

Е.В. Шишкова

Аркадий Сергеевич

ШЕИН

1912 – 1972



Москва
Издательство ВНИПО
1995

ББК 84Р7
Ш165

Рекомендовано к печати редколлегией серии
"Научно – биографическая литература" РАН и историко – методологической
комиссией Института истории естествознания и техники по разработке научных
биографий деятелей естествознания и техники, куда вошли
А.Т. Григорьян, В.И. Кузнецов, Б.В. Левшин,
З.К. Соколовская (ученый секретарь), В.Н. Сокольский, Ю.И. Соловьев,
А.С. Федоров (зам. председателя), И.А. Федосеев (зам. председателя),
А.П. Юшкевич, А.А. Яншин (председатель), М.Г. Ярошеяский

Ответственный редактор
И.С. ЖЕЛУДЕВ,
доктор физ.–мат. наук, профессор

Рецензенты
Ю.М. СУХАРЕВСКИЙ,
доктор технических наук, профессор,
П.Г. ПОЗДНЯКОВ,
доктор техн. наук

Шишкова Е.В.
Ш165 Аркадий Сергеевич Шеин /Под ред. И.С. Желудева. – М.:
Изд – во ВНИРО, 1995. – 103с.

Книга посвящена жизни и деятельности видного ученого, доктора физико –
математических наук Нологis causa А.С. Шеина (1912 – 1972) – основоположника
отечественной промышленности пьезоэлектрических приборов, в ней рассказано
о талантливом физике, работавшем с необыкновенным энтузиазмом в области
кристаллофизики и гидроакустики.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

ББК 84Р7

ISBN 5 – 85382 – 140 – 7

© Е.В. Шишкова, 1995
© Издательство ВНИРО, 1995

О книге Е.В. Шишковой

История науки и техники, и в частности отечественная история, была бы значительно менее содержательной, если бы наряду с общеизвестными именами признанных корифеев, заложивших основы тех или иных дисциплин или внесших вклад в их развитие, в ней не были бы представлены имена ученых и инженеров, яркий талант которых проявился в более узких областях или отдельных достижениях, естественно, менее известных или известных узкому кругу специалистов. Ознакомление с этими именами читателей, интересующихся историей науки и техники, создает значительно более широкое представление о предмете. К их числу, безусловно, относится имя доктора физико-математических наук *Nopegis causa*¹ Аркадия Сергеевича Шеина — выдающегося ученого в области радиотехники, кристаллофизики и гидроакустики, о котором рассказано в книге Е.В. Шишковой.

Круг научных интересов А.С. Шеина был очень широк. В научную работу он включился с ранних студенческих лет в Московском электротехническом институте связи. Уже к моменту окончания института он весьма успешно завершил ряд работ, свидетельствующих о его зрелости не только как инженера, но и как исследователя — физика. Весной 1941 г. А.С. Шеин завершил разработку технологии производства высокочувствительных пьезоэлементов из растворимых кристаллов. Для промышленной реализации его изобретения по решению правительства в октябре 1941 г. был создан первый в нашей стране завод пьезоэлектрических приборов, директором и главным инженером которого был назначен автор технологии — А.С. Шеин. За ним навсегда останется почетная роль пионера в техническом применении синтетических монокристаллов в Советском Союзе, роль, в которой он выступил в тяжелый период Великой Отечественной войны.

Начав с 1949 г. работу во Всесоюзном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии, А.С. Шеин создал лабораторию гидроакустических приборов с отлично оборудованной экспериментальной морской базой, деятельность которой была направлена на совершенствование рыбопоисковой гидролокационной техники, разработку пьезокристаллических преобразователей для применения звука в промышленном рыболовстве с целью повышения его эффективности, а также для морских биоакустических иссле-

¹ Выражение, прибавляемое к наименованию ученой степени, если она присвоена Академией наук СССР без защиты.

дований. Параллельно с этим А.С.Шейн продолжал исследования физических свойств пьезокристаллических преобразователей, и ему удалось добиться того, что казалось невозможным, — создать на основе сегнетовой соли мощный широкополосный низкочастотный подводный излучатель с высоким КПД, к тому же механически прочный и относительно легкий.

Исследования и изобретения А.С. Шейна завершались целенаправленными разработками, внедренными в производство для нужд народного хозяйства, оборонной техники и морских научных исследований, о чем обстоятельно рассказано в этой книге.

Чрезвычайно важным является то, что автору книги — кандидату технических наук Е.В. Шишковой, — на протяжении многих лет являвшейся ближайшим сотрудником Шейна, удалось по своим записям восстановить многое из творческого наследия ученого, чему способствовала и ее блестящая память. Достоверность характеристик А.С. Шейна подтверждена свидетельствами ученых и специалистов, в значительной степени использованы документальные материалы и рукописный архив А.С. Шейна.

Книга изложена в ясной, доступной для широкого круга читателей форме, дает верное представление об образе и творческой деятельности А.С. Шейна и будет полезна как для специалистов, так и для студенческой молодежи.

И.С. Желудев

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Детские и юношеские годы. Семья Шенных



Большим мастерством владел художник, написавший вот эту акварель размером меньше писчего листа. Наклеенная на серый картон, под стеклом, в коричневой деревянной рамке, она сохранилась на многие годы.

На переднем плане скромный интерьер просторной чистой веранды с распахнутыми дверями. Легкая занавеска, закрытая вся ширь правого оконного переплета, вздулась подобно парусу от теплого сквозного ветра. В углу за дверью прижался ничем не примечательный венский стул с плоским дырчатым сиденьем и сдвоенной дугообразной спинкой. Но впрочем, в какой-то мере он свидетельствует о своей эпохе. Когда-то он был модным в семьях среднего достатка. На середину пола веранды выкатился и остался там лежать большой резиновый двухцветный красно-синий мяч. Но где же его владелец? Мальчика здесь нет, но художник сумел создать эффект присутствия. На пороге веранды, прислонившись к дверному косяку, сидит молодая хрупкая женщина. Ее видно со спины вполоборота. Каштановые волосы подняты и собраны в красивый пучок. Сквозь батистовую, вышитую гладью блузку просвечивают тонкие руки. Талия затянута высоким корсажем темной, с мелкими складками юбки. За проемом двери слева видны бревенчатая стена дома с кирпичным фундаментом и поросший травой двор. Наконец, на самом дальнем плане обозначились длинные одноэтажные корпуса фабричного типа и вытянутые высоко в небо дымящие трубы. Это химический завод в маленьком приволжском городке Кинешме. Кажется, нет ни одного лишнего мазка, ни одной лишней детали на этой акварельной миниатюре. Но все, что на ней изображено, вся она в совокупности вызывает глубокие чувства и мысли, уносящие далеко в прошлое. Во всей картине, как и в облике и позе молодой женщины, чувствуется мирное течение жизни. Да, это было еще мирное время — лето 1914 года. О чем тогда могла думать эта женщина — Клавдия Петровна? Глядя вдаль на трубы, выдыхавшие густой едкий дым, она знала, что там на заводе работает ее муж — инженер — химик Сергей Дмитриевич

Шейн. Это его брат, художник Дмитрий Дмитриевич, приехал навестить родных в Кинешме и решил на память им написать эту акварель. Даже для миниатюры позировать пришлось не так уж мало, и спокойно сидевшая женщина за это время многое перебрала в своей памяти. Казалось, совсем недавно рассталась она с родным, хотя и ничем не примечательным городом Скопином, где осталась ее семья. Отец, Петр Зосимович Белинский, имел среднее медицинское образование. Он очень любил свою профессию, умело врачевал больных и пользовался заслуженным уважением горожан. Мать, Евлампия Петровна, умная и трудолюбивая женщина, вела хозяйство и воспитывала дочерей, обучив их и шитью, и рукоделию, и многим другим занятиям, полезным для дома. Скромные трудовые доходы уездного фельдшера позволили все же обеспечить дочерям необходимое образование. Клавдия и ее сестры, Екатерина и Анна, мечтали стать учительницами, и отец решил, что по окончании гимназии отправит дочерей в Москву на Высшие женские курсы. Первой в Москву поехала Клавдия. Она успешно окончила курсы и получила звание сельской учительницы, но заняться преподаванием ей пока еще не довелось. В то время она уже была в Москве знакома с молодым инженером Сергеем Дмитриевичем Шейным. Весной 1911 года они поженились и поехали в свадобное путешествие в Давос — красивейший курорт Швейцарии. Воспоминания об этой чудесной поездке долго еще представлялись Клавдии Петровне каким-то сказочным сном. Целебный горный воздух, обилие солнечных дней и санаторный режим благотворно сказались на ее здоровье. В Москве Шейны жили в красивом четырехэтажном кирпичном доме напротив храма Христа Спасителя — величественного памятника героям Отечественной войны 1812 года. Когда же в сочельник 1912 года в семье Шейных появился на свет сын и начал оглашать дом на редкость громкими "ариями", кто-то из соседей сказал на полном серьезе: "Родился еще один Шалапин". И вот уже Аркадию идет второй год. Это он выкатил свой мяч на веранду, а сам теперь в обществе неразлучной с ним няни Дуни разгуливает во дворе, где все для него кажется необыкновенно интересным. Когда случалось, что до его слуха доносились звуки песен, громко распеваемых в свободное время фабричными, Аркаша пытался подражать им. И это, и многие другие наблюдения Клавдия Петровна любовно записывала в свой дневничок — маленькую книжечку с золоченым обрезом, где еще сохранились отрывочные заметки, сделанные ею во время медового месяца в Давосе. Особенное внимание мальчика привлекали его четвероногие друзья — сенбернар и пушистый кот. Зимой сенбернара запрягали в маленькие санки с плетеным коробом, куда усаживали тепло одетого Аркашу, и начиналась прогулка по

просторному заснеженному двору. Разумянившееся на морозе лицо ребенка, обрамленное пышным белым мехом голубого капора, очень напоминало личико девочки. Матери и хотелось иметь дочь. Потому — то она, искусная рукодельница, и шила Аркаше наряды, похожие на девичьи, а длинные белокурые локоны делали голубоглазого мальчика еще более похожим на девочку. Однако отец был очень доволен и горд тем, что у них родился именно сын. Тот еще сидеть не мог, лежал в распахнутой рубашке, а отец его уже фотографировал. К невинной причуде жены наряжать маленького сына по — девичьи Сергей Дмитриевич относился снисходительно. "Пусть, — думал он, — немножечко еще потешится, в этом нет греха, а все — таки сын есть сын. Да как он похож на меня!" И как будто торопясь зафиксировать это сходство, он вынимал из кровати сына, подносил его к лицу. Оба — малыш и бородатый отец — одинаково умильно смотрели светлыми глазами в объектив фотоаппарата. Много позже, когда Аркадий стал взрослым, сходство его с отцом сказывалось буквально во всем. Это было не только внешнее сходство. Впрочем, сын не носил ни усов, ни бороды и даже не растерял своей шевелюры, как его отец к пятидесяти годам. Но как и у отца, у него было продолговатое лицо, высокий лоб, густые брови, длинные ресницы, серовато — голубые глаза, крупный нос, живая мимика. Временами он и на мать чем — то походил, особенно когда взгляд его был лишен строгости. И все же больше он походил на отца — высоким ростом, тембром звучного голоса, манерой говорить с предельной ясностью, сдержанной жестикующей крупных рук, вспыльчивым характером. Главное, что унаследовал он от отца, это — увлеченность, нескончаемая жажда деятельности, талант исследователя и изобретателя. Но об этом речь будет позже.

Итак, художник закончил акварельный рисунок и, как положено, в правом нижнем углу поставил свою подпись: "Д.Шейн, 1914 г.". Он не мог знать тогда, что сделал последний визит к брату и что этот акварельный рисунок будет бесценной памятью не только о самом художнике, но и о всем том, что он изобразил. Он не знал, что вот — вот Европу охватит пламя пожара мировой войны и его призовут в действующую армию — и жизнь его, художника и военного топографа, оборвется на германском фронте, а его двухлетний сын Дмитрий останется без отца.

Шли годы... Единственного сына родители окружали вниманием, лаской, заботой, воспитывали в нем трудолюбие и пристрастие к наукам. Отец, Сергей Дмитриевич, принадлежал к лучшей части русской революционно настроенной интеллигенции, был видным специалистом.

Аркадий хорошо учился в школе, а дома с преподавательницей терпеливо занимался музыкой. В то время семья Шейных вернулась из Кинешмы в свою московскую квартиру. Однажды на школьной выставке творчества учеников начальных классов было представлено множество рисунков и всяких немудреных ребячих поделок. Аркадий тоже подал на выставку плоды своего рукоделия — целую серию моделей животных, тщательно выпиленных лобзиком из фанеры: лев, тигр, медведь, верблюд, слон, — словом, целый зоопарк. Залюбовались ребята на зверинец, но вдруг один из них, бойкий мальчишка, улучив подходящий момент, вмиг обломал хвосты всем зверям. Все произошло так быстро, что никто не успел воспрепятствовать озорнику. Трудно сказать, что руководило им — черная зависть или бессознательное стремление сыскать себе лавры Герострата, но горькое чувство незаслуженной обиды испытал Аркадий, впервые столкнувшись с человеческой завистью и подлостью. Это запомнилось ему надолго.

