С. Я. Соколовым принципом ультразвукового микроскопа.

Академик Л. М. Бреховских особо отмечал тот факт, что с помощью ультразвукового микроскопа С. Я. Соколова дефекты в глубине металла можно не только обнаруживать, но и видеть. Тела, непрозрачные для световых лучей, оказываются вполне прозрачными для ультразвуковых волн.

Об ультразвуковом микроскопе С. Я. Соколова очень много писали, в частности о нем говорится в книгах: В. А. Красильникова, В. С. Соколова, Б. Кэрлина, Л. Берг-

* «Природа», 1949, № 9, «Новости науки».

мана и других. В иностранных технических журналах давалась ссылка на американский патент С. Я. Соколова [П 14].

В статье «Ультразвук», написанной в 1956 г. проф. Л. Д. Розенбергом для БСЭ, есть раздел «Ультразвуковой микроскоп», где говорится, что это условное название одного из видов преобразователей ультразвукового изображения в видимое. С помощью такого преобразователя можно «видеть» на экране предметы и изолированные неоднородности в упругой среде, как прозрачной, так и непрозрачной для света, но проницаемой для ультразвуковых волн. Ультразвуковой микроскоп предложен в Советском Союзе С. Я. Соколовым в 1935 г. и может быть использован в дефектоскопии. В этом методе преобразование осуществляется с помощью пьезоэлектрического эффекта.

Работы по физической акустике

В научно-исследовательской деятельности С. Я. Соколова привлекали работы, которые исходили из строгих количественных соображений и могли привести к ясным физическим выводам. С годами он стал больше любить физику — интересовался ее основными теоретическими проблемами, внимательно изучал физическую литературу. На его письменном столе всегда лежали книги «Physical Review». Сергей Яковлевич изучал квантовую механику, статистическую физику, занимался применением уравнения Фоккера—Планка в акустической задаче ультразвуковых явлений в жидкости, поддерживал научные контакты с крупными физиками — А. Ф. Иоффе, Я. И. Френкелем, Е. Ф. Гроссом.

Он обладал удивительным свойством отбирать из множества проблем физической акустики именно те, которые были наиболее актуальны. Им, в сущности, были намечены все направления физической акустики, которые в дальнейшем получили широкое развитие.

Многим тогда казались спорными рассматриваемые им вопросы о наличии перекрестных эффектов магнитно-акустических и акустико-магнитных явлений. Так, в его лаборатории были начаты работы по акустическому парамагнитному резонансу, проводились широкие исследова-

ний в области акустики твердого тела, акустики кристаллов, сейчас широко известные в СССР и за рубежом.

Первые работы по акустике кристаллов были выполнены С. Я. Соколовым в конце 40-х годов. Наряду с традиционным способом возбуждения и приема ультразвуковых волн с помощью пьезопластин, Сергей Яковлевич совместно с Г. Е. Грачевым впервые применил способ нерезонансного возбуждения ультразвуковых сигналов в пьезокристаллах (1948 г.). Идея этого способа заключается в следующем: к металлическому электроду, расположенному на поверхности монокристаллического кварца, подавались импульсы от высокочастотного генератора. Сильное электрическое поле, созданное у поверхности, заставляло колебаться грань пьезокристалла (вблизи электродов), и возникающие при этом ультразвуковые импульсы распространялись в образце. В качестве приемника использовались те же самые электроды. Следует отметить, что авторами нерезонансного способа возбуждения ультразвуковых колебаний принято считать советского физика К. Н. Барановского и американского ученого Е. Джекобсена, предложивших его в 1957 г. Однако С. Я. Соколов открыл этот способ приблизительно на 10 лет раньше. В экспериментах, блестящих по технике, ему впервые удалось возбудить и принять в кварце ультразвуковые волны различного типа и на небывало высоких по тем временам частотах (до 1 ГГц). Эта работа Сергея Яковлевича в значительной степени опередила свое время. Поэтому ее результаты тогда не удалось правильно объяснить. Это было сделано в начале 60-х годов учениками Сергея Яковлевича Л. Г. Меркуловым и Л. А. Яковлевым и использовано ими для создания новых ультразвуковых линий задержки.

В 1952 г., после появления публикаций, посвященных теории парамагнитного поглощения ультразвука (это явление аналогично парамагнитному дипольному поглощению радиоволн), С. Я. Соколов очень заинтересовался возможностью экспериментального наблюдения данного явления. Для обсуждения этих вопросов в лабораторию электроакустики приезжали крупные физики-магнитологи, в частности академик Е. К. Завойский и проф. С. А. Альтшулер.

Явление парамагнитного резонанса на ультразвуке заключается в следующем. Ультразвуковые волны вызы-

вают колебания кристаллической решетки твердого тела и тем самым модулируют внутрикристаллические поля с частотой ультразвука. В момент совпадения частоты ультразвука с частотой ларморовской прецессии (частота вращения магнитного момента атомов в магнитном поле) резко возрастает вероятность переходов парамагнитных атомов * с одного магнитного подуровня на другой, в результате чего возникает дополнительное поглощение ультразвука в кристалле. Однако вследствие малости указанного эффекта парамагнитный резонанс на ультразвуке обычно исследуют косвенными методами. Используя этот эффект, можно определить некоторые физические константы, например константу спин-орбитального взаимодействия, знание которой чрезвычайно важно для изучения структуры вещества. Теоретические же расчеты этих констант не всегда возможны вследствие резкой асимметрии внутрикристаллических полей.

Эти исследования, в которых также принимали участие Е. С. Соколова, Ю. М. Быстров и Г. Е. Грачев, Сергей Яковлевич продолжал до того времени, пока болезнь не приковала его к постели. Теперь можно сказать, что метод исследования, основанный на наблюдении эффекта насыщения, был выбран совершенно правильно, и в настоящее время он является основным методом акустического ядерного магнитного резонанса (АЯМР).

По существу, экспериментальные исследования ядерного резонанса проводились приблизительно за 5 лет до того, как появились первые публикации американских исследователей по этому вопросу (работы У. Прокта и У. Тантиллы и У. Прокта и У. Робинсона).

Еще в 1944 г., будучи в эвакуации в Горьком, Сергей Яковлевич изучал реакцию полимеризации метакрилового эфира под действием катализатора (перекиси бензоила) и показал, что ход этой реакции очень точно совпадает с изменением скорости распространения ультразвука. Затем эти исследования были продолжены в лаборатории акустики ЛЭТИ аспирантом О. И. Бабиковым (ныне доктором технических наук).

Основные идеи в этой области Сергей Яковлевич изложил в статье [Л 16] и в своем изобретении [П 18].

* Парамагнитным называется атом, обладающий магнитным моментом и ориентирующийся по внешнему магнитному полю.

Они положили начало разработке ультразвукового метода исследования физико-химических процессов, основанного на непрерывном измерении скорости распространения ультразвука (или его поглощения) в том или ином процессе или реакции. При этом анализируется зависимость скорости распространения ультразвука от плотности, сжимаемости, вязкости и других параметров среды, определяющих ее концентрацию, наличие посторонних примесей, степень полимеризации высокополимеров, прохождение той или иной реакции. В дальнейшем была установлена зависимость скорости распространения ультразвука от структуры молекул органических соединений, от молекулярного веса циклических и ароматических углеводородов. Было установлено, что скорость распространения ультразвука возрастает при увеличении длины углеводородной цепи, а также при введении двойных связей. Все это свидетельствует о том, что скорость распространения ультразвука очень тесно связана со структурой органических соединений, характером и величиной молекулярных связей.

Говоря об ультразвуковом контроле физико-химических процессов, необходимо понимать под этим метод и приборы измерения скорости распространения (или поглощения) ультразвука в жидких средах. Хотя в 40-х годах и существовали приборы для измерения скорости распространения ультразвука, основанные или на механическом способе (интерферометр), или на оптическом методе (дифракции света), однако эти чисто лабораторные приборы были абсолютно непригодны для работы в промышленных условиях. Поэтому в 1949 г. Сергей Яковлевич предложил использовать для этой цели импульсный ультразвуковой дефектоскоп.

После соответствующих переделок в лаборатории акустики ЛЭТИ в 1950 г. был изготовлен первый ультразвуковой прибор для исследования физико-химических процессов, т. е. прибор непрерывного контроля за изменением распространения ультразвука в жидких средах. Этот прибор назывался УЗИС-2 (ультразвуковой измеритель скорости). Основные экспериментальные работы по применению метода непосредственно в промышленных условиях были проделаны на образце 1952 г. типа УЗИС-3, который одновременно использовался как прибор для измерения поглощения ультразвука (УЗИП). Работы

проводились на Ленинградском гидролизном заводе, где определялось содержание редуцирующих веществ (сахаров) при гидролизе древесины.

В дальнейшем ультразвуковой экспресс-метод контроля был испытан и в других отраслях производства. Сейчас он с успехом применяется при ультразвуковом контроле степени полимеризации латексов хлоропреновых и дивинилстирольных каучуков. Благодаря использованию ультразвукового метода эти процессы удалось полностью автоматизировать. Широкое внедрение ультразвуковых приборов в производство синтетических каучуков (1960—1966 гг.) на заводах Тольятти, Воронеже, Сумгаите и Ереване, безусловно, берет свое начало от наблюдения реакции полимеризации метакрилового эфира, изучавшейся Сергеем Яковлевичем в 1944 г. в Горьком.

Таким образом, Сергей Яковлевич Соколов был не только основателем и первооткрывателем новых областей техники, таких как ультразвуковая дефектоскопия, звуковидение и т. д., но и замечательным физиком, в значительной мере определившим направление развития физической акустики.

Увлечение атомной физикой

Еще в 1947 г. по инициативе ряда профессоров ЛЭТИ была выдвинута идея о создании физического факультета для подготовки инженеров-электрофизиков и развития в институте направления новейшей физики и техники. На этот факультет были отобраны студенты, имеющие склонность к физике. Деканом факультета назначили С. Я. Соколова. В этот период Сергей Яковлевич уделял большое внимание вопросам обучения студентов. Его всерьез занимали проблемы перестройки системы обучения в высшей школе, в частности он горячо пропагандировал идею повышения общетеоретической подготовки студентов. Он же одним из первых поднял вопрос о широком привлечении студенчества к научно-исследовательским работам в лабораториях.

Учебный план нового факультета существенно отличался от учебных планов других факультетов института. Главное отличие состояло в том, что по инициативе С. Я. Соколова в учебный план факультета были включены весьма важные курсы теоретической физики — элек-

термодинамика и теория относительности, термодинамика и статистическая физика, квантовая механика, атомная физика, ядерная физика. Эти курсы читали физики-теоретики А. С. Тер-Погосян и Б. К. Федюшин, а также физики В. М. Орлов и В. Н. Рудаков. Следует особенно отметить деятельность доцента А. С. Тер-Погосяна, который с 1947 г. прочитал целый ряд теоретических курсов. Его лекции всегда вызывали большой интерес у студентов. С 1946 г. к чтению теоретических курсов приступил и Б. К. Федюшин, сразу же проявивший себя хорошим лектором.

С самого начала создания факультета возникли серьезные трудности, связанные с обеспечением студентов лабораторной базой. Вместе с тем подготовка инженеров по новой специальности без серьезной лабораторной практики была немыслима.

Несмотря на большие трудности послевоенного времени — отсутствие необходимого оборудования, электронных ламп и других радиодеталей, материалов, Сергеем Яковлевичем было принято смелое и новаторское решение: создать лабораторную базу самим, широко привлекая к этому студентов и аспирантов.

С. Я. Соколов прекрасно понимал, что для организации лабораторной базы необходимо создать хотя бы одну установку, которая могла бы явиться основой для развития лаборатории.

И вот в 1949 г. начались интенсивные работы по созданию циклотрона. Сергей Яковлевич с большим трудом достал мощный 3-фазный трансформатор, ярмо которого послужило основой магнитной цепи будущего циклотрона. На одном из ленинградских заводов удалось получить железо-армко и добиться изготовления из него полюсных наконечников. Диаметр их был около 60 см, вес — по нескольку тонн.

Началась кропотливая и напряженная работа по созданию циклотронной установки. Во-первых, нужно было проверить, выдержат ли ее тяжесть перекрытия первого этажа. Были приняты меры для упрочнения пола. Далее проводилась титаническая работа по шабровке и подгонке многотонных полюсов к магнитной цепи. Наконец, магнитная цепь была собрана.

Параллельно с этим велись работы и в других направлениях. Необходимо было изготовить высокочастот-

ный генератор мощностью в 20 кВт для питания дуантов и высокочастотный генератор мощностью в 3 кВт для питания ионного источника, создать непосредственно ионный источник, вакуумную камеру циклотрона вместе с отрегулированными дуантами, надежными изоляторами, систему питания магнитной цепи циклотрона, систему откачки и многое другое. Этими вопросами занимались Н. А. Евдокимов и М. Ф. Лежнев. К работе были привлечены и студенты старших курсов — Д. Дианов, П. Писемский и др.

Настройка и пуск циклотрона были бы немислимы без приборов обнаружения нейтронов. Поэтому параллельно с работой по созданию циклотрона велась интенсивная разработка приборов-индикаторов, в первую очередь разработка и настройка приборов, регистрирующих медленные нейтроны. Почему были необходимы именно нейтронные счетчики? Дело в том, что в циклотроне применялась мишень из бериллия. Дейтроны, разогнанные до 2.5 МэВ, бомбардируя бериллиевую мишень, выбивали из нее нейтроны, которые было необходимо регистрировать. На первых порах использовали аппаратуру, заимствованную С. Я. Соколовым у некоторых ленинградских физических организаций. Это были урановые ионизационные камеры. Идея их устройства довольно проста. Камера представляла собой два электрода в виде плоских дисков диаметром 10 см. На них наносились тонкие пленки окиси урана. Между этими электродами образовывался разрядный промежуток, к которому прикладывалось постоянное напряжение от большой батареи аккумуляторов. С этих же электродов снимался сигнал (импульс) с помощью высокочастотного усилителя. Быстрый нейтрон, созданный циклотроном, проходя через парафиновый блок, окружавший ионизационную камеру, замедлялся, вступал во взаимодействие с урановым покрытием электродов и вызывал деление ядра. Осколки его, пролетая через промежуток между электродами, вызывали ионизацию последнего, в результате чего регистрировался импульс. Техника была примитивной. В результате мучительных настроечных работ все было доведено до рабочего состояния. Хотя эти установки содержали десятки громоздких щелочных аккумуляторов, лампы из трофейных немецких радиолокационных установок и т. п., все же удалось добиться их надежной и

четкой работы. Параллельно большая группа студентов старших курсов вела разработку различных типов счетчиков и камер для обнаружения ядерных частиц.