Безмятежное детство прошло. Развивалось сознание, стремление к активному, целенаправленному творчеству. И вот уже в одиннадцатилетнем возрасте Аркадий стал радиолюбителем, научился изготавливать и налаживать радиоприемники, сначала детекторные, а потом ламповые. Это ему доставляло ни с чем несравнимое удовольствие — радость творчества. Между тем жизнь шла своим чередом. Мальчику не было и двенадцати, когда отец покинул их, создав себе новую семью. Разлука с отцом была для Аркадия первым в жизни ударом. С отцом Аркадий виделся редко. Но по мере взросления встречи отца и сына становились более регулярными и интересными для обоих, с увлекательными их дискуссиями.

Росла и развивалась страна, появлялась новая техника, пленяя пытливые умы молодежи. Аркадий не увлекся химией, не пошел по стопам отца, хотя у него многому можно было поучиться — ведь Сергей Дмитриевич еще до революции был видным специалистом, умудренным большим практическим опытом заводского инженера, а в двадцатые годы занимал уже руководящий пост в Высшем Совете народного хозяйства. В семейном архиве сохранилось фото из журнала "Огонек", на котором изображены В. В. Куйбышев на заседании, посвященном юбилею института им. Карпова, а в составе президиума рядом с А.И. Рыковым и профессором Бахом, директором института, — С.Д.Шейн.

Сын выбрал свой жизненный путь, отдав предпочтение физике. После школы — семилетки он поступил в техникум электропромышленности им. Красина. В 1929 году, когда Аркадию было шестнадцать лет, жизнь нанесла ему еще один страшный удар — умерла мать. Отец уговаривал сына жить в его семье, но Аркадий отказался. Согласно завещанию матери ему был назначен опекун — профессор Промышленной академии и Московского текстильного института А.Г.Архангельский, к которому он и переехал, а имущество, оставшееся после матери — мебель, картины, посуда и прочее, — было вывезено из квартиры, вернее, из комнаты и роздано на хранение до поры до времени по разным домам родственникам и знакомым. Что же касается прежней жилплощади, то она была утрачена.

Продолжая учебу в техникуме, Аркадий оставался активным радиолюбителем. Целая серия в сорок приемников, из которых около половины ламповых, была изготовлена и налажена им.

В течение двух лет Аркадий жил в семье Архангельских, а затем по достижении совершеннолетия вынужден был покинуть опекуна, не имея при этом своего жилья. Так началась его самостоятельная и отнюдь не легкая жизнь. Некоторое время он жил на квартире у своего дяди М.Д.Шейна. Что касается трудоустройства по окончании техникума, то оно сильно осложнилось неожиданно возникшими неприятностями. Дело в том, что в 1930 году отец Аркадия Сергей Дмитриевич по ложному доносу был репрессирован и сослан на Соловки. В поисках справедливости С.Д.Шейн написал письмо Сталину и попросил, чтобы ему устроили очную ставку с человеком, оклеветавшим его. Письмо дошло до адресата, и Сталин дал соответствующее указание. В результате состоявшейся очной ставки обвинение было опровергнуто, а С.Д. Шейн, отбывший полгода в заключении, реабилитирован, восстановлен на работе, но все же не на прежней должности. В последнее десятилетие своей жизни С.Д.Шейн работал начальником и главным инженером группы химических комбинатов Гидрохима, начальником технического отдела шелковского химкомбината, в Институте противопожарной обороны НКВД, затем вышел на пенсию, а в 1943 году умер.

История с арестом отца отразилась на судьбе сына. Именно в этот период Аркадий окончил техникум и искал работу. Но кадровики, прочитав в анкете подробности о случившемся с отцом, тут же отказывали ему в приеме на работу. Он ходил из одного места в другое, обходя двадцать одно учреждение. Между

тем была уже опубликована статья Сталина "Сын за отца не отвечает". А в данном случае к тому же отец был реабилитирован. Казалось бы, какие претензии могли быть к сыну? Все дело, конечно, было в перестраховщиках. Наконец, двадцать вторым учреждением, куда пришел Аркадий в поисках работы, была проектная организация "Электроточстрой" ВЭО, где в 1931 году его приняли на работу чертежником—конструктором. В феврале 1933—го Аркадий перешел на работу техником—конструктором в НИИ связи в лабораторию широковещания, где проработал полтора года до сентября 1934—го. Несмотря на интересную работу, Аркадий не мог удовлетвориться своим уровнем знаний и решил продолжить образование.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Институт. Приобщение к науке



Проработав по окончании техникума три с половиной года и будучи уже опытным радиотехником и конструктором, Аркадий решил пойти учиться на радиофакультет Московского электротехнического института связи, куда и поступил в 1934 году. Материальное положение осложнилось. Назначенная студенческим профкомом комиссия для обследования домашних условий заключила, что А.С.Шейн материально обеспечен, так как его комната обставлена мебелью, имеется пианино и прочее. В стипендии ему было отказано, поэтому пришлось зарабатывать на жизнь, выполняя от случая к случаю чертежно-конструкторские работы. Это не помешало, однако, студенту с первого же курса активно включиться в исследовательскую работу. Основное внимание он уделял изучению физической природы явлений, используемых в технике связи, непрерывно вел экспериментальную работу.

В отличие от большинства студентов, еще не искушенных в вопросах радиотехники, Аркадий сразу же ориентировался на разрешение насущных для практики задач, каких немало, в частности, в электроматериаловедении. По правде говоря, многие его сверстники просто не уделяли должного внимания столь "прозаичным" предметам, как электроматериалы, и витали в облаках или, лучше сказать, в мировом эфире. Еще не постигнув глубины изучаемого предмета, многие студенты того времени считали престижными лишь крупные проблемы — такие, как излучение и распространение радиоволн, передатчики и — верх мечтаний — телевидение. Как ни странно, но даже радиоизмерения, как выяснилось на экзаменах, некоторые студенты знали поверхностно, относились к данному предмету, как к чему-то маловажному, второстепенному. Какое же это было заблуждение! Еще великий Д.И.Менделеев говорил: "Наука начинается тогда, когда начинают измерять". Не в пример этой части студентов-новичков Аркадий — давно уже опытный радиолюбитель — не только досконально знал внутреннее устройство каждого прибора, но и умел квалифицированно составлять любую радиоизмерительную схему, необходимую для проведения тех или иных исследований. Вот что писал о нем



Рис. 1. А.С.Шейн – студент Московского электротехнического института связи

научный руководитель доцент Л.Меерович в статье "Выдающийся инженер": "Уже на первом курсе т. Шейн увлечен практической задачей уменьшения габаритов конденсаторов. Для этой цели нужны материалы с высоким диэлектрическим коэффициентом. Так начинается первая студенческая работа по исследованию диэлектрических коэффициентов сложных диэлектриков и механических смесей, которую т. Шейн ведет в течение трех лет. Результат трехлетней работы публикуется в студенческом сборнике. Дополнением к результату является изобретение — метод измерения пористости по диэлектрическому коэффициенту"¹.

Публикуя тезисы доклада "Диэлектрические коэффициенты сложных диэлектриков и механических смесей", А.С.Шейн писал: "Связь между диэлектрическими коэффициентами твердых механических смесей и количественными соотношениями компонент представляет существенный интерес по двум причинам:

во — первых, установление такой зависимости дает возможность приготовить диэлектрики с заданной проницаемостью,

во — вторых, на основании измерений диэлектрического коэффициента материала можно будет судить о его механической структуре.

Такая связь приобретает особенный интерес потому, что из ряда теоретических предпосылок и практических доказательств следует, что всякие механические смеси, частицы которых распределены по всему объему весьма неравномерно, по своим электрическим свойствам очень близки к смесям абсолютно однородным.

Данной работой показано, что если бы из всех частиц абсолютно равномерной смеси образовать все возможные перестановки, то две трети таких перестановок совершенно не изменяют диэлектрического коэффициента смеси.

Исследование диэлектрических коэффициентов смесей значительно облегчается после выяснения электрических свойств абсолютно однородных смесей. Такие смеси содержат некоторый минимальный объем, который своими свойствами отображает все свойства смеси в целом, является своеобразной молекулой идеальной смеси. В таком объеме геометрическое расположение частиц строго фиксировано, и знание этого расположения дает возможность доказать, что в однородных смесях частицы компонент электрически соединены последовательно.

Те же геометрические представления позволяют показать характер электрического соединения компонент в реальных

¹ "За кадры связи", 1940, № 36.

смесях и утверждать, что это соединение в реальных смесях остается строго последовательным даже для двух третей всех возможных перемещений.

Проведенные эксперименты четко подтвердили эти выводы. Эти же выводы позволили показать условия получения диэлектриков с возможно большей проницаемостью.

Существует такая зависимость проницаемостей компонент, которая образует селективную характеристику смеси. Эта характеристика дает возможность выбрать такое смешение компонент, при котором получается максимальная проницаемость (конденсаторы) и — если нужно — минимальная (каркасы для катушек). Практика подтвердила эти выводы.

Существующие однородные диэлектрики с очень большой проницаемостью встречаются либо в виде материалов с большой проницаемостью (соли органических кислот), либо в виде порошкообразных окислов металлов. Ряд таких окислов, обладая большой проницаемостью и очень малой проводимостью, может быть использован только в смеси со связующими материалами. Вот почему вопрос о наиболее выгодном смешении очень важен.

Нахождение механических свойств по диэлектрическим коэффициентам материала представляет интерес в химико-техническом контроле ряда производств. Например, определение пористости звукоизоляционных и теплоизоляционных материалов позволяет судить о коэффициентах звукопоглощения, теплопроводности, теплостойкости и может быть проведено с точностью до малых долей процента.

Определение пористости электротехнического фарфора и стекла позволяет судить о целом ряде свойств, определяющих изоляционные качества. Решения этих вопросов вытекают из ряда выводов данной работы. Практика таких измерений подтвердила правильность этих решений"¹.

Автор исследований писал:

"Работа имеет широкое практическое значение. Решение этого вопроса в технике слабых токов позволяет приготовить диэлектрики с большими диэлектрическими коэффициентами и малыми потерями, что важно для хозяйства связи. Найденная зависимость позволяет быстро и точно решать вопрос об определении электрическим путем пористости диэлектриков и полупроводников. Это весьма важно при производстве звуко-изоляционных и теплоизоляционных материалов, где величина пористости определяет коэффициент звукопроводности и теплопроводности. То же относится и к электроизоляционным материалам, где простой и точный метод технического контроля пористости весьма необходим. Далее оказывается возможным

¹ "За кадры связи", 1939, № 18.

электрическим путем проверять плотность и влажность тканей, бумаги, воздуха. Все это основано на измерении диэлектрического коэффициента исследуемого материала и его компонентов, а также процессов, которые сопутствуют диэлектрикам в электрических полях.

Установленная зависимость представляет интерес в области молекулярной физики, где путем сравнительно несложных электрических измерений удастся определить ряд констант. Например, используя уже известные диэлектрические коэффициенты различных газов и паров металлов, был произведен подсчет средней свободной длины пробега и диаметра молекул газов и паров металлов.

Результаты были всегда крайне близки к тем, которые получены совершенно другими, более сложными путями. Метод определения пористости звукоизоляционных материалов предположено использовать на строительстве Дворца Советов, где тщательный подбор акустических материалов является очень существенным. Установленная зависимость между диэлектрическими и механическими свойствами материалов, несомненно, имеет еще больше приложений в технике. Нужно только расширить экспериментальную работу¹.

Свои трехлетние исследования по диэлектрикам студент Шейн посвятил 20-й годовщине Ленинского комсомола. Работа была отмечена денежной премией².

Таким образом, результаты научных исследований, проведенных студентом А.Шейным, могут быть использованы в шести научно-технических направлениях:

в технике слабых токов при производстве диэлектриков для конденсаторов и изоляционных материалов;

в архитектурной акустике при производстве звукопоглощающих материалов;

в строительной технике при производстве теплоизоляционных материалов;

в текстильной промышленности для измерения влажности ткани;

в бумажной промышленности для измерения влажности бумаги;

в молекулярной физике, в частности применительно к металлургии.

Вероятно, этот перечень полезных применений разработанного А.С.Шейным метода можно было бы продолжить и дальше, но и так ясно, насколько он перспективен и насколько широк кругозор его автора. И хотя это была только студен-

¹ "За кадры связи", 1938, № 41.