Создание циклотрона захватывало всех. Рабочий день длился с 8 утра до 10—11 часов вечера, иногда продолжался и в воскресные дни. Наконец, после напряженной работы по регулировке дуантов, настройке генераторов, юстировке ионного источника и многих других операций, циклотрон удалось запустить. В начале 1951 г. упорнейший труд был завершен. Это была победа!

Циклотрон, созданный в ЛЭТИ в удивительно короткий срок и при отсутствии опыта, имел достаточно широкие характеристики. Он позволял получать пучки дейтронов с энергией 2,5 МэВ. После доработки энергия пучков дейтронов могла быть доведена до 3 МэВ и даже выше. По приближенной оценке, интенсивность ионного пучка составляла 2—2,5 кг радио-бериллиевого эквивалента. По всей вероятности, впервые в советском вузе был создан уникальный по тем временам аппарат для выполнения не только учебных работ, но и самых серьезных научных исследований.

После пуска циклотрона начался новый этап по его усовершенствованию. На повестке дня стояли две главные задачи: первая заключалась в создании защиты научно-технического персонала от нейтронного облучения; вторая — в поисках автоматического поддержания резонансной работы установки.

Силами студентов и сотрудников лаборатории защита от облучения была создана из массивных, толщиной около 1 м, блоков из древесины.

В. Г. Прохоровым, И. В. Касьяновым и другими была изготовлена и настроена система автоматического поддержания резонансной частоты, выполненная по образцу системы, созданной во Франции.

К началу 1951 г., т. е. к моменту запуска циклотрона, был создан и необходимый минимум регистрирующей аппаратуры, которая в дальнейшем постоянно совершенствовалась; поступали также приборы, выпускаемые к тому времени отечественной промышленностью.

В разработке, создании, настройке и эксплуатации счетных устройств участвовали молодые специалисты, окончившие физический факультет, — Л. Г. Меркулов, И. В. Касьянов, И. С. Погребов, П. В. Пономарев и многие другие.

Параллельно с циклотроном шло создание более простого ускорителя — так называемой ускорительной трубки. Она представляла собой стеклянный цилиндр с двумя ускоряющими электродами, ионным источником и мишенью. Трубка имела длину около 1 м и располагалась горизонтально на изолирующих подставках. К электродам и мишени подавалось высокое напряжение до 100 кВ. Делитель напряжения был собран из стеклянных трубок, заполненных водой. Для получения высокого напряжения использовался высоковольтный трансформатор от старого рентгеновского аппарата и схема удвоения на кенотронах КР-220. Небольшой пульт управления, смонтированный на реостатах, позволял плавно изменять высокое напряжение от нуля до 100 кВ. Откачка ускорительной трубки производилась с помощью стеклянного парамасляного насоса и форвакуумного насоса РВН-20.

К созданию ускорительной трубки было привлечено несколько студентов старших курсов — И. С. Погребов, Ю. Тутуров и другие, а также механики лаборатории — Г. Е. Грачев, И. В. Кулаков и И. И. Бабицын. Руководил работой С. Я. Соколов.

В конце 1949 г. на ускорительной трубке с использованием ледяной мишени были получены нейтроны с энергией 2.5 МэВ, которые регистрировались камерами деления. Выход нейтронов определялся путем сравнения их с выходом от Ra-Ве источника.

Началась подготовка к проведению исследований по нейтронной физике. Однако осуществить их не удалось, так как в 1952 г. физический факультет был реорганизован и подготовка специалистов для атомной и ядерной техники в ЛЭТИ прекратилась.

За время существования с 1947 г. физический факультет выпустил несколько групп инженеров (1950, 1951 и 1952 гг.), ставших крупными специалистами в своей области. Некоторые из них за успешные работы по новейшей физике были удостоены Государственных премий (Б. Н. Машарский, А. Л. Давыдов, А. И. Сауков, Ю. Ф. Тутуров, И. С. Погребов и И. А. Мозалевский); многие из выпускников факультета принимали активное участие в создании гигантского ускорителя на 10^9 эВ (И. А. Мозалевский, С. Лужанский и др.). Несколько человек было оставлено для работы в ЛЭТИ (Е. С. Соко-

лова, Г. Ф. Холуянов, Д. Б. Дианов, Л. Г. Меркулов, Ю. Б. Стрелко и др.).

В дальнейшем в целях расширения физических задач и их технических приложений по инициативе С. Я. Соколова физический факультет было решено преобразовать в электрофизический. Сергей Яковлевич остался его деканом, неоценимым помощником его в руководстве факультетом был Ф. Н. Скамбричий.

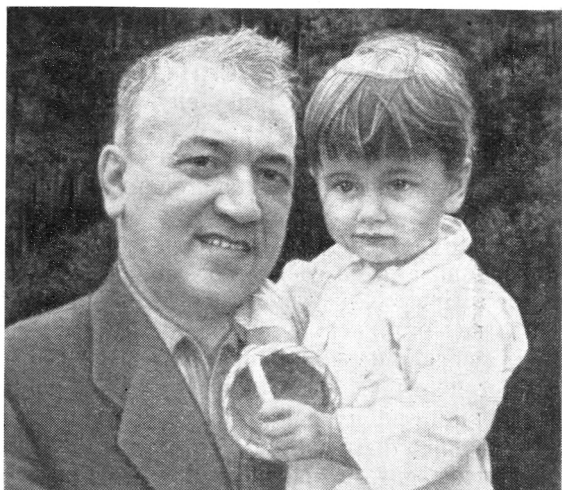
Последние годы

Наступили 50-е годы. С. Я. Соколов продолжал очень много работать, но силы были уже не те, что прежде. Он заметно постарел и поседел, стал иногда жаловаться на астму. Однако, как и все люди, целиком поглощенные любимой работой, он не мог всерьез заниматься своим здоровьем.

Он по-прежнему был очень деятельным. Будучи увлечен теоретической и атомной физикой, Сергей Яковлевич пытался навести «мосты» между акустикой и этими манящими его областями науки. Не пропадал у него интерес и к традиционным направлениям его исследований — к дефектоскопии. Авторитет С. Я. Соколова в этой области был настолько высок, что его назначили постоянным представителем СССР во Всемирной ассоциации испытания материалов без разрушения.

При Ленинградском Доме научно-технической пропаганды Сергей Яковлевич организовал секцию ультразвука, до сих пор активно работающую под руководством И. Г. Михайлова. Совет ЛЭТИ по представлению С. Я. Соколова принял решение ходатайствовать перед Советским правительством об организации в системе Академии наук СССР на базе лаборатории ультразвука ЛЭТИ института ультразвука. В Совет Министров была направлена хорошо аргументированная докладная записка, в которой давалось подробное перечисление возможных применений ультразвука в промышленности, биологии, медицине, сельском хозяйстве, физике и т. д. Это ходатайство было поддержано рядом институтов. Но желаемого завершения этот проект не получил из-за смерти С. Я. Соколова.

Наряду с серьезной научной работой Сергей Яковлевич активно участвовал в общественной жизни. В 1953 г.



*С. Я. Соколов с внуком Васей Мазовым.
Комарово (1953 г.).*

он был избран депутатом Ленинградского городского совета. В этом же году он принял решение вступить в партию.

Для Сергея Яковлевича вступление в ряды КПСС было актом, подтверждающим его беспредельную преданность делу партии и целям нашего государства. Рекомендации С. Я. Соколову дали А. А. Вавилов (ныне ректор ЛЭТИ) и механик И. В. Кулаков.

В 1953 г. С. Я. Соколова единогласно избирают членом-корреспондентом Академии наук СССР по физико-математическому отделению.

В последние годы характер Сергея Яковлевича стал мягче и еще заботливее стало отношение к людям. Много радости находит он в кругу семьи.

В 1951 г. у Нины Сергеевны — младшей дочери Сергея Яковлевича — родился сын Вася Мазов. Это событие было большой радостью для всех. Много внимания и заботы уделял Сергей Яковлевич своему первому внуку: сам купал его, ходил с ним гулять, играл, часто баловал ребенка, прощая ему детские шалости.

Впоследствии Вася пошел по специальности деда и в 1975 г. успешно закончил Высшее военно-морское училище радиоэлектроники им. А. С. Попова. Сейчас, будучи инженером-гидроакустиком, он служит на Северном флоте.

Здоровье Сергея Яковлевича все ухудшалось, но он с этим не считался и продолжал очень много работать и мало отдыхать.

Поездка в Бельгию туда и обратно на самолете была ему противопоказана по состоянию здоровья, и после возвращения из Брюсселя у него появилась сердечная недостаточность. Пришлось лечь в больницу им. Я. М. Свердлова. В силу своего беспокойного характера Сергей Яковлевич не мог долго выдержать больничный режим и добился разрешения вернуться домой.

Даже находясь в больнице, Сергей Яковлевич умудрялся организовывать там заседания кафедры. На квартиру к нему сотрудники приходили советоваться по всем вопросам, а когда Сергей Яковлевич переехал на дачу в Комарово, то и туда ездили его ученики, привозили многочисленные письма от различных организаций. Сергей Яковлевич знакомился со всеми материалами, диктовал ответы. Когда он чувствовал себя лучше, приезжал в лабораторию, решал назревшие вопросы, причем не только с сотрудниками, но и с руководством института, с ректором проф. Н. П. Богородицким и проректором по научной работе Г. В. Одинцовым, которые с большим вниманием относились ко всем просьбам и пожеланиям Сергея Яковлевича.

Наступил 1957 г. Сергею Яковлевичу стало трудно вставать с постели.

Он часто говорил: «Так много дел, а я лежу. Вот как поправлюсь, стану помогать медикам, я уже кое-что обдумываю. Только бы скорей выздороветь и осуществить все!».

Еще до обострения заболевания Сергей Яковлевич сконструировал аппарат для ввода лекарств в носоглотку больных астмой и очень гордился им.

С приходом весны он стал мечтать о выезде в Комарово: «Мне очень нравится там, главное много красивых цветов». И вот настал день его отъезда на дачу. Пришла машина, его вынесли в коляске. Уезжал он грустный. В Комарово здоровье его не улучшилось. И хотя врачи,



*Лаборатория электроакустики им. чл.-корр. АН СССР
проф. С. Я. Соколова.*

наблюдавшие за Сергеем Яковлевичем, не понимали, за счет чего он еще держится, близким не верилось, что он не поправится.

Редко у него бывало теперь хорошее настроение. Выходя на балкон, он, видимо, получал облегчение и сразу же начинал мечтать о поездке в лабораторию.

20 мая 1957 г. Сергей Яковлевич ждал машину, которая должна была отвезти его в лабораторию. Он хотел заказать аппаратуру для проведения дальнейших опытов с кристаллами. Войдя в комнату к Валентине Николаевне, он сказал: «Наконец-то я поверил, что поправлюсь, так хорошо я себя чувствую... Перед поездкой отдохну», — и ушел к себе. Вдруг Валентина Николаевна услышала, как что-то упало. Войдя к Сергею Яковлевичу, она увидела его лежащим на полу. Врач констатировал паралич сердца.

В институте состоялась гражданская панихида. Проводить Сергея Яковлевича в последний путь пришли его друзья, многочисленные ученики, коллеги и студенты. Актный зал и подходы к нему были полны народа. Для института смерть такого талантливого ученого и прекрасного человека была тяжелой утратой.

Сергей Яковлевич Соколов похоронен в Ленинграде на Шуваловском кладбище.

В 1958 г. сотрудники лаборатории электроакустики с большим удовлетворением приняли известие о присвоении лаборатории имени ее основоположника и создателя — члена-корреспондента АН СССР профессора С. Я. Соколова.

Жизнь продолжается

Смерть С. Я. Соколова была тяжелой утратой для советской и мировой науки. Однако дело, которое он начал и столь успешно развивал, живет.

Сорок с небольшим лет прошло со времени первых знаменитых опытов С. Я. Соколова с ультразвуком. Для науки этот срок невелик. И вот разработанные или просто намеченные в свое время Сергеем Яковлевичем применения ультразвука ныне превратились в крупные направления, успешно развивающиеся во всем мире.

Любимое детище Сергея Яковлевича — ультразвуковая дефектоскопия — развилась в целую научно-техниче-

скую отрасль, без которой сейчас немислим прогресс в основных областях промышленного развития.

Как уже говорилось, первые применения ультразвуковой дефектоскопии были направлены на предотвращение поломки деталей и механизмов из-за скрытых внутренних дефектов (трещин, раковин и т. п.). Это направление приобретает все большее и большее значение в транспортном и энергетическом машиностроении, в строительстве зданий и плотин и т. д. и т. п. Повышение надежности машин и механизмов, обеспечение их безопасной эксплуатации, достигаемой благодаря неразрушающему ультразвуковому контролю, — это актуальнейшая задача наших дней. Но значимость ультразвуковой дефектоскопии этим далеко не исчерпывается.

Долгое время задача повышения надежности изделий решалась многократным увеличением запаса прочности за счет избыточной материалоемкости этих изделий. В наши дни в связи с резким увеличением выпуска изделий машиностроения этот путь повышения надежности становится совершенно неприемлемым. Применение ультразвуковой дефектоскопии в этих условиях дает колоссальную экономию материалов и средств и, следовательно, повышение эффективности производства.

Наконец, во многих отраслях современного машиностроения (космическая техника, авиастроение и создание новых сверхмощных турбин, генераторов и т. д.) уменьшение веса и габаритов изделий принципиально необходимо для достижения требуемых технических характеристик. В решении этой проблемы также не обойтись без неразрушающих методов контроля и в первую очередь без ультразвуковой дефектоскопии.

Неудивительно поэтому, что развитию ультразвуковой дефектоскопии, широкому внедрению ее в промышленность в настоящее время уделяется большое внимание как в нашей стране, так и в других странах, вполне заслуженно признающих приоритет С. Я. Соколова в этой области.

Методы неразрушающего изделия контроля с помощью ультразвуковых волн в последние годы получают применение не только для контроля промышленных изделий, но и для целей медицинской диагностики и медико-биологических исследований. Первые применения та-

кого рода были связаны с использованием обычных ультразвуковых дефектоскопов с несколько модифицированными искательными головками. Однако специфика медико-биологических исследований вскоре потребовала создания специализированных приборов.

В настоящее время наибольшие успехи дефектоскопии достигнуты в технике эхо-импульсного сканирования, которая дает возможность наблюдать продольные (по ходу прозвучивания) разрезы контролируемых участков организма. В отличие от рентгена ультразвуковые методы позволяют дифференцированно наблюдать различные мягкие ткани, железы, опухоли, кровеносные сосуды и тем самым неизмеримо расширяют возможности медицинской диагностики.