² Там же, 1939, № 44.

ческая, притом первая, работа, она уже свидетельствовала о таланте исследователя — физика.

Круг интересов А.С.Шейна всегда был очень разнообразен и расширялся как будто стихийно. Иногда похоже было, что он разбрасывается. Но лишь ему одному была понятна логика нескончаемых, казалось бы, экспериментов. Случались иногда и неудачи. Без этого не обойтись.

Работа с фосфоресцирующими составами отняла у Аркадия немало времени. Не обошлось и без курьезов. Однажды вечером, выйдя из лаборатории в полутемный коридор, он быстро зашагал к выходу. Увидев его, шедшая навстречу женщина испуганно повернула назад и побежала прочь, оглядываясь на ходу.

"Чем же я ее так напугал?" — подумал Аркадий, спускаясь в раздевалку. Там он подошел к зеркалу, чтобы причесаться, и, взглянув на себя, все понял: костюм у него был изрядно осыпан фосфоресцирующим порошком. Значит, в темноте была видна его светившаяся, за исключением головы, фигура, как бы летевшая из глубины длинного полутемного коридора. По-видимому, женщина подумала, что это был не безобидный фосфоресцирующий состав, а может быть, какое-то радиоактивное вещество. Хорошо, что на самом деле это было не так.

Придавая особо важное значение технике радиоизмерений, А.С.Шейн писал в статье "Новые методы радиоизмерения": "Развитие хозяйства связи, повышение качественных показателей аппаратуры, ее усложнение — все это предъявляет к технике радиоизмерений ряд новых требований. Одним из них является разработка приборов для измерений электрических параметров с непосредственным отсчетом по шкале. Наличие приборов такого типа, предназначенных для непосредственного измерения частоты, емкости коэффициентов самоиндукции, затухания и других, принесло бы большую пользу в эксплуатации, и особенно в условиях производства аппаратуры связи, освобождая от излишней настройки и вычислений. Существующие за границей приборы не всегда решали эту задачу вследствие своей сложности, часто недостаточной точности и неуниверсальности.

В прошлом году у меня возникла мысль об использовании единого принципа для конструирования указанных приборов. Таким принципом послужила возможность применения разрабатанных мною четырехполюсников, обладающих способностью интегрировать электрические импульсы. Путем включения таких четырехполюсников удалось непосредственно по шкале прибора замерять площади электрических импульсов тока или напряжения, а также наблюдать изменения этих площадей во времени.

Размеры этих площадей при определенных условиях связаны с одним из искомым параметров цепи. Для поддержания этих условий разработаны некоторые простые, но надежные устройства. Одним из них является так называемый формирователь плоского импульса, обладающий способностью образовывать П-образный импульс из импульса почти любой формы, причем площадь последнего мало отличается от площади исходного импульса.

В настоящее время мне удалось получить и практически исследовать ряд схем измерительной аппаратуры для определения частоты, емкости, коэффициента затухания, самоиндукции и ряда других параметров единым методом с непосредственным отсчетом по шкале.

При разработке метода интегрирования электрических импульсов оказалось, что применение его в ряде других областей радиотехники также может дать большой эффект.

Предложенные интегрирующие четырехполюсники уже нашли себе применение в технической механике для определения механических параметров машин (скорости и пути) по данным импульсов ускорения, которые получают путем использования специальных пьезоэлектрических преобразователей¹.

Уместно будет вспомнить замечательные слова гениального Максвелла: "При обучении большая часть утомления часто возникает не от умственных усилий, с помощью которых мы овладеваем предметом, но от тех, которые мы тратим, собирая наши блуждающие мысли... Поэтому — то человек, вкладывающий в работу всю свою душу, всегда успевает больше, нежели человек, интересы которого не связаны непосредственно с его занятием".

Научные руководители студенческих исследовательских работ отмечали, что студент А.Шейн шел по правильному пути, благодаря чему стал квалифицированным инженером.

В личном архиве Аркадия Сергеевича сохранился официальный отзыв о научно-исследовательской работе, выполненной им на пятом курсе, — "Диэлектрические коэффициенты сложных диэлектриков и механических смесей". Впоследствии им и под его руководством эти работы были продолжены. Заведующий кафедрой электроматериаловедения МЭИС профессор Г.Л. Эпштейн писал: "Рассматриваемая работа выходит за пределы обычной студенческой работы, представляя определенный интерес с точки зрения научно-исследовательского подхода к вопросу о сложном диэлектрике. В работе наблюдаются элементы новизны в части выводов и ряда моментов

¹ "За кадры связи", 1940, № 13.

методического характера. Работа интересна по выдвигаемым ею положениям и рассмотрению условий, определяющих эквивалентную последовательную схему замещения, расчет и экспериментальную проверку оптимального соотношения компонент составного диэлектрика (механической смеси) и др. Работа дает непосредственные практические выводы, которые возможно использовать при разрешении ряда вопросов также и в других областях техники. В означенной работе тов. Шеин проявил себя достаточно квалифицированным, настойчивым и самостоятельным научным работником, разрабатывая один из основных вопросов в технике изолирующих материалов — вопрос о связи качества готового продукта с данными его компонент. Работа может быть рассмотрена как одна из серьезных работ по затронутому вопросу". После официальной подписи и печати профессор Г.Л.Эпштейн сделал собственноручную приписку внизу листа: "Тов. Шеин! В дальнейшей Вашей работе я дружески рекомендую Вам сосредоточить Вашу научную мысль на одном определенном направлении и не разбрасываться. Так эффективность Вашей работы будет много целесообразнее и лучше. 10.1.39 г. Г. Эпштейн".

Но Аркадий Сергеевич не внял мудрому совету ученого наставника ни тогда, ни позже. Ему всегда хотелось объять необъятное.

Следует отметить, что Московский электротехнический институт связи готовил инженеров широкого профиля. Это обстоятельство способствовало тому, что выпускники могли выбрать себе работу соответственно своим индивидуальным склонностям.

Еще до окончания института, в период выполнения дипломного проекта, Аркадий однажды обратился за консультацией по вопросам пьезокристаллов к известному кристаллографу профессору Н.Н.Шефталю в ЦНИЛ Треста № 13. Но Николай Наумович ответил, что сам он занимается только выращиванием монокристаллов, а на заданный вопрос смог бы ответить другой сотрудник, которого пока здесь еще нет, но который будет заниматься специально вопросами кристаллофизики. Тогда Аркадий попросил, если можно, разъяснить другой вопрос. И на этот раз ответ последовал в том же духе. Но когда он задал третий вопрос, относящийся опять же к кристаллофизике и еще не изученный, Николай Наумович решительно предложил ему: "Так, может быть, Вы поступите к нам на работу и займетесь исследованиями, связанными с практическим использованием пьезоэлектрических кристаллов?"

Предложение было неожиданным и ошеломляющим. Разумеется, Аркадий принял его с большой радостью, а дома рассказывал: "Ты только представь себе — все было как в сказке:

задал один вопрос, второй вопрос, а на третий получил такое предложение! Даже не верится!" Он чувствовал себя очень счастливым: получить возможность заниматься любимым делом — научными исследованиями — и к тому же иметь твердый заработок — что может быть лучше?!

На этом закончился период студенческой жизни и начала научного творчества в Московском электротехническом институте связи, где, по признанию педагогов, А.С.Шейн был отмечен уже как выдающийся инженер. Дальнейшей своей инженерной и научной деятельностью он полностью оправдал высокую оценку, высказанную его учителями.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Радиоизмерения в работах А.С. Шейна



В ходе разработки катодного осциллографа с инерционным экраном А.С.Шейн проанализировал методы использования фосфоресцирующих экранов для целей визуального наблюдения записей и фотографирования процессов, происходящих в электрических цепях. Для проведения экспериментальных исследований по возбуждению светосоставов электронным потоком он изготовил катодную—лучевую трубку с фосфоресцирующим экраном из сернистого цинка. Фокусировка производилась при наполнении колбы аргоном для разных напряжений на аноде. Несмотря на то что подобные эксперименты ранее уже проводились, к моменту постановки опытов А.С.Шейным не было еще в литературе никаких практических или теоретических указаний на выбор величины анодного напряжения для получения длительного послесвечения.

Основной задачей при испытании катодной трубки с инерционным экраном было выяснение возможности практического использования ее для визуальных наблюдений. Поэтому все наблюдения проводились субъективно. Но все же и эти результаты могли быть существенно полезны, так как в литературе подобных данных для фосфоресцирующих составов не было.

В результате исследования возбуждения фосфоресцирующих составов электронным и световым потоком последний был признан более эффективным и положен в основу оригинальной конструкции осциллографа с инерционным экраном, предложенной А.С.Шейным, который писал по этому поводу: "Принцип метода основан на возбуждении фосфоресцирующего экрана световым лучом, который отклоняется в двух взаимно перпендикулярных направлениях путем последовательного отражения от двух зеркал, укрепленных на подвижных системах гальванометров.

Новизна метода заключается в применении фосфоресцирующего экрана, на котором графики исследуемых зависимостей видны непосредственно в процессе эксперимента, а его результаты могут быть контактным путем отпечатаны на фотопластинке или бумаге.

Основным достоинством такого метода является возможность большого разнообразия визуальных измерений, получения се — мейства характеристик и чрезвычайно большая чувствительность без посредства предварительного усиления.

К числу возможных наблюдений, записей или фотографирований следует отнести снятие резонансных кривых, частотных характеристик, характеристик электронных приборов, амплитудных, вольт — амперных и многих других зависимостей в цепях токов высокой, низкой частоты или постоянного направления".

Дипломный проект А.С.Шейн завершил изготовлением этого осциллографа в лаборатории Треста № 13 НКАП, где начал работать инженером с сентября 1939 года, еще до окончания института. Первое применение его осциллограф получил для наблюдения частотных характеристик кварцевых пластин. Это позволило значительно упростить объективный контроль качества пьезокварцевых пластин.

В ЦНИЛ Треста № 13 Аркадий Сергеевич пришел, имея уже не только высокий творческий потенциал, но и фактически накопленный научный задел, в частности по проблеме совершенствования техники радиоизмерений. Поэтому, не ослабляя набранного темпа, он смог в течение первого года работы в ЦНИЛ не только закончить конструирование осциллографа с инерционным экраном и защитить дипломный проект, но и разработать электронную схему и сконструировать широкополосный частотомер с прямым отсчетом по шкале. В ЦНИЛ были опытные механики, которые помогли ему быстро и качественно изготовить этот сложный прибор. О практических возможностях примененного метода А.С.Шейн писал:

"Используя метод интегрирования электрических импульсов, оказывается возможным расширить диапазон измеряемых частот до нескольких мегагерц, повысить точность подсчета сравнительно с существующими частотомерами, уменьшить влияние параметров ламп на градуировку, сделать частотомер с прямым отсчетом также для измерения частоты прерывистых колебаний, безынерционно регистрировать изменения частоты независимо от изменения амплитуды колебаний...

Интегрирующие устройства могут служить средством для целого ряда других радиотехнических измерений. Например, для измерения декремента затухания колебательных контуров, пьезоэлектрических пластинок кварца и сегнетовой соли, измерения емкостей и ряда других параметров.

Кроме того, электрические интегрирующие устройства значительно упрощают экспериментальные исследования, которые предусматривают математическую обработку исследуемой закономерности путем однократного или многократного интегрирования. Таковы исследования движений в технической

механике и других областях, где обработка кривых ускорения сводится обычно к интегрированию (определение скорости и пути)... Частотомер предназначен для измерения частот в пределах $50 \div 10^5$ Гц при напряжениях на входе от $0,01 \text{ В}^{\text{н}1}$.

Разработанные А.С.Шеиным и изготовленные в ЦНИЛ Треста № 13 радиоизмерительные приборы (катодный осциллограф с инерционным экраном и широкополосный частотомер с прямым отсчетом по шкале) в 1940 году демонстрировались на выставке радиоизмерительной аппаратуры в Нижнем Новгороде, где вызвали живой интерес участников выставки и получили высокую оценку. Об этом теперь, спустя более полувека, рассказал П.Г.Поздняков, помогавший в то время Шеину в изготовлении этих приборов и принимавший участие в новгородской выставке. В том же году решением техсовета НКЭП и конференции по радиоизмерениям разработанные А.С.Шеиным приборы — осциллограф и частотомер — были рекомендованы для внедрения на заводах электропромышленности.

Просматривая теперь научный отчет А.С.Шеина о разработке частотомера, оценивая глубину исследований, объем экспериментального материала, теоретическую и практическую значимость и имея итогом всего этого реально действующий измерительный прибор, относящийся к новой технике научного эксперимента, можно с уверенностью сказать, что проделанная им работа при использовании принципиально нового метода — интегрирования электрических импульсов — вполне могла быть основой для кандидатской диссертации. Работа эта настолько значительна, что и сегодня не потеряла своей актуальности. Напротив, применение интегрирования электрических импульсов находит все более широкое приложение в самых, казалось бы, неожиданных областях — например, в рыбопоисковой технике для количественной оценки рыбных скоплений. Но в то время Аркадий Сергеевич и не помышлял о защите кандидатской диссертации. Все свои мысли и энергию он направлял на новое для него дело — проблемы прикладной кристаллофизики, чему и посвятил всю оставшуюся жизнь. Об этом стоит рассказать по порядку.

¹ Шеин А.С. Частотомер с прямым отсчетом по шкале. — М., 1940.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Основоположник отечественной пьезоэлектронной промышленности



Первая в стране лаборатория прикладной кристаллографии (ЦНИЛ) была создана в 1937 году по инициативе профессора, члена – корреспондента АН СССР А.В. Шубникова и размещалась в помещении лаборатории кристаллографии АН СССР, в доме № 35 по Старомонетному переулку. ЦНИЛ была в административном подчинении Треста № 13 – организации, занимавшейся разведкой и добычей минералов для оптической и электротехнической промышленности. Под научным руководством А.В. Шубникова в ЦНИЛ изучали и исследовали свойства оптических, пьезоэлектрических и других кристаллов, разрабатывали способы искусственного их выращивания, обработки и практического использования. Большое внимание уделялось исследованиям пьезоэлектрических кристаллов, особенно кварца и сегнетовой соли. К тому времени уже было хорошо освоено выращивание однородных кристаллов сегнетовой соли статическим методом, разработанным Н.Н.Шефталем, и метод можно было использовать в производстве.

В исследования по кварцу и кварцевым резонаторам весной 1939 года включился молодой инженер П.Г.Поздняков. Но никаких работ в части практического использования кристаллов сегнетовой соли в ЦНИЛ тогда еще не начинали. Вскоре после Позднякова, в том же году, приступил к работе в ЦНИЛ его ровесник А.С. Шеин. Много лет спустя П.Г.Поздняков, доктор технических наук, вспоминая прежнюю совместную работу, говорил: "Энергия и способности Шеина, на которого возлагались работы по применению кристаллов сегнетовой соли, существенно ускорили решение вопроса об организации производства этих кристаллов. Он оказался талантливым инженером со склонностями к научной работе и изобретательству. Его способности, талант исследователя сочетались с огромным трудолюбием. Мог работать сутками, заражал своей энергией. С ним оставались люди, преданные делу. Быстро изучив свойства и особенности кристаллов и пьезоэлектрических преобразователей, Аркадий Сергеевич просто и оригинально решил задачи повышения чувствительности пьезоэлементов и защиты их от влаги и механических воздействий. Это позволило создать

образцы различных приборов — звукоснимателей, микрофонов, громкоговорителей, а также гидроакустических приборов для военной техники, превосходящих по чувствительности зарубежные аналоги. Эти приборы вызвали большой интерес у представителей научных и промышленных предприятий и неоднократно обсуждались в Наркомате электропромышленности, куда входил Трест № 13. Решение вопроса задерживалось из-за отсутствия помещений для размещения завода».

В своих воспоминаниях об А.С.Шейне Н.Н.Шефталъ рассказывает: "Я познакомился и работал с ним в самом начале его деятельности, в период, когда он быстро вырос из студента — дипломника в главного инженера первого в нашей стране завода синтетических монокристаллов. Но и в последующие годы мне довелось встречаться с ним, поскольку его контакты с Институтом кристаллографии, и особенно с А.В.Шубниковым никогда не прерывались...

Первая беседа с ним произвела большое впечатление. Он оказался именно тем человеком, который мог быстро продвинуть кристаллы в жизнь. Выразительные, определенные формулировки, понятые сразу и развитое отчетливо и уверенно представление больших перспектив нового дела, богатство идей и энергичное стремление их реализовать — таким он показался в этой встрече. Это впечатление себя полностью оправдало. Основной чертой Аркадия Сергеевича была жажда творчества, буквально сжигающее его стремление к скорейшей проверке и реализации своих идей. А идей у него рождалось множество, интересных и реальных, и работал он для их осуществления как одержимый.

Лучше всего его, пожалуй, характеризуют некоторые выдержки из того, что он сам писал о себе через полгода после прихода в лабораторию: "Проявляя исключительный интерес к работе в области сегнетоэлектриков и считая, что реальные средства защиты их (от растворяющей влаги — *Н.Ш.*) не могут быть найдены без конкретных мероприятий по внедрению пьезоэлементов из сегнетовой соли в промышленность и технику, я положил много сил для выявления и обоснования устройств, в которых указанные пьезокристаллы играют важную роль... Отмечаю, что основная работа по обеспечению необходимых электрических свойств пьезоэлементов лежит на мне, как и все исследования, связанные с этим вопросом"¹.

В статье "Выдающееся открытие", опубликованной в "Известиях" 30 апреля 1941 года, А.В.Шубников писал после характеристики американских работ по изготовлению и про-

¹ Шефталъ Н.Н. Воспоминания об А.С.Шейне. Рост кристаллов. — М.: Наука, 1974. — Т. 8. — С. 226—228.

мышленному использованию пьезоэлектрических кристаллов для изготовления различных пьезоакустических приборов: "Создать пьезокристалл, из которого можно изготовить советский пьезоэлемент, — такую задачу поставила перед собой лаборатория кристаллографии Академии наук СССР". Указав, что эта задача была ею успешно решена, Алексей Васильевич пишет: " В лаборатории одного из трестов Наркомата электропромышленности СССР, работающего над этой проблемой совместно с лабораторией кристаллографии, из полученных кристаллов был создан советский пьезоэлектрический элемент. Главная заслуга в этой области принадлежит научному сотруднику лаборатории, инженеру А.С. Шеину. Он предложил новый метод изготовления советских пьезоэлементов из больших кристаллов сегнетовой соли. Изготовлен ряд пробных отечественных приборов, успешно выдержавших испытания. Советский пьезоэлектрический телефон, сделанный т. Шеиным, отличается необычайной чувствительностью и чистотой звука. Изготовлены также превосходные образцы советских пьезоэлектрических адаптеров, микрофонов и т.д. Созданы возможности широкого использования пьезоэлементов в советской радиотехнике, электропромышленности, электроакустике, радиовещании, оборонной промышленности, контрольно — измерительной технике.

Количество изготовленных инженером Шеиным пьезоэлементов различного назначения намного превзошло число образцов, указанных в каталогах зарубежных фирм".

Когда А.В. Шубниковым писались эти строки, полным ходом шла работа по организации первого завода по выращиванию монокристаллов для производства пьезоэлементов А.С.Шеина.

Далее в той же статье Н.Н. Шефталъ пишет: "А.С.Шеин был любимым учеником А.В.Шубникова, который видел в нем блестящего ученого инженерного склада, пролагающего монокристаллам дорогу в технику. За А.С. Шеиным навсегда останется почетная роль пионера в техническом применении синтетических монокристаллов в Советском Союзе, роль, в которой он выступил в ответственный период Великой Отечественной войны".

Но прежде чем начать рассказ о заводе, нужно сказать несколько слов о том, как он зарождался и что способствовало быстрой организации завода. Как могло случиться, что не — давний студент, защитивший дипломный проект лишь в 1940 году, уже в 1941 — м стал директором и главным инженером вновь созданного государственного опытного завода?

Аркадий Сергеевич нередко в разговоре употреблял выражение "вынашивать идею". Он действительно вынашивал идею до тех пор, пока не найдет решения. Так было и в тот период, когда он был поглощен разработкой технологического процесса

изготовления высокочувствительных пьезоэлементов. Говоря общими словами, он шел в ритме времени, в ритме быстрого и всестороннего развития страны. Если же сказать определеннее, он искал надежное решение поставленной перед ним очередной задачи. А задача была такова. Еще до войны, в 1939 году, ЦНИЛ получила от Военно-Морского Флота спецзаказ — воссоздать пьезоэлектрический преобразователь из кристалла сегнетовой соли по типу пьезопакета от шумопеленгатора с немецкой подводной лодки, и чтобы он имел чувствительность не хуже, чем образец. Как рассказывал П.Г.Поздняков, предварительно военные моряки с подобным заданием обращались в Ленинграде в Институт радиоприема и акустики (ИРПА), где тоже проводились работы с кристаллами сегнетовой соли. Однако создать пьезопакет, подобный немецкому и с той же чувствительностью, там не удалось.

Итак, Аркадий начал изучать немецкий образец пьезопакета от шумопеленгатора. Геометрические размеры были видны, распознать кристаллографические срезы пластин тоже не представляло особого труда, но как нанесена металлизация рабочих поверхностей пьезопластин и чем они склеены, было непонятно. И вот началась кропотливая работа днем в лаборатории, вечером — дома, где комнатка была маленькая, зато старинный письменный дубовый стол огромен. И хотя на нем, прижавшись к стене плотным рядом, выстроились научные книги, места на широком столе оставалось еще предостаточно. И вот на чисто протертом стекле Аркадий раскладывает сначала кристаллические пластинки. Затем каждую из них аккуратно шлифует на тонкой влажной салфетке и при этом протравливает поверхность водой до появления так называемых фигур травления, возникающих вследствие различной скорости растворения в некоторых направлениях кристалла. Затем он насухо протирает пластинки и укладывает их на другом стекле — одну к другой. Двумя пальцами каждой руки он осторожно берет за уголки тончайший (толщиной 1–2 микрона) лист сусального серебра и накрывает им все разложенные на стекле пластинки. Поверх серебра накладывает листок папиросной бумаги. Затем поверхность бумаги смачивает химически чистым ацетоном. Далее легкими движениями, чтобы не раздавить пластинки, ваткой притирает лежащее под бумагой сусальное серебро к поверхности кристаллических пластин. Ацетон проникает сквозь бумагу и множество мельчайших отверстий в металлическом листке на травленую поверхность кристаллических пластинок. В процессе испарения ацетона сусальный листок приближался к поверхности пластинки на расстояние, с которого уже начинали действовать молекулярные силы сцепления. Серебро прочно оседало на пластинках, копируя все фигуры травления. Двойное

покрытие этим способом позволяло увеличить активную площадь металлизации за счет уменьшения числа непокрытых микро-скопических точек. Отделить серебро от кристалла уже невозможно. Оно как бы вросло без посредства какого-либо клея, и поэтому снятие электрического заряда с пьезоэлемента будет стопроцентным. Длинные пальцы осторожно снимают со стекла каждую пластинку, и диву даешься — как только в этих крупных мужских руках не ломаются хрупкие, тонкие, прозрачные, как льдинки, кристаллические пластинки. Вот они уже металлизированы, и остается только с торцов снять слегка прилипшее серебро. Но уж это проще простого: мягко держа пластинку пальцами за металлизированные поверхности, торцом ее скользнуть по влажной ткани и повторить это для каждой стороны. Тогда лишь можно отложить пластинку в сторону. Потом из таких пластинок будут собирать разнообразные пьезоэлементы и пьезопакеты. "Скоро нам потребуется несколько десятков манькиурш", — говорит Аркадий. Понимая актуальность и перспективность своей технологии, он пояснил, что для производства пьезоэлементов в заводском масштабе нужно много нежных женских рук, привыкших к деликатному обращению с предметом своего труда.

Наконец пришло время, когда весной 1941 года пьезопакет из кристаллов сегнетовой соли был полностью собран и испытан. В результате разработанного А.С.Шейным способа металлизации с предварительным протравливанием кристаллических пластинок их удельная емкость возросла на 50 процентов по сравнению с немецкими образцами. При этом КПД оказался в два раза выше, чем у доставленного в лабораторию немецкого аналога и в 18 раз выше, чем у советских пьезоприборов, имеющих важнейшее значение в технике подводного звукоулавливания. Излишне пояснять — насколько это было важно в данном случае.

Разработанная А.С.Шейным технология изготовления высокочувствительных пьезоэлементов была внедрена в ЦНИЛ, где уже с 1941 года стали изготавливать для Военно-Морского Флота гидрофонные пьезопакеты (пьезобатареи ПБ-20), предназначенные для шумопеленгаторов "Марс", которыми во время Великой Отечественной войны были оснащены подводные лодки. Это было особенно важно в связи с тем, что в начале войны наш Военно-Морской Флот не имел еще гидролокаторов. В начале июня 1941 года в ЦНИЛ для ознакомления с ее разработками пришел из вышестоящей организации молодой, лет около тридцати, деловой и серьезный специалист. Он с большим вниманием выслушал сообщение А.С.Шейна и сказал: "Я сегодня же доложу руководству о ваших успехах". Это был Александр Александрович Турчанин — заведующий отделом электропромышленности ЦК ВКП(б). Через несколько дней

Аркадия Сергеевича пригласили для доклада в ЦК, а затем началась подготовка мероприятий по созданию в системе электропромышленности опытного завода по производству пьезоэлектрических приборов.