Ценность и перспективность открытий и идей, оставленных С. Я. Соколовым в области звуковидения, особенно четко ощущаются в наше время, когда во всем мире наблюдается резкое возрастание интереса к проблеме звуковидения, основанного на применении в ней принципов голографии. При этом все методы и разработки С. Я. Соколова органично вошли в работы по акустической голографии. Так, например, метод поверхностного рельефа был положен в основу акустической голографии в реальном масштабе времени. Трубка Соколова создает уникальную возможность так называемой «темпоральной» акустической голографии, или голографии с временным репером.

Большой интерес, проявляемый широким кругом ученых и производственников к акустической голографии, обусловлен рядом замечательных возможностей этого направления звуковидения.

Во-первых, голографические методы позволяют использовать всю информацию, содержащуюся в акустическом изображении, включая и информацию, записанную в фазовом распределении.

Во-вторых, в отличие от оптики в акустической голографии возможно использование линейных приемников звукового поля и, как следствие этого, обработка информации может проводиться в электронных устройствах с использованием ряда более выгодных, чем в оптике, алгоритмов обработки.

В-третьих, получение изображений в акустической голографии возможно без использования далеких от

совершенства акустических линз. Это особенно важно в низкочастотной акустической голографии (например, в голографических системах подводного звуковидения), где использование громоздких линз просто невозможно.

В-четвертых, в акустической голографии появляется уникальная возможность на любом этапе проводить пространственную фильтрацию полученной информации с выделением нужной части ее, а также ряд других операций, повышающих распознаваемость наблюдаемых объектов на фоне помех.

Выдающаяся роль С. Я. Соколова в создании основ акустической голографии по достоинству отмечена американскими учеными.*

Нет никаких сомнений, что методы голографического звуковидения, являющиеся прямым продолжением работ С. Я. Соколова, имеют большое будущее не только в медицинской диагностике, но и в неразрушающем контроле материалов и изделий, в подводном видении, в геоакустике и т. д. Параллельно с диагностическими ультразвуковыми приборами быстро развивается применение ультразвука и в терапии, причем положительный эффект ультразвуковой терапии сильно опережает возможности физического объяснения ее воздействия на ткани.

Медико-биологические применения ультразвука находятся в начале своего развития, и им, несомненно, предстоит большое будущее.

Небывалый размах получили в наше время работы в области физической акустики — научно-технического направления, истоки которого заложены в работах С. Я. Соколова 40—50-х годов. Достаточно даже короткого ознакомления с монографией «Физическая акустика»,** чтобы оценить широту применения акустических и ультразвуковых методов для исследования вещества и протекающих в нем физико-химических процессов.

Упругие волны обладают способностью эффективно взаимодействовать со структурой вещества во всех его агрегатных состояниях, тонко отражать динамику протекающих в нем процессов.

* *A. F. Metherell, L. Larmore. Acoustical Holography, v. 2. New-York, 1967—1969.*

** Физическая акустика. М., «Мир», 1967.

Многие взаимодействия звуковых волн с веществом происходят на молекулярном и атомарном уровнях и описываются законами молекулярной физики и квантовой механики.

Широко известны успехи акустических методов исследования дислокационной структуры кристаллов и поликристаллических сред (металлов), исследования по взаимодействию когерентных звуковых фононов (квантов звука) с тепловыми фононами (тепловыми колебаниями кристаллической решетки) и с носителями электрических зарядов в полупроводниках и многие другие.

Результаты этих исследований используются для решения актуальных технических задач. Так, ультразвуковые методы исследования дислокаций (линейных атомных несовершенств кристаллической решетки) легли в основу метода контроля содержания примесей в сверхчистых металлах (например, алюминия), широко применяемых в современной технологии. Исследования акусто-электронных, магнито-акустических, акусто-оптических и других явлений позволили создать ряд новых приборов и устройств для радиоэлектроники и т. д.

Все эти работы не только расширяют возможности познания материального мира, но и ускоряют темпы научно-технического прогресса. Этому же способствуют и многочисленные технологические применения ультразвука — ультразвуковая очистка деталей, ультразвуковая обработка хрупких и сверхтвердых материалов, ультразвуковое диспергирование и эмульгирование, ультразвуковая коагуляция, интенсификация химических реакций ультразвуком. Применение ультразвука в технологии не только повышает производительность, но и создает уникальные возможности, недоступные другим методам.

С каждым годом все большее значение приобретает изучение тайн мирового океана — источника колоссальных пищевых, минеральных и энергетических запасов, дороги, связывающей страны и континенты. Поэтому будущее человечества во многом зависит от освоения и подчинения человеку водных просторов нашей планеты. Так, уже в наши дни началось интенсивное изучение и освоение наиболее доступной части мирового океана — прибрежной полосы, или так называемого континентального шельфа. В настоящее время и, по-видимому, в бу-

дущем в этом вопросе исключительно важное место занимают гидро- и геоакустика. Причина ясна — только упругие волны способны распространяться на большие расстояния в толще воды и в коре Земли, получать и переносить необходимую информацию. В рыбопромысловом флоте, в подводной и надводной навигации в наши дни невозможно обойтись без гидроакустики. Сейсмогидроакустика — основа поиска полезных ископаемых под дном океана. Неудивительно поэтому, что гидроакустика — наука об излучении, распространении, приеме и обработке гидроакустической информации — является в наши дни одним из важнейших приложений акустики.

Большие научные силы и средства направлены в нашей стране на решение проблем акустики и ультразвука. Армия ученых и инженеров, целые научно-исследовательские институты привлечены сегодня к решению важнейших задач народного хозяйства, медицины и обороны страны на основе акустических методов. И отрадно, что среди них по-прежнему в первых рядах работает и успешно решает сложные педагогические и научно-технические задачи коллектив кафедры электроакустики и ультразвуковой техники Ленинградского ордена Ленина электротехнического института им В. И. Ульянова (Ленина) и лаборатории, которой присвоено имя ее основателя — чл.-корр. АН СССР профессора С. Я. Соколова.

Сергей Яковлевич оставил после себя сложившийся коллектив кафедры, состоявший в основном из его учеников (Ю. М. Быстрова, В. М. Веревкина, А. С. Голубева, Д. Б. Дианова, Н. А. Евдокимова, К. В. Жаркова, В. Е. Иванова, Л. Г. Меркулова, Е. Д. Пигулевского, А. Т. Прохорова, А. В. Харитонова, В. А. Щукина, Л. А. Яковлева и других). На кафедре работает и дочь Сергея Яковлевича, Елена Сергеевна Соколова, большой друг и помощник своего отца (ныне доцент кафедры). Этот коллектив вместе с молодыми сотрудниками — выпускниками кафедры последующих лет — сохранил и еще более упрочил значимость кафедры и лаборатории как одного из ведущих педагогических и научных центров в области ультраакустики, добился новых успехов в подготовке высококвалифицированных специалистов, в разработке современных проблем ультразвуковой техники,

в создании новых приборов и установок для нашей промышленности.

В соответствии с требованиями научно-технического прогресса и запросами промышленности на кафедре был значительно усовершенствован учебный процесс, повышен уровень преподавания всех дисциплин, введено много новых курсов; более чем в два раза (с 50 до 120) увеличилось количество инженеров, ежегодно выпускаемых кафедрой, и расширилась сфера их деятельности.