Технология изготовления высококачественных пьезоэлементов из кристаллов сегнетовой соли, разработанная А.С.Шейным, была закреплена авторским свидетельством¹ как крупное изобретение и послужила научной базой для создания первого в Советском Союзе завода пьезокристаллических приборов. Аркадий Сергеевич видел широкие перспективы применения сегнетоэлектриков в самых различных отраслях народного хозяйства, науки и техники — в радиофикации, радиовещании, связи, Военно-Морском Флоте, МПВО, авиации, аварийно-спасательных водолазных и гидрографических работах, кинематографии, медицине, пьезометрии, дефектоскопии, технике лабораторного эксперимента.

В июле 1941 года А.С.Шейн был назначен главным инженером Центральной научно-исследовательской лаборатории Треста № 13.

Решение о создании завода задержалось из-за отсутствия помещений для размещения производства, но нагрянувшая война ускорила дело. В июле 1941 года по указанию ЦК ВКП(б) были переданы недостроенные помещения первого этажа жилых домов № 1 и 3 по Большой Полянке. Эти помещения были срочно оборудованы под производство кристаллов сегнетовой соли скоростным динамическим методом.

В суровые дни сентября 1941 года вышло постановление правительства о создании государственного союзного завода № 633 на базе ЦНИЛ для выпуска специальной акустической аппаратуры и новой техники для фронта. Заводу было передано трехэтажное здание в Пыжовском переулке, дом 7, где до эвакуации находился Геологический институт АН СССР. 16 октября 1941 года в Наркомате электропромышленности был подписан приказ о создании опытного завода № 633, директором которого был назначен П.Г. Поздняков, а главным инженером — А.С. Шейн. Не прошло и месяца, как вышло решение ГКО об эвакуации завода в тыл. В тревожные дни октября 1941 года коллектив завода продолжал напряженно работать, выполняя не только различные оборонные задания, но и помогая сооружать оборонительные линии в Москве, ухаживать в госпиталях за ранеными.

Несмотря на близость фронта и тревожность обстановки, в коллективе сохранялось спокойствие и уверенность в прочности

¹ Авторское свидетельство № 61882 от 31 марта 1941 г. (выдано Министерством электропромышленности в сентябре 1946 г.).

обороны Москвы. Желавших эвакуироваться среди работавших на заводе оказалось немного, высказывались за нецелесообразность эвакуации. Тем не менее решение ГКО об эвакуации завода нужно было выполнять. Тогда руководство завода выдвинуло компромиссное предложение — одну часть завода оставить в Москве, а другую — эвакуировать в Ташкент. Эвакуация состоялась 6 декабря 1941 года. Директором ташкентского завода № 437 был назначен А.Ф. Леонов, главным инженером — П.Г.Поздняков. Московский завод № 633 возглавил А.С.Шейн, назначенный директором и главным инженером одновременно.

Получение помещений было только началом дела, а завод надо было еще создавать. И вот на плечи молодого директора — главного инженера А.С. Шейна свалилось множество организационных дел в дополнение ко всему остальному. Надо было разместиться в трехэтажном здании в Пыжовском переулке и в двух больших помещениях на Большой Полянке в домах № 1 и 3. А это значило — определить технологическую структуру завода в целом и каждого его цеха в отдельности, определить комплексы оборудования для каждого цеха и пробить их поставку, добиться необходимого материально-технического снабжения, не имея предварительных плановых заявок. Для реализации всего этого — добиться соответствующих капиталовложений. И все это — в разгар войны. Что касается кадров для технологически совершенно нового производства, то их просто не было. Нужно было набрать более или менее подходящих людей и обучить их новым профессиям для производства пьезоэлектрических приборов.

Известно, что некоторые люди обладают прирожденными талантами. По-видимому, и талант организатора тоже может быть прирожденным. Аркадий Сергеевич не имел ранее в своей трудовой или общественной практике никакого опыта организационной работы, но в период проведения организационных и технических мероприятий по созданию завода и в ходе дальнейшего руководства им, будучи директором и главным инженером в одном лице, он действовал настолько энергично и успешно, что с полным основанием его можно было назвать талантливым организатором широкого размаха. На должности начальников цехов он подобрал людей из числа специалистов, работавших с ним в ЦНИЛ. Они и были его ближайшими помощниками в работе всего заводского механизма. Первыми задачами начальников цехов были подбор и обучение молодежи новому ремеслу и технологическим процессам по выращиванию кристаллов, распиловке их на блоки и пластинки, шлифовке и металлизации, сборке пьезоэлементов, монтажу пьезоприборов, контролю качества на всех этапах. Можно сказать, что производственно-техническое обучение здесь было совмещено с

опытным производством, причем и то и другое — в скоростном темпе соответственно требованиям военного времени.

Аркадий Сергеевич всегда сам был во всем очень аккуратен и требовал этого от всех на работе. Поэтому не только в лаборатории завода, но и во всех цехах соблюдались образцовая чистота и порядок. Периодически паркетные полы в цехе раб—отницы сами натирали мастикой, как дома для себя. А весной, когда распускалась сирень, букеты ее появлялись на длинных рабочих столах. Ее приносили молодые работницы, жившие в пригородах Москвы. Однажды произошел такой случай. Аркадий Сергеевич водил по цехам двух уже немолодых чиновников (иначе их не назовешь), приехавших из главка по долгу службы ознакомиться с заводом. Ходили они молча, слушая пояснения главного инженера завода с бесстрастным, даже угрюмым видом, а в конце визита в монтажно—сборочном цехе один из них спросил: "А на какие деньги куплены цветы?" Этот вопрос произвел на присутствующих тяжелое, неприятное впечатление. Неужели этот чиновник вообразил, что ради его персоны কিনулись закупать цветы? Ему пояснили, что сирень приносят работницы цеха сами для себя.

Надо сказать, что люди работали на заводе дружно, сплоченно и, казалось, с удовольствием. Аркадий Сергеевич весьма одобрительно относился к проводившимся начиная с 1942 года на заводе культурно—массовым мероприятиям. Рабочий коллектив состоял в основном из молодежи. Работать приходилось много, напряженно, и очень важно было создать хоро—ройший моральный климат, чтобы можно было производительно работать и культурно отдыхать. Впрочем, отдыхать удавалось изредка, но настроение у людей было бодрое. Не всегда дела заводские шли гладко, как хотелось бы, были и трудности роста, но их преодолевали как могли. Попутно с налаживанием про—изводственного процесса приводились поочередно в надлежащее состояние заводские помещения, рассредоточенные по трем соседствующим переулкам. И это влекло за собой затянувшееся "переселение народов" с места на место. На заводе проводилось соревнование не только за выполнение плана, но и за чистоту, порядок.

Для Аркадия Сергеевича завод стал родным домом в прямом смысле слова. В холодную зиму 1941/42 года многие дома в Москве были законсервированы (отключали воду, отопление, электричество и пр.), и оставшиеся жильцы временно переселялись. Так было и с домом, где жил Аркадий Сергеевич в коммунальной квартире, в комнате площадью двенадцать квадратных метров на двоих. Тогда он и перешел, можно сказать, на казарменное положение в заводское помещение, где в

маленьких комнатах уже жили два начальника цехов брата Митькины — Иван Дмитриевич и Василий Дмитриевич.

Наконец все стало на свои места. Завод заработал ритмично, преодолевая неизбежно возникавшие трудности. Так, однажды кончилась алюминиевая фольга, из которой штамповали мембраны для пьезотелефонов. Где взять? По обычным каналам снабжения ничего не выходило. Тогда Аркадий Сергеевич решил вопрос по-своему: снял телефонную трубку и позвонил наркому цветных металлов Ломако, пригласил его к себе на завод познакомиться с новой техникой. Наркомцветмет находился как раз напротив завода. Не в тот же день, но вскоре Аркадий Сергеевич все же "вытянул" к себе наркома, ознакомил его с заводскими разработками и высказал свою просьбу относительно алюминиевой фольги. Ведь фольга нужна была для пьезотелефонов, которые завод изготовлял для фронта. По распоряжению Ломако ровно через двое суток самолетом с Урала для завода была доставлена алюминиевая фольга, которой хватало заводу вплоть до конца войны.

В силу необходимости Аркадий Сергеевич действовал иногда в обход бюрократических барьеров, считая, что чем выше служебное положение человека, тем быстрее будет получен результат. К тому времени на заводе уже был обставлен и художественно оформлен демонстрационный зал. Аркадий Сергеевич умел и любил пропагандировать достижения науки и техники. Представленная в зале схема технологического процесса начиналась с красивой виноградной лозы, дальше шло виноделие, его отходы — винно-каменная кислота (исходное сырье для приготовления мелкокристаллической сегнетовой соли), затем — выращивание крупных монокристаллов. На стендах демонстрационного зала были представлены пьезокристаллические изделия различных назначений. Внушительно выглядел корпус неразорвавшейся немецкой фугасной бомбы замедленного действия с прилипшим к ней щупом пьезостетоскопа ПСШ-1. Сиял красной медью шлем водолазного скафандра, оснащенный пьезокристаллическим телефоном. Этот зал, случалось, не раз посещали и другие высокопоставленные лица, и кто-то однажды в шутку заметил: "Шейн собрал у себя малый Совнарком".

Да, широкий размах был в его стиле. И все же одному в двух лицах — двух должностях — работать было совсем не легко. В феврале 1942 года в помощь А.С.Шейну на должность заместителя директора завода был назначен М.Г.Чиликин, бывший ранее замдиректора по учебной части Московского энергетического института. Аркадий Сергеевич по-прежнему оставался директором и главным инженером, осуществляя административно-организационное и научно-техническое руковод-

ство предприятием. М.Г.Чиликин был его ровесником, но совершенно иного характера — человек уравновешенный, спокойно деловой. Оба были полны энтузиазма и работали с полным взаимопониманием. На первых порах они были неразлучны: то вместе ехали пробывать какие-то организационные вопросы, то опять вместе принимали участие в очередном эксперименте, где Аркадий Сергеевич вводил Михаила Григорьевича в курс своих дел. Таким путем он нашел себе надежного, понимающего помощника. Нагрузка между ними постепенно распределилась, Аркадию Сергеевичу стало полегче. Казалось, дела пошли планомернее, но вдруг случилось непредвиденное. Однажды октябрьским утром 1942 года М.Г.Чиликин явился на завод явно расстроенный и с небольшим чемоданчиком в руках, что называлось — "с вещами". Он сказал Аркадию Сергеевичу, что получил повестку, обязан явиться в военкомат по мобилизации на фронт. Добавил, как ему объяснили, что должность заместителя директора не является номенклатурной и бронированию не подлежит. Надо срочно что-то предпринять, решил Аркадий Сергеевич. Возникла дилемма: или лишиться своего верного помощника, или лишиться...

И он решил: лучше лишиться почетной административной должности директора, отдать ее Чиликину (тогда он будет иметь бронь), а за собой оставить должность главного инженера для развития и практической реализации полезных новаторских замыслов. Так он и сделал, сообщив о своем решении в вышестоящую организацию. В течение одного дня дело было улажено, был издан приказ о назначении М.Г. Чиликина на должность директора завода. За Аркадием Сергеевичем осталась должность главного инженера. По существу же они продолжали по-прежнему энергично работать в дружеском контакте до того самого дня, когда совершенно неожиданно для Аркадия Сергеевича получили приказ об освобождении М.Г. Чиликина от должности директора завода в связи с переходом на другую работу — директором МЭИ. Перевод был подготовлен, разумеется, с согласия самого Михаила Григорьевича. И хотя Аркадий Сергеевич всячески уговаривал его остаться на заводе, он был непреклонен. Во-первых, ему, безусловно, интересно было вернуться к научной и педагогической работе в институте. А во-вторых, как он много позже признался Аркадию Сергеевичу, кто-то сказал ему: "Советуем вам уйти с завода, если не хотите разделить судьбу Шеина". Тайна о готовившихся тогда переменах в судьбе А.С.Шейна, осталась неизвестной, хотя сам он чувствовал временами какое-то назревающее противодействие. Но факт остался фактом — М.Г.Чиликин с завода ушел. По характеру он был человек миролюбивый, интеллигентный, и

заниматься разборкой каких-то назревавших порой конфликтных ситуаций ему было не по душе.

К большому сожалению Аркадия Сергеевича, совместная работа с М.Г.Чиликиным длилась всего лишь полтора года. Затем последовали новые назначения, и за шесть лет трижды сменяли директоров завода № 633, но ни с одним из них у Аркадия Сергеевича не было столь доверительных отношений и взаимопонимания, как с М.Г.Чиликиным.

С момента организации и в последующие годы завод № 633 бесперебойно поставлял пьезобатареи ПБ-20 для подводных шумопеленгаторов большими сериями. В заметке, полученной с Северного флота и помещенной в газете "Красная звезда", было отмечено, что благодаря высокой чувствительности пьезобатарей ПБ-20 акустик нашей подводной лодки слышит вражескую немецкую намного раньше, чем там услышат нашу. Это позволяло нашей подводной лодке атаковать противника прежде, чем он обнаружит опасность.

П.Г.Поздняков, вспоминая о совместной работе с А.С.Шейным, рассказывал: "Первое оперативное задание ЦНИЛ получила в июле 1941 года в связи с необходимостью создания прибора для обнаружения авиабомб замедленного действия, у которых взрыв происходит при действии заключенного в них часового механизма. Такие бомбы сбрасывались с вражеских самолетов на Москву, а приборов для эффективного обнаружения их не было. С группой сотрудников за считанные дни Шейн изготовил опытный образец стетоскопа с пьезоэлектрическим щупом. Испытания стетоскопа прошли успешно, показав его высокую чувствительность. Он позволял обнаруживать работу часовых механизмов в земле на глубине до десяти метров. Аркадий Сергеевич продемонстрировал работу стетоскопа в присутствии маршала Г.К.Жукова в ЦК ВКП(б). После этого стетоскоп был принят на вооружение под названием ПСШ-1, и на заводе № 633 без промедления в 1942 году началось его серийное производство и продолжалось до 1945 года". Воениздат выпустил "Инструкцию по обезвреживанию и уничтожению неразорвавшихся немецких авиационных бомб", где читаем: "Пьезоэлектрический стетоскоп (ПСШ-1) состоит из щупа, усилителя и телефона. Весь прибор помещается в ящике типа полевого телефонного аппарата. Щуп представляет собой эбонитовую или целлулоидную трубку, внутри которой помещается обработанная особым способом пластинка, вырезанная из кристалла сегнетовой соли (пьезоэлемент). При помощи шнура щуп соединяется с усилителем, в принципе не отличающимся от усилителя радиоприемника. Телефон в отличие от обычного построен на основе пьезоэлементов.

Для того чтобы при прослушивании закрепить щуп на корпусе бомбы, имеется специальный магнит, снабженный зажимом. Щуп вставляется в зажим магнита, удерживается на бомбе силой притяжения. Принцип работы прибора заключается в улавливании и превращении звуковых колебаний в электрические с помощью щупа, усиления и обратном превращении усиленных колебаний в звуковые с помощью телефона. Пьезоэлектрический стетоскоп позволяет прослушивать ход часового механизма взрывателя на расстоянии через любую точку корпуса бомбы".

С помощью стетоскопов ПСШ-1 были обезврежены бомбы, сброшенные на Москву, в частности в центре города на улице Горького, в Зарядье и других местах.

Самым массовым изделием завода № 633 за период с 1941 по 1947 год был пьезотелефонный капсюль ПК-1. Его главной составной частью был унифицированный биморфный пьезоэлемент Т-21. Целлулоидная оболочка обеспечивала пьезоэлементу не только защиту от воздействия влаги, но и достаточную механическую прочность. В декабре 1941 года завод выпустил первые сотни ПК-1 для московского фронта, где их успешно использовали в полевых телефонных аппаратах. Пока еще не было пресс-форм для изготовления пластмассовой арматуры, и пьезоэлементы Т-21 монтировали в штампованных целлулоидных корпусах. Позже пьезокапсюли стали монтировать в пластмассовых корпусах и комплектовали ими все виды аппаратуры, разработанной на заводе № 633 под непосредственным руководством А.С. Шеина и выпускавшейся серийно:

пьезоэлектрический стетоскоп ПСШ-1;

переговорное устройство для связи акустика с командиром подводной лодки и контроля работы акустика ПУ-2;

самолетное безбатарейное переговорное устройство на два абонента;

переговорное устройство водолаза с ботом ПУ-2;

водолазная телефонная станция "Нева";

безбатарейные телефоны для связи на железнодорожном транспорте;

безбатарейные телефоны для связи в освобожденных от временной оккупации районах (обеспечивали дальность действия 30-50 км по воздушным линиям и 10-15 км по кабельным).

Замена электромагнитных телефонных капсюлей высокочувствительными пьезоэлектрическими позволила реализовать новые схемы переговорных устройств различных назначений и обойтись без цветных металлов (обмоточных проводов), представлявших в военное время большой дефицит.

Другим видом массовой продукции завода начиная с 1942 года, а затем и его филиала в Ташкенте - завода № 437 были

мозаичные пьезовибраторы ШЧ-1 для трансляционных репродукторов. Потребность и в них была очень велика, так как основным источником информации во время войны были сети проволочного вещания, передававшие сообщения Совинформбюро. Необходимо было обеспечить громкоговорящими миллионы эвакуированного населения, а затем — население освобожденных от оккупантов территорий. Промышленность не могла обеспечить производство обычных электромагнитных громкоговорителей, для которых требовались в большом количестве и магнитные материалы, и тонкий изолированный провод. В связи с этим было принято предложение А.С.Шейна выпускать простые по устройству пьезоэлектрические громкоговорители, для которых не требовались ни магнитные материалы, ни тонкий изолированный провод. Их заменил биморфный мозаичный пьезоэлемент ШЧ простейшей конструкции. На стальную тонкую, гибкую пластинку с двух сторон наклеивали пьезоэлементы из кристаллов сегнетовой соли. Электрически их соединяли в параллель и мягким проводом отводили выходные концы. Изготовленный таким образом пьезовибратор ШЧ четырехкратно окунали в нитролак, который после просушки обеспечивал гидроизоляцию кристалла, или запрессовывали в целлулоид, что обеспечивало большую механическую прочность. В таком виде сдавали готовую продукцию. А потом пьезоэлементы ШЧ приклеивали враспор к бумажному диффузору, и громкоговоритель был готов.

За разработку аппаратуры новой техники для фронта и освоение ее в производстве 1 февраля 1944 года А.С.Шейн был награжден орденом Красной Звезды.

Большую группу работников завода № 633 наградили медалями "За оборону Москвы" в 1944 году, "За доблестный труд в Великой Отечественной войне" в 1946 — м и "В память 800 — летия Москвы" в 1948 — м.

Завод № 633 в отличие от большинства серийных заводов имел относительно большой отдел новых разработок, которым руководил А.С.Шейн в период с января 1945 по август 1946 года как заместитель директора по новым разработкам. Этим назначением А.С.Шейн значительно разгрузился от административной работы и мог всецело посвятить себя научным исследованиям и созданию новых приборов. С августа 1945 по январь 1949 года Аркадий Сергеевич был начальником специализированной и главным конструктором разработок завода №633, перешедшего в то время в ведение Министерства промышленности средств связи. В послевоенные годы А.С. Шейным было разработано много новых оригинальных приборов, из которых можно назвать пьезоэлектрический вибропреобразователь (выпрямитель переменного тока), пьезоэлектрический генератор тока, безба —

тарейный телефонный аппарат с пьезоэлектрическим вызывным устройством, приборы связи для аварийно — спасательной службы и много других, в том числе приборы оборонного значения.

Одним из приборов, созданных А.С.Шейным в 1947 году, был механический вибрационный выпрямитель с пьезоэлементами. У него отсутствуют недостатки свойственные известным вибрационным выпрямителям, которые вследствие присущего им искрообразования создают электрические помехи линиям и аппаратам связи. В этом выпрямителе вибратором для замыкания и размыкания контактов, включающих и выключающих ток одного направления в моменты времени, когда значение силы тока становится равным нулю, является пьезоэлемент из кристалла сегнетовой соли или фосфата аммония.

А.С.Шейн пояснил принцип действия пьезовыпрямителя следующей схемой: "Пьезоэлемент (3) подключен к входным зажимам (1, 2), вследствие чего он колеблется под действием переменного напряжения и посредством толкателя (4) оказывает переменное давление на пружину (5), на конце которой укреплен контакт (6). Другая пружина (7) с помощью винта (9) устанавливается в такое положение, при котором момент соприкосновения контактов (6, 8) совпадает с нулевым значением тока в цепи нагрузки. Такое условие взаимодействия контактов особенно необходимо в момент включения, когда для предотвращения искрения разность потенциалов между контактами должна быть близка к нулю. При включении в техническую сеть переменного тока пьезоэлектрический вибратор колеблется с достаточной амплитудой при частоте, далекой от собственного резонанса, вследствие чего изменение частоты сети не отражается на амплитуде вибратора. Кроме того, высокая собственная частота вибратора позволяет выпрямить токи в диапазоне частот от единицы до нескольких тысяч периодов. Необходимость выпрямления токов в этом спектре частот встречается в специальных аппаратах и схемах...

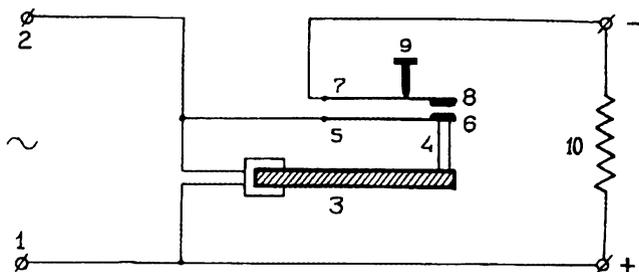


Рис. 2. Схема вибрационного выпрямителя А.С.Шейна

Ввиду отсутствия искрения и возможности выпрямлять большие токи при малых габаритах вибрационные выпрямители на пьезоэлементах могут найти применение для зарядки аккумуляторов, гальванических работ, питания аппаратов проводной связи, радиосвязи и в других областях техники"¹.

С пьезоэлементами из кристаллов сегнетовой соли были изготовлены однополупериодные выпрямители на 60–120 В выпрямленного тока при силе тока до 2 А и на 6 В выпрямленного тока при силе тока до 20 А.

Сопоставляя сегнетовую соль и фосфат аммония, А.С.Шейн далее пишет: "Величина, характеризующая электромеханические свойства пьезоэлектрика, для кристаллов фосфата аммония значительно меньше, чем для кристаллов сегнетовой соли. Следовательно, действующая на конце пьезоэлемента из кристалла фосфата аммония сила будет (при равных габаритах) меньше, чем у пьезоэлемента из кристалла сегнетовой соли... Опытные образцы двухслойных и четырехслойных выпрямителей с пьезоэлементами из кристаллов фосфата аммония оказались пригодными для выпрямления токов в 100–150 мА при напряжении 100–200 В. Благодаря высокой теплостойкости пьезоэлектрика такие выпрямители могут найти применение в специальной измерительной аппаратуре, лабораторных работах, в системах выпрямителей для различных реле и, наконец, как теплостойкое реле высокого напряжения...

Пользуясь четырехслойными пьезоэлементами большой площади, удалось создать однополупериодный выпрямитель на 110 В и 7 А выпрямленного тока...

Все рассмотренные пьезоэлектрические выпрямители могут быть использованы также в виде реле с высоким входным сопротивлением".

В личном архиве А.С.Шейна сохранилось официальное письмо за подписью начальника сектора изобретений технического отдела Министерства связи от 12 ноября 1948 года, адресованное Техническому управлению МПС: "Предложение "Механический вибрационный выпрямитель", автор тов. Шейн А.С., на конкурсе 1947 г. Министерства связи получило IV премии в сумме 1000 рублей".

В порядке проведения небольшой аналогии уместно будет напомнить слова С.И.Вавилова, относящиеся к Роберту Вуду: "Гений Вуда состоит в умении ставить необыкновенные задачи и

¹ Шейн А.С. Механические вибрационные выпрямители с пьезоэлементами (внеплановая разработка). – М., 1947.

находить в них совершенно не исхоженные, а вместе с тем поразительно "простые" пути"¹.

Для Аркадия Сергеевича Роберт Вуд был непревзойденным идеалом физика—экспериментатора, достойным всяческого подражания. Вольно или невольно, но и сам Аркадий Сергеевич тоже нередко ставил оригинальные задачи и находил для них, казалось бы, неожиданно простые конструктивные решения. Такими были, в частности, пьезовыпрямитель, а затем и пьезо—генератор.

По поводу пьезоэлектрического генератора тока (авторское свидетельство № 72696, 08.08.47, выданное на него Шейну 19 ноября 1948 года) А.С.Шейн писал: "Предпосылками к созданию безбатарейного генератора тока звуковой частоты послужили два обстоятельства: во—первых, результаты наших исследований свободных колебаний пьезоэлементов различных типов, во—вторых, задача создания вызывных фонических сигналов в телефонных безбатарейных аппаратах. Решение этой задачи определяло перспективу использования простейших пьезоэлектрических безбатарейных аппаратов, работы над которыми, начатые нами в 1940 году, не прекратились. Экспериментальные работы 1946—1947 гг. привели нас к созданию малогабаритного безбатарейного пьезоэлектрического генератора тока звуковой частоты, развивающего в нагрузке мощность 100—200 мВт и ЭДС на холостом ходу до 150—200 В при общем весе 170 г с арматурой. Такие параметры позволили использовать его в различных схемах безбатарейных аппаратов для подачи фонического сигнала абоненту и светового сигнала неоновой лампы — на коммутатор.