Многие выпускники кафедры стали крупными специалистами промышленности, известными учеными, руководителями больших научных и производственных коллективов, лауреатами Ленинской и Государственной премий. Среди них чл.-корр. АН СССР, лауреат Государственной премии профессор В. В. Богородский; чл.-корр. АН СССР профессор К. С. Александров; Герой Социалистического Труда, лауреат Государственной премии Е. И. Аладышкин; заслуженный деятель науки и техники РСФСР профессор М. А. Сапожков; профессор Л. Г. Меркулов; доктора технических наук В. К. Иофе, И. И. Клюкин, А. Е. Колесников, И. Н. Мельтрегер, А. С. Никифоров, Э. И. Цветков, Е. Л. Шендеров; лауреаты Ленинской премии В. В. Гусев, М. А. Штремт; лауреаты Государственной премии А. И. Власов, Б. Н. Вовнобой, А. В. Гусев, А. Л. Давыдов, Ф. М. Карташев, В. С. Кудрявцев, П. П. Кузьмин, Н. С. Куприянов, М. М. Магид, В. И. Мазепов, Б. Н. Машарский, Н. А. Петров, Ю. И. Попов, С. А. Смирнов, Л. Ф. Сычев, И. В. Трофимов, Э. Н. Умилов и многие, многие другие. Эти люди вписали яркие страницы в историю советской и мировой акустики.

Конец 60-х и начало 70-х годов явился началом широкого промышленного внедрения ультразвуковых методов. Возникла необходимость разработки большого числа различных ультразвуковых приборов. Для этого нужно было располагать методами их инженерного расчета, которые можно было создать только на основе разработанной теории этих приборов. Поэтому в повестку дня была поставлена задача быстрейшей разработки теоретических основ ультразвуковой техники, получения конкретных аналитических зависимостей, описывающих физические явления в ультразвуковых приборах.

Коллектив кафедры, следуя требованию времени, смело включился в эту работу и за короткие сроки сумел внести большой вклад в решение указанных проблем.

Работы Л. Г. Меркулова по изучению рассеяния и поглощению ультразвука в поликристаллических средах, выполненные еще при жизни Сергея Яковлевича, и исследования структурной реверберации — послезвучания в металле, вызванного прохождением в нем ультразвукового импульса, — послужили основой для разработки ультразвуковых методов определения внутренней структуры материалов и изделий. Этот цикл исследований был завершен созданием первого в Советском Союзе высокочувствительного дефектоскопа-структурометра УЗДС-18 (ЛЭТИ). Этот прибор позволяет осуществлять ультразвуковой контроль изделий из современных жаропрочных, нержавеющей и других специальных сплавов, а также решать целый ряд новых задач неразрушающего контроля: измерение среднего размера зерен металла, выявление непрокаленных структур и др. Этот дефектоскоп получил высокую оценку работников промышленности.

Большое значение для создания современных акустических приборов имеет выполненное на кафедре теоретическое и экспериментальное исследование работы ультразвуковых преобразователей (излучателей и приемников). Были исследованы вопросы влияния на чувствительность и частотные характеристики преобразователей контактирующих и согласующих слоев, механического и электрического демпфирования, характеристики направленности прямых и наклонных преобразователей, оптимизация их параметров, особенности работы в импульсном режиме и др. На основе полученных результатов впервые удалось создать излучатели и приемники ультразвуковых дефектоскопов, обеспечивающие постоянство чувствительности при контроле изделий с различным качеством обработки поверхности, уменьшить «мертвую» (неконтролируемую) зону изделий, а также улучшить целый ряд других параметров.

Большой цикл работ выполнен на кафедре по исследованию методов возбуждения и приема различных типов ультразвуковых волн (объемных, поверхностных, нормальных и т. д.) в промышленных изделиях, особенностей распространения и затухания этих волн, вопросов их отражения и преломления на дефектах, характер-

ных для контролируемых ультразвуковыми методами изделий.

Эти крупные циклы работ сыграли большую роль в развитии теоретических основ ультразвуковой дефектоскопии, в создании современных методов инженерного расчета ультразвуковых приборов.

Особое место в работах кафедры по ультразвуковой дефектоскопии заняли проблемы автоматизации контроля листового проката. Был разработан новый принцип многоканального ультразвукового сканирования, на основе которого созданы установки УЗУЛ, позволившие впервые в мире осуществить промышленный ультразвуковой контроль в необходимых масштабах. Эти установки введены в действие на ряде заводов страны и обеспечивают сдаточный контроль листового проката ответственного назначения. Каждая такая установка заменяет более ста одновременно работающих контролеров, вооруженных обычными ультразвуковыми дефектоскопами. Эксплуатация их дает народному хозяйству страны огромный экономический эффект.

Одновременно с внедрением установок УЗУЛ проводились работы по дальнейшему их усовершенствованию. Был разработан новый метод ультразвуковой дефектоскопии — сквозной эхо-метод. В настоящее время на его основе с использованием принципа многоканального ультразвукового сканирования создаются новые, более совершенные установки (ДУЭТ). Внедрение их позволит в ближайшее время практически полностью исключить на операциях ультразвукового контроля листов чрезвычайно дорогой и малоэффективный ручной способ контроля.

Большой размах и практическое значение приобрели работы кафедры в области физической акустики твердого тела. Проведены оригинальные исследования по распространению объемных и поверхностных волн в кристаллах, что существенно расширило возможности акустических исследований анизотропных сред. Практическим итогом этих работ явилось создание принципиально нового типа ультразвуковых линий задержки для высокочастотного диапазона с использованием явления отклонения ультразвукового луча от нормали к волновому фронту. В настоящее время в связи с повышением требований к информативности многих радиосистем монокристаллические

линии задержки приобретают особенно большое значение. Выполнены широкие исследования эффектов поглощения ультразвука в кристаллах в широком диапазоне частот, амплитуд колебаний, температур, давлений и других факторов; выявлены основные физические механизмы, ответственные за поглощение энергии ультразвуковых колебаний.

Изучение эффектов дислокационного поглощения ультразвука привело к совершенно неожиданным возможностям промышленного применения ультразвука для целей определения содержания примесей в сверхчистых металлах, в частности алюминия с содержанием примесей порядка $10^{-4}\%$, широко выпускаемого современной промышленностью. Для реализации этих возможностей на кафедре было разработано и внедрено в заводскую практику несколько методов и приборов ультразвукового контроля содержания примесей. Основным преимуществом ультразвуковых методов является их высокая чувствительность, а также быстрота (несколько минут) и надежность измерений.

Естественно, развитие физической акустики невозможно без создания совершенной аппаратуры для измерения скорости и поглощения ультразвука в исследуемых средах. Поэтому ученые кафедры уделяли и уделяют значительное внимание разработке соответствующей измерительной аппаратуры. Так, ультразвуковой измеритель скорости УЗИС-ЛЭТИ нашел широкое распространение во многих лабораториях, занимающихся акустическими исследованиями твердых сред. Внедренный в ряде научно-исследовательских организаций прецизионный прибор «Фонон» для измерения скоростей ультразвуковых волн с успехом используется для определения с точностью порядка 0.01% модулей упругости новых кристаллов, при контроле упругих свойств так называемых акустических кристаллов и во многих других случаях.

Большое значение имеют работы по ультразвуковым методам исследования многокомпонентных сред (абразивов, полимерных композиций и др.). На базе этих исследований создан метод контроля твердости абразивного инструмента, который внедрен в практику заводов и запатентован во многих странах, включая и развитые капиталистические страны.

Отмеченные выше успехи в развитии ряда направлений современной акустики и достижения кафедры неразрывно связаны с творческим наследием С. Я. Соколова. Таким образом, сбылись многие замыслы Сергея Яковлевича. Его ученики и последователи успешно развивают заложенные им научные направления, стоят в первых рядах мировой науки и техники. И эти успехи его школы являются лучшим памятником выдающемуся ученому, коммунисту, члену-корреспонденту АН СССР профессору Сергею Яковлевичу Соколову.

Основные даты жизни и деятельности

- 1897 г. С. Я. Соколов родился в селе Кряжим Вольского уезда, Саратовской губернии.
- 8 октября 1906 г. поступил в сельское училище в селе Кряжим.
- 1910 г. окончил сельское училище в селе Кряжим и поступил во второклассное сельское училище в селе Вязовка.
- 1913 г. окончил второклассное училище, получив звание сельского учителя, и поступил в 4-й класс Саратовского городского училища.
- 1914 г. поступил в Саратовское среднетехническое училище.
- 1919 г. окончил Саратовское среднетехническое училище и стал работать техником в технических частях Красной Армии.
- 1921 г. поступил в Петроградский электротехнический институт.
- 1924 г. женился на Валентине Николаевне Ларионовой, студентке ЛЭТИ.
- 1925 г. окончил ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина) по специальности радиотехника; решением Ученого совета оставлен на кафедре специальной радиотехники проф. И. Г. Фреймана.
- 1926 г. назначен заведующим лабораторией по радиотехнике и руководителем лабораторных работ студентов.
- 1929— консултант научно-испытательского полигона связи Военно-морских сил (НИПС).
- 1930 гг. организовал в ЛЭТИ кафедру электроакустики.
- 1931 г. утвержден в должности профессора по кафедре технической акустики.
- 19 февраля 1935 г. защитил докторскую диссертацию при Энергетическом институте АН СССР в Москве на тему «Ультразвуковые колебания и их применения»;
- 3 ноября награжден почетной грамотой Народного Комиссариата тяжелой промышленности.
- 1936 г. награжден значком «Лучший изобретатель».
- 4 февраля 1937 г. постановление Советского правительства о выделении денежных средств на постройку и оборудование лаборатории электроакустики; награжден наркомом т. С. Орджоникидзе легкой машиной М-1.
- 1940 г. награжден Комитетом по делам кинематографии при СНК СССР аттестатом отличившегося в социалистическом соревновании.
- 1941 г. эвакуирован из Ленинграда с семьей.
- 18 декабря

- 1942 г. основал в г. Горьком филиал ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина);
- 10 апреля присуждена Государственная премия II степени за «Изобретение метода ультразвукаousticической дефектоскопии».
- 1944 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени.
- 1945 г. лаборатория электроакустики возвратилась из эвакуации в Ленинград.
- 9 мая 1951 г. присуждена Государственная премия I степени за «Изобретение ультразвукового микроскопа, усовершенствование и промышленное освоение методов ультразвуковой дефектоскопии».
- 14 марта 1952 г. награжден орденом Ленина.
- 1953 г. избран депутатом Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся 4-го созыва; избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению физико-математических наук; вступил в ряды КПСС.
- 1955 г. избран депутатом Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся 5-го созыва; поездка в Брюссель на Международный конгресс по методам контроля без разрушения.
- 1957 г. 20 мая — смерть С. Я. Соколова. Ленинград, поселок Комарово.

Печатные труды

1928

1. Schwingungen piezoelektrische Quarzstäbe, hervorgerufen durch ein ungleichförmig verteiltes Feld. — *Z. Phys.*, B. 50, H. 5 und 6, S. 385—399. (Колебания пьезоэлектрических пластин, возбуждаемых неравномерно распределенным полем).

1929

2. Zur Frage der Fortpflanzung ultra-akustischer Schwingungen in verschiedenen Körpern. — *Elektr. Nachr. Techn.*, B. 6, H. 11, S. 454—460. (К вопросу о распространении ультразвуковых колебаний в различных телах).

1932

3. Основы электроакустики. Л., КУБУЧ.

1935

4. Ультразвуковые колебания и их применение. — «Заводская лаборатория», № 5, с. 527—538.
5. Ультразвуковые методы определения внутренних дефектов в металлических изделиях. — «Заводская лаборатория», № 4, с. 1468—1473.
6. К вопросу практического использования явления дифракции света в среде, подверженной воздействию ультразвуковых колебаний. — «Известия электропромышленности слабого тока», № 3, с. 17—21.
7. L'influence des ondes ultra-acoustiques sur le proces de solidification des metaux fondus. — *Acta physico-chimica URSS*, v. III, N 6, s. 939—944. (Влияние ультразвуковых колебаний на процесс затвердевания расплавленных металлов).
8. Ultra-sonic Oscillations and their Application. — *Techn. phys. USSR*, v. II, N 6, p. 1—23. (Ультразвуковые колебания и их применения).
9. Über die praktische Ausnutzung der Beugung des Lichtes an Ultraschallwellen. — *Phys. Z.*, 36, H. 4, S. 142—144. (О практическом применении явления дифракции света на ультразвуковых волнах).

1936

10. Sur l'influence des ondes ultra-soniques sur les reactions chimiques. — Techn. phys. USSR, v. III, N 2, p. 1—7. (О влиянии ультразвуковых колебаний на химические реакции).
11. Вибрационный метод испытания турбинных лопаток. — ЖТФ, т. VI, вып. 12, с. 2056—2058. Совместно с Л. Л. Мясниковым.

1941

12. Ультраакустические методы изучения свойств закаленной стали и определения внутренних пороков металлических изделий. — ЖТФ, т. XI, вып. 1—2, с. 160—169.
13. Исследование свойств металлов методом ультразвуковых колебаний. — «Авиационная промышленность», № 11, с. 11—15.
14. Контроль стальных изделий методами ультразвуковых колебаний. — 2-я Всесоюзная конференция курсов по стахановским методам термообработки.
15. Ультраакустические колебания и их применение. Л., Судпромгиз.

1946

16. Применение ультразвуковых колебаний для наблюдения физико-химических процессов. — ЖТФ, т. XVI, вып. 7, с. 783—790.

1948

17. Поглощение ультразвуковых колебаний твердыми телами. — ДАН СССР, т. LIX, № 5, с. 883—886.
18. Применение ультразвука в технике и физике. — «Заводская лаборатория», № 11, с. 1328—1335.

1949

19. Ультраакустический микроскоп. — ЖТФ, т. XIX, вып. 2, с. 271—273.
20. Поглощение ультразвуковых колебаний монокристаллами. — ЖТФ, т. XIX, вып. 2, с. 274—278.
21. Ультразвуковой микроскоп. — ДАН СССР, т. LXIV, № 3, с. 333—335.
22. Поглощение ультразвуковых колебаний монокристаллами. — ДАН СССР, т. LXIV, № 4, с. 503—505.

1950

23. Современные проблемы применения ультразвука. — УФН, т. 40, с. 4—39.

1951

24. Ультразвук и его применение. — ЖТФ, т. XXI, вып. 8, с. 929—936.

1952

25. Студент — помощник профессора в научной работе. — «Вестник высшей школы», № 1, с. 38—39.
26. Наши возможности неисчерпаемы. — «Вестник высшей школы», № 2, с. 32, 33.

27. Ультразвуковой микроскоп. — «Заводская лаборатория», № 10, с. 1207—1212.

1953

28. Ультразвуковой микроскоп. БСЭ, т. 44.

1954

29. Ультразвук и его применение. — «Природа», № 3, с. 21—34.
30. Ультразвук и его применение в физике и технике. — «Советский Союз», № 5.

1955

31. Le probleme de l'application pratique des ultrasons a l'etude de l'homogeneite des metaux et de la ceramique. Материалы Международного конгресса: «Методы контроля без разрушений», 23—28 мая 1955 г., Брюссель, с. 282. (Проблема практического применения ультразвука для изучения однородности металлов и керамики).
32. Ультразвук и его применение в промышленности. Л., ЛДНТП.