Возможность стабилизации напряжения на зажимах генератора в интервале температур от — 40° до + 40°С с помощью неоновой лампы послужила причиной создания в 1948 г. макета омметра, измеряющего сопротивление от 10 Ом до 10 МОм.

Пьезоэлектрический генератор тока, разработанный в 1948 году, развивает мощность, достаточную для воздействия на купроксное реле для зажигания лампы накаливания (О, Об А, 2 В) и может быть использован в различных автоматических и телемеханических устройствах. Весьма эффективное применение такой генератор может найти в измерительной технике, например в качестве источника тока в мостовых схемах, работающих на звуковых частотах (800—1000 Гц). Экспериментально подтверждено, что замена кристаллических пластин сегнетовой соли на другие пьезоэлектрики (фосфат аммония, фосфат калия, кварц) изменяет ЭДС генератора пропорционально отно—

¹ Сибрук В. Роберт Вуд. — М.: Государственное издательство физико—математической литературы, 1960.

шению пьезоэлектрического модуля к диэлектрическому коэффициенту.

Пьезоэлектрический генератор тока основан на принципе возбуждения пьезоэлемента механическими импульсами. Ввиду хрупкости пьезоэлементов (особенно наиболее чувствительных из них — сегнетоэлектрических) продолжительное возбуждение электрических импульсов непосредственно ударом о кристаллические пластины не может быть использовано на практике. Всякий непосредственный удар по пьезоэлементу связан с возникновением больших сил инерции и мгновенных внутренних напряжений в пьезоэлектрике. Непосредственные удары по кристаллическим пластинам не могут быть использованы также и потому, что в небольшой отрезок времени, пока ударяющая деталь находится в соприкосновении с кристаллическими пластинами, пьезоэлемент не может эффективно совершать свободные колебания на частоте собственного резонанса и испытывает значительное затухание. В предлагаемом генераторе тока возбуждение пьезоэлемента не связано с использованием удара о кристаллические пластины, и время колебания пьезоэлемента на частоте собственного резонанса не зависит от времени соприкосновения соударяющихся деталей.

Как видно из рисунка, генератор тока состоит из пьезоэлемента, смонтированного на металлической упругой пластине (1), и шестерни (2) или зубчатой рейки, возбуждающей колебания пьезоэлемента путем зацепления зубцов за свободный (выступающий) конец металлической пластины. Часть ее с кристаллическим покрытием герметически защищена оболочкой (3) из пластмассы, целлулоида или тонкого металла. Крепление пьезоэлемента осуществляется посредством пружинной скобы (4), расположенной между кристаллическими пластинами (5) и свободным концом металлической пластины.

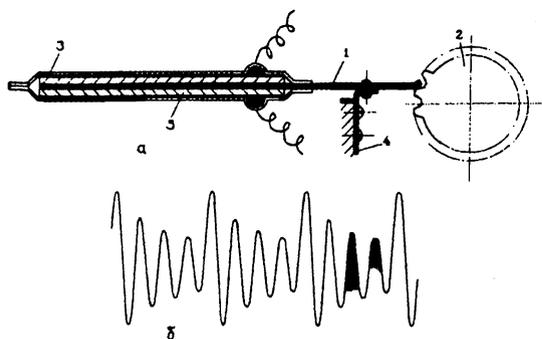


Рис. 3. Пьезогенератор тока (а) и форма создаваемого напряжения (б)

При перескакивании свободного конца металлической пластины с одного зубца на другой в ней развиваются импульсные силы инерции, приводящие к кратковременному прогибу на участке В — С и к изгибающему импульсу на участке А — В. В интервале между зубцами пьезоэлемент успевает совершить колебания, число которых в секунду определяется собственной механической частотой системы на участке А — С. Форма напряжения генератора представляет собой затухающую по экспоненте синусоиду (см. рис. 3, б — рисунок с осциллограммы)... Исследование трения шестерни о свободный конец стальной пластины пьезоэлемента показало, что после 26 000 оборотов износ поверхности и изменение электрических параметров не обнаруживается". ("Пьезоэлектрический генератор тока. Научный отчет", 1947—1948.)

Пьезогенератор тока, сохранившийся в лаборатории А.С.Шейна, даже по истечении сорока лет с момента изготовления продолжал нормально работать.

Безбатарейные телефонные аппараты на пьезоэлементах с вызывными пьезоэлектрическими генераторами — это еще одна разработка А.С. Шейна, о которой он писал: "Первые опыты безбатарейной телефонной связи, проведенные с применением пьезоэлементов, относятся к 1940 г. Выпущенные промышленностью в последующие годы обратимые пьезоэлектрические телефоны позволили вести двухсторонний телефонный разговор по линии с затуханием до 0,5 непера. Однако для вызова абонента необходимо было пользоваться индуктором и звонком или батарейным зуммером, создающим фонический сигнал. Попытки применить пьезоэлектричество для посылки вызывного сигнала долгое время оставались безуспешными. Между тем решение именно этой задачи в основном определяло перспективу применения и развития конструкций простых и легких безбатарейных аппаратов на пьезоэлементах для связи на небольшие расстояния.

Созданные в 1947 г. пьезоэлектрический генератор тока звуковой частоты с мощностью в несколько десятых долей ватта и новые пьезоэлементы с повышенной в 2—3 раза мощностью позволили разработать совершенные образцы безбатарейных телефонных аппаратов.

Экспериментальные работы с такими аппаратами, проведенные в 1947 г., показали возможность надежной связи по линии с затуханием 1,5 непера, когда вызывной фонический сигнал остается ясно слышен на расстоянии 5—8 м от телефона.

Телефонная связь с вызовом абонента была установлена при температуре воздуха + 30° С по кабельной линии из провода ПТФ—7 × 2 длиной 5,5 км с дополнительным затуханием в 1 непер. В августе 1947 г. опытная телефонная связь с фоническим

вызовом абонента при помощи пьезоэлектрического генератора тока была осуществлена по стальной телеграфно-телефонной магистрали длиной 50 км с сечением провода 4 мм². На расстоянии 25 км оказалось возможным вызвать и вести разговор с абонентом, имеющим фониический аппарат системы МБ. Свечение неоновой лампы совместно с фониическим вызовом под действием генератора тока получается после затухания до 0,70 – 0,75 непера. Таким образом, при использовании фониического коммутатора с оптическим указателем номера абонента связь может действовать на линии с общим затуханием до 1,5 непера. Все эти факты говорят о пригодности новых безбатарейных телефонных аппаратов для целей ближней связи в сельской местности, для связи в шахтах, для внутриводской связи и, наконец, для прямых связей на караульных постах внутри предприятий. В 1948 г. нам удалось разработать технологию получения пьезоэлементов, совершенно стойких к влиянию 100%-ной относительной влажности воздуха и непосредственному действию воды при температуре + 50°С. Продолжая совершенствовать аппараты безбатарейной связи и применив в них водоупорные пьезоэлементы, мы разработали конструкцию аппаратов с вызывным генератором, размещенным внутри корпуса микротелефонной трубки (ТАТ-48). Эта конструкция, не изменяя качественных показателей связи, обладает небольшими габаритами, большой водоупорностью и наименьшим весом среди всех известных безбатарейных аппаратов¹.

Одним из применений пьезоэлектрического генератора было использование его в качестве вызывного устройства в телефонном аппарате без источников питания для связи между командиром на боте и двумя водолазами, работающими под водой в мягких скафандрах.

Образцы пьезотелефонных аппаратов прошли проверку временем. Выступая в январе 1988 года в Институте кристаллографии на заседании, посвященном 75-летию А.С.Шейна, П.Г. Поздняков отметил: "Пьезоэлектрическому безбатарейному телефонному аппарату, сконструированному А.С.Шейным и сохранившемуся до сих пор, исполнилось сорок лет, а он все еще отлично работает".

Возвращаясь к концу сороковых годов, следует сказать, что в условиях завода при определенных ограничениях в тематике Аркадию Сергеевичу с его размахом идей становилось уже трудно развивать новые направления разработок пьезотехники, нуждавшиеся к тому же в проведении специальных научных

¹ Шейн А.С. Безбатарейные телефонные аппараты на пьезоэлементах с вызывными пьезоэлектрическими генераторами. Технический отчет. Государственный союзный завод № 633 МПСС. – М., 1947–1948.

исследований. При этом у него далеко не всегда складывались нормальные деловые отношения с директором завода и вышестоящими руководителями разных рангов, ограничивавшими тематику научных исследований определенными рамками. Борьба, которую приходилось вести с ними, отнимала у Аркадия Сергеевича много сил, времени и мешала реализации многих его замыслов и намерений. А между тем возникла жизненная необходимость решения некоторых прикладных акустических задач, имевших актуальное значение для народного хозяйства. Аркадия Сергеевича всегда привлекали работы по созданию гидроакустических устройств с использованием пьезоэлектрических преобразователей. Это и определило его выбор.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Горизонты расширяются. Промысловая гидроакустика



В начале века в Москве на Верхней Красносельской улице в окружении множества деревянных домишек высился древний монастырский собор, огороженный длинной белокаменной стеной. Теперь от этого собора сохранились только четыре высокие колонны при входе в пятиэтажное, внешне ничем не примечательное каменное здание. По воле архитекторов собор был искусно вписан в контуры обычного здания кубической формы. Необычным остался лишь интерьер первого этажа с высоким сводчатым потолком, с прекрасной акустикой. Постройка была окончена в 1933 году, и тогда здесь обосновался новый, можно сказать, храм — храм науки, а точнее говоря — Всесоюзный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). К концу сороковых годов он был уже весьма солидной организацией с широкой сетью подчиненных научных институтов и отделений на всех промысловых бассейнах страны. Проводились многоплановые исследования по ихтиологии, гидробиологии, океанологии, орудиям рыболовства, технологии переработки морепродуктов. Все они были направлены на решение актуальных прикладных задач промышленного рыболовства, в том числе определения рыбных запасов по морям и прогнозирования уловов. Но трудно представить себе теперь, как удавалось выполнять эту важную работу, не имея надлежащих технических средств разведки рыбы.

В послевоенные годы промышленное рыболовство в Советском Союзе достигло той фазы развития, когда уже невозможно было обойтись без хорошо организованной и технически оснащенной разведки рыбы. На Баренцевом море сотрудники Полярного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) попытались применить гидролокатор для обнаружения рыбных скоплений. Был достигнут первый успех в этом деле, что возымело большое значение для будущего. Однако техническая непригодность военных гидролокаторов применительно к поиску рыбных скоплений вызвала неотложную необходимость фундаментальной проработки проблемы использования гидроакустических методов в промышленном рыболовстве. Для этого,

прежде всего, нужны были высококвалифицированные кадры гидроакустической специальности. Это хорошо понимал директор ВНИРО Георгий Константинович Ижевский. Он, будучи ранее (до 1948 года) директором ПИНРО, активно участвовал в первом приобщении гидролокации к рыбопромысловой разведке. Георгий Константинович был человеком высокой интеллигентности, умевшим понимать, ценить и поддерживать полезное новаторство в науке. Он и был инициатором создания гидроакустических лабораторий в системе рыбохозяйственных институтов. Его предложение было поддержано Министерством рыбного хозяйства и подано выше, после чего вскоре вышло соответствующее постановление правительства и ЦК КПСС.

Забегаая вперед, отметим, что Г.К. Ижевский был не только энергичным и высокоэрудированным директором, но и выдающимся ученым — океанологом, кандидатом географических наук. Его монография "Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей" представляет собой фундаментальный труд и в настоящее время является настольной книгой океанологов и гидробиологов, неотступно следующих его теоретическим утверждениям и методическим наставлениям.

Как-то раз океанолог Н.И.Тарасов рассказал военным морякам, а они — А.С. Шеину о том, что директор ВНИРО Г.К.Ижевский созывает расширенное совещание с приглашением специалистов — гидроакустиков по вопросу внедрения гидролокации в промысловую разведку. Аркадий Сергеевич охотно принял приглашение. Тогда — то, в 1948 — м, и состоялось его знакомство с Г.К. Ижевским. Совещание носило консультативный характер. В частности, Ижевский хотел выяснить, можно ли создать такие приборы, которые позволили бы прослушивать подводные звуки, чтобы определить по ним и наличие рыбы в данном районе, и видовой состав рыбных скоплений. На первом этапе требовалась аппаратура для морских биоакустических исследований.