Патенты и авторские свидетельства

1928

1. Патент № 41371. «Способ и устройство для испытания металлов». Заявлен 02 02 28, № 23246. Вестник комитета по делам изобретений, № 6, 1929.
2. Патент № 149975. «Сплав для соединения пьезоэлектрических пластин». Заявлен 02 02 28, № 23275. Вестник комитета по делам изобретений, № 4 (66), 1930.
3. Патент № 18829. «Способ получения упругих колебаний высокой частоты». Заявлен 23 06 28, № 29313. Вестник комитета по делам изобретений, № 1 (75), 1931.

1931

4. Авторское свидетельство № 29869. «Подвижная катушка для электроакустических аппаратов». Заявлено 26 07 31, № 92100. Вестник комитета по изобретательству, № 4 (102), 1933.

1932

5. Авторское свидетельство № 49947. «Ультраакустическое устройство для биологического воздействия». Заявлено 22 12 32, № 121035. Бюлл. изобр., № 8, 1936 (совместно с Э. М. Рубчинским).

1933

6. Авторское свидетельство № 33305. «Устройство для нивелирования». Заявлено 13 01 33, № 122046. Вестник комитета по изобретательству, № 10 (108), 1933.

1934

7. Авторское свидетельство № 44376. «Способ возбуждения механических колебаний турбинных лопаток». Заявлено 31 10 34, № 156390. Вестник комитета по изобретательству, № 9 (131), 1935.
8. Авторское свидетельство № 48894. «Способ исследования тел упругими или электромагнитными волнами». Заявлено 31 10 34, № 156391. Вестник комитета по изобретательству, № 8 (142), 1936.

1935

9. Авторское свидетельство № 44959, «Способ получения электромагнитных колебаний». Заявлено 26 03 35, № 166131. Вестник комитета по изобретательству, № 11 (133), 1935.
10. Авторское свидетельство № 48540. «Устройство для модуляции света». Заявлено 22 07 35, № 173441. Вестник комитета по изобретательству, № 8 (142), 1936.
11. Авторское свидетельство № 49426. «Устройство для определения неоднородностей в твердых, жидких и газообразных средах посредством ультразвуковых колебаний». Заявлено 22 07 35, № 173440. Вестник комитета по изобретательству, № 8 (142), 1936.

1937

12. Патент (английский) № 498816, «Improvements in and relating to the Modulation of light» (Способ модуляции света), 13 05 1937, № 13508/37.
13. Патент (английский) № 477139. «Improvements in and relating to the Detection of faults in solid, liquid or gaseous bodies». (Способ обнаружения пороков в твердых, жидких и газообразных телах). 13 05 1937, № 13509/37.
14. Патент (американский) № 2, 164, 125. «Means for indicating flaws in materials». (Средство для обнаружения дефектов в материале). 21 08 1937, № 160344.
15. Авторское свидетельство № 60503. «Устройство для наблюдения неоднородностей в твердых, жидких и газообразных средах». Заявлено 08 06 37, № 8323. Бюлл. изобр., № 6, 1941.
16. Авторское свидетельство № 53647. «Способ модуляции света». Заявлено 11 06 37, № 1872. Бюлл. изобр., № 2, 1939.

1939

17. Авторское свидетельство № 58423. «Устройство для обнаружения и регистрации скрытых дефектов в металлических изделиях». Заявлено 09 07 39, № 25339. Бюлл. изобр., № 11, 1940.

1945

18. Авторское свидетельство № 70636. «Способ непрерывного контроля различных физико-химических процессов». Заявлено 02 10 45, № 1044/340785. Бюлл. изобр., № 7, 1948.

1946

19. Авторское свидетельство № 77708. «Способ исследования тел упругими или электромагнитными волнами». Заявлено 26 12 46, № 351915, Бюлл. изобр., № 12, 1949.

1947

20. Авторское свидетельство № 74276. «Способ измерения давления». Заявлено 04 02 47, № 153/353181. Бюлл. изобр., № 16, 1966.

1948

21. Авторское свидетельство № 79219. «Ультразвуковой микроскоп». Заявлено 10 07 48, № 381301. Бюлл. изобр., № 6, 1950.
22. Авторское свидетельство № 76451. «Способ индикации акустических давлений». Заявлено 10 07 48, № 381484. Бюлл. изобр., № 11, 1975.

1949

23. Авторское свидетельство № 90236. «Ультразвуковой микроскоп». Заявлено 02 08 48, № 402109. Бюлл. изобр., № 5, 1951.

Оглавление

	Стр.
Предисловие	5
Детство и юность	9
Студенческие годы	13
Первые шаги в науке	23
Буря и натиск	36
Истоки научной школы	45
Ультразвуковая дефектоскопия	51
Создатель звуковидения	59
Грани других работ	66
Итоги предвоенных лет	73
В кругу семьи	81
Годы войны	85
Развитие работ по ультразвуковой дефектоскопии	96
Звуковидение — реальность	113
Работы по физической акустике	119
Увлечение атомной физикой	123
Последние годы	128
Жизнь продолжается	132
Основные даты жизни и деятельности	143
Печатные труды	145
Патенты и авторские свидетельства	148

Виктор Кивович Иофе
Елена Николаевна Мясникова
Елена Сергеевна Соколова

Сергей Яковлевич Соколов

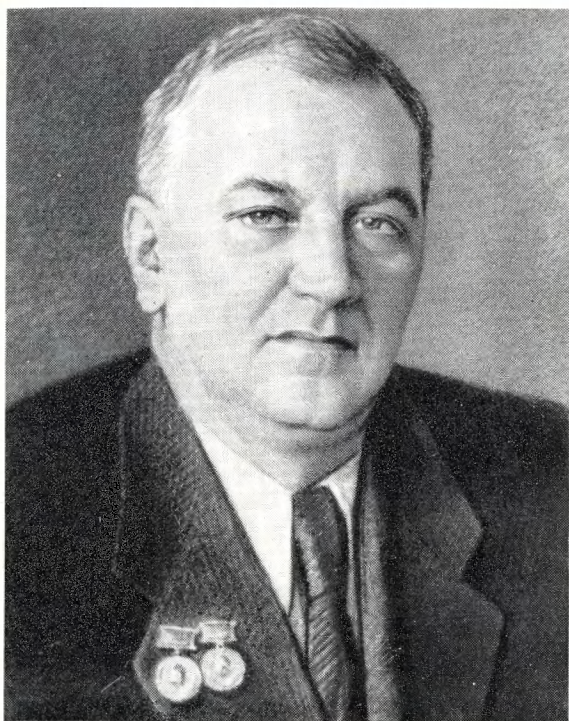
Утверждено к печати
Редколлекцией серии
«Научно-биографическая литература»

Редактор издательства *Т. И. Сушкова*
Художник *М. И. Разулевич*
Технический редактор *Н. И. Каплунова*
Корректор *Г. И. Суворова*

Сдано в набор 17/III 1976 г. Подписано к печати 16/VII 1976 г. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага № 2. Печ. л. 4³/₄ = 7.98 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 8.05. Изд. № 6174.
Тип. зак. № 1085. М-14991. Тираж 12700. Цена 48 коп.

Ленинградское отделение издательства «Наука»
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская линия, д. 1

1-я тип. издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12



Сергей Яковлевич
СОКОЛОВ

48 коп.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