"Можете вы изготовить такой прибор?" — спросил Георгий Константинович у Аркадия Сергеевича. "Да, — ответил тот, — для этого нужно будет создать широкополосный высокочувствительный гидрофон и усилитель к нему".

Встречи этих двух возбуждавших все больший взаимный интерес людей повторялись, и однажды Георгий Константинович спросил: "Ну вот вы сделаете приборы, а кто у нас с ними сможет работать? Ведь наши биологи совершенно не компетентны в вопросах гидроакустики. А может быть, вы с группой своих сотрудников согласитесь перейти к нам в институт на постоянную работу? Создадим лабораторию, где вы будете заниматься разработкой новых приборов и морскими исследо-

ваниями, связанными с совершенствованием техники и методов промысловой разведки". Аркадий Сергеевич признался: "Я не ожидал такого предложения. Прежде чем ответить вам, мне нужно подумать".

Предложение было очень заманчиво своей перспективой. Но расстаться вдруг со своим детищем — опытным заводом, рожденным в муках октября 1941 года, было не просто. С другой стороны, было ясно, что завод давно уже вошел в нужную колею, вполне освоил технологию, выпускал серийную аппаратуру. Одним словом, ритмично работал по заданной программе. В то же время в рамках заводской лаборатории новым научным идеям становилось тесновато. Основательно обдумав предложение Г.К.Ижевского, Аркадий Сергеевич решил перейти во ВНИРО для работы в области давно привлекавшей его гидроакустики, где теперь открывалось широкое поле деятельности.

Аркадий Сергеевич имел свой, особенный, стиль работы. Увлекаясь в своем творчестве, он не ограничивался строгими рамками поставленной перед ним задачи, а шел к ее решению, экспериментируя более широко. При этом он никогда не оставлял без внимания попутно полученные результаты. Иногда такие побочные выходы не могли быть использованы для непосредственного решения плановой задачи, но имели важное значение в смежной области. Однако, прежде чем приступить к работе в новой области — промысловой гидроакустике, нужно было создать необходимую научно-техническую базу, организовать лабораторию, оснастить ее необходимым оборудованием. И вот опять пришлось начинать все с нуля, получив во ВНИРО пустое, хотя и просторное помещение для лаборатории. Пустующих комнат в институте, разумеется, не было. Для новой лаборатории был отдан зал площадью около 80 квадратных метров, где в простенках между окнами остались задействованные динамометры для испытаний на разрыв сетчатых материалов.

Аркадий Сергеевич перешел во ВНИРО с небольшой группой сотрудников: один радиоинженер — Е.В.Шишкова, два радио-механика, механик-универсал, токарь и шлифовщица кристаллов. Несколько позже перешел во ВНИРО инженер тонкой химической технологии Н.Н. Васильев, специалист по выращиванию крупных кристаллов сегнетовой соли и фосфата аммония, — таким образом, группа была ориентирована на создание новой техники, без которой невозможно приступить к морским акустическим исследованиям. При переходе с завода было получено небольшое "приданое" в виде закупленных институтом нескольких минимально необходимых радиоизмерительных приборов и небольшого количества монокристаллов сегнетовой соли для создания высокочувствительных гидро-фонов.

Кристаллы сегнетовой соли обладают наибольшим пьезо — эффектом по сравнению с другими видами пьезоэлектрических кристаллов. Но определенная нестабильность их вблизи точки Кюри отпугивала многих физиков от широкого использования сегнетовой соли в пьезотехнике. Вдобавок к этому были "разрекламированы" такие свойства кристаллов сегнетовой соли, как хрупкость и растворимость в воде. Стоило одному — двум опубликовать подобную информацию, как тут же другие авторы, не задумываясь, начинали вторить им, перепечатывая из книги в книгу порочащие характеристики, что привело к всеобщему негативному отношению к пьезокристаллам сегнетовой соли. И так получилось, что, "погибая в общем мнении", эти кристаллы перестали привлекать к себе внимание не только инженеров, но и исследователей, что на много лет задержало внедрение сегнетовой соли в практику. К сожалению, не редки случаи, когда автор, не располагая собственными экспериментальными данными и не утруждая себя излишними, как ему кажется, хлопотами, предпочитает переписывать чужой готовый текст. Этим и укрепляется прежнее, подчас ошибочное, мнение, но наука в таком случае отнюдь не обогащается. Формально рассуждая, можно сказать, что тот, кто называл только негативные характеристики сегнетовой соли, не вносил дезинформации, но и не проявлял диалектического анализа возможностей использования ее. Пьезокристаллы сегнетовой соли следует применять в пределах разумного — а именно в тех условиях, где температура ниже точки Кюри, — с соблюдением надлежащей гидроизоляции и соответственно бережным обращением с приборами.

А.С.Шейн имел свое, независимое суждение о пьезоэлектрических кристаллах сегнетовой соли, сложившееся на основе собственного многолетнего опыта исследований, технологических проработок, конструирования приборов, авторского надзора над серийным выпуском и постоянной связи с заказчиками, использовавшими готовую продукцию. Он видел большие перспективы в использовании кристаллов сегнетовой соли как за счет создания новых конструкций, так и за счет выявления новых физических эффектов, которые позволили бы в какой — то мере улучшить характеристики самих кристаллов сегнетовой соли.

Для развертывания дальнейших исследований необходимо было иметь в своем распоряжении достаточно большое количество крупных монокристаллов сегнетовой соли. Для этого потребовалось оборудовать во ВНИРО специальные кристаллизационные термостатические камеры и наладить процесс регулярного выращивания кристаллов. Толстые монастырские стены первого этажа института как нельзя лучше соответ-

ствовали благоприятным условиям поддержания специального температурного режима в термостате. Там силами лаборатории и были за несколько месяцев оборудованы по всем правилам кристаллизационные камеры с полной автоматикой, механической и энергетической оснасткой. Отработкой температурных режимов кристаллизационных камер и выращиванием кристаллов сегнетовой соли в полупроизводственных условиях и масштабах занимался инженер Николай Николаевич Васильев, имевший наиболее высокие достижения по выращиванию крупных монокристаллов сегнетовой соли и фосфата аммония. Выращиваемые серийно кристаллы сегнетовой соли имели вес 10–12 килограммов. Когда позже Васильев начал выращивать их в порядке эксперимента в индивидуальных термостатах с целью получения максимально возможного веса, то он получил монокристаллы сегнетовой соли весом 24, 32 и 46 килограммов. В последнем случае возникла новая сложность: при выемке из бака кристалл растрескивался из-за резкого перепада температуры.

Хотя организационные дела отнимали уйму времени, к концу первого года работы во ВНИРО были завершены разработка и изготовление комплекта приемо-усилительной гидроакустической аппаратуры, с которой можно было начинать морские биоакустические исследования. Разработка электронной аппаратуры представляла собой обычную инженерно-техническую задачу. Но для изготовления широкополосных и притом высокочувствительных гидрофонов необходимо было предварительно провести серьезные лабораторные физические исследования. В итоге А.С.Шейн создал из кристаллов сегнетовой соли широкополосный гидрофон высокой чувствительности, который с большим успехом был использован не только в первой экспедиции, но и применялся еще 25 лет в морских биоакустических исследованиях. Подобные гидрофоны, в частности, были использованы в экспериментальных исследованиях с акустической антенной для пеленгования хоровых шумов рыб.

Аркадий Сергеевич очень ценил мастеровых людей — механиков, шлифовщиц кристаллов, воплощавших его творческие идеи в реальные приборы — средства научного эксперимента. Их работу направлял он сам непосредственно, то быстро набрасывая карандашом эскизы пьезоэлементов, то основательно, иногда часами, обсуждая с механиком во всех деталях очередную конструкцию сложного прибора, вырисовывая его на бумаге. Подбирая к себе в лабораторию инженеров, Аркадий Сергеевич прежде всего спрашивал: "Вы были радиолюбителем?" В его понимании это было как бы критерием для суждения о пригодности человека к творческой работе, о наличии ув-

леченности своей профессией. Он утверждал: "Инженер должен работать головой и паяльником".

К сожалению, такие люди не всегда находились. Но когда такой человек приходил, Аркадий Сергеевич проявлял к нему большой интерес. Так получилось с С.И.Саранчовым, когда он по окончании факультета радиозлектроники встретился с А.С.Шейным. Спустя много лет, вспоминая о совместной работе с ним, Святослав Игоревич говорил: "Аркадий Сергеевич — яркая и обаятельная личность. Он никогда не ставил себя выше коллектива, заражал сотрудников своим энтузиазмом, и они старались, что называется, выложиться. Поддерживал людей, которые что-то могут сделать своими руками, умел находить контакт с иностранными специалистами. Он всегда мог высказать в лицо человеку все, что думает о нем, не взирая на сан. Умел убеждать людей".

Когда в 1950 году А.С.Шейн готовился к выезду в первую экспедицию, параллельно с этим он проводил ряд организационных мероприятий. Здесь следует напомнить, что в начале послевоенного периода кроме отечественных гидролокаторов "Тамир-10" рыбной промышленности была передана от ВМФ импортная гидроакустическая аппаратура серии "Дракон", обладавшая несколько меньшей мощностью и предназначенная также для обнаружения подводных препятствий перед кораблем. В гидролокаторах типа "Тамир-10" и "Дракон" ультразвуковой импульс распространялся от подводного излучателя в телесном угле около 40° , вследствие чего на бумаге самописца, отмечающего дистанцию до подводного препятствия, записывалось множество штрихов, маскировавших полезный эхосигнал и возникавших вследствие рассеяния ультразвуковых импульсов поверхностью воды. Особенно сильно эти помехи проявлялись даже при незначительном волнении моря и качке судна. В большинстве случаев различить эхосигналы, полученные от рыбы, на аппаратуре "Тамир-10" или "Дракон" удавалось только на слух после соответствующего преобразования ультразвуковых эхосигналов в звуковые. Однако помехи, возникавшие вследствие поверхностной реверберации, создавали резко выраженный шумовой фон, и от акустика требовались не только напряженное внимание, хорошая тренировка слуха, но и определенные способности слухового восприятия. Гидролокаторы "Тамир-10" и "Дракон" имели и другие недостатки, существенные для рыбопромысловой разведки. Так, например, они не могли регистрировать косяки рыб, находившиеся в пределах ближней зоны (в радиусе менее 150 метров от судна). Эта своеобразная "дальнозоркость" не позволяла выйти судну непосредственно на косяк для облова. Ввиду перечисленных выше особенностей военных гидролокаторов они оказались, по су-

ществу, неприемлемыми для промысловой разведки рыбы, и возникла неотложная необходимость разработки специального рыбопоискового гидролокатора.

Прежде всего надо было войти в рабочий контакт с головным институтом Минсудпрома по разработке гидроакустической аппаратуры. Нужно было выдать ему научно обоснованное техническое задание на разработку и изготовление действующего макета универсального рыболокатора, названного впоследствии "Скорпионом". Благодаря наличию четырех рабочих частот, возможности варьировать в широких пределах длительность излучаемого сигнала, рационально выбранной системе электронной индикации и другим особенностям конструкции предусматривалась возможность использования "Скорпиона" для научных исследований по эхолокации рыбных скоплений с целью выбора оптимальных параметров будущих промысловых рыболокаторов.

В Ленинграде уже поджидали приезда заказчика на разработку локатора для поиска рыб, и когда военпред спросил у главного конструктора Б.Н.Тихонравова: "Что теперь собираетесь разрабатывать?" — тот с добродушной усмешкой ответил: "Приедет какая-то рыба". Но военпред, знавший бескомпромиссность и крутой характер Аркадия Сергеевича, предупредительно заметил: "Ну эта "рыба" согнет вас в бараний рог".

Вскоре состоялось знакомство А.С.Шейна с Б.Н.Тихонравовым, который и был назначен главным конструктором рыболокатора "Скорпион". Между ними сразу же установилось не только полное взаимопонимание, но и теплые дружеские отношения на многие годы.

В 1951 году действующий макет рыболокатора "Скорпион", установленный на среднем рыболовном траулере "Контакт", выполнявшем функции поискового судна, успешно прошел испытания на Черном море и вступил в опытную эксплуатацию, оказывая оперативную помощь промысловому флоту. В результате этого произошел переворот во взглядах многих людей, причастных к рыбопромысловой разведке, в том числе и ученых — ихтиологов, и добытчиков.

В 1953 году по техническому заданию, подготовленному А.С.Шейным, промышленность изготовила опытную партию (три комплекта) комбинированных рыболокаторов "Скорпион-1". Последний сочетал в себе гидроакустические приборы горизонтального и вертикального действия, которые могли работать одновременно, не создавая помех один другому, что обеспечивалось соответствующим выбором рабочих частот. Рыболокаторы "Скорпион-1" были установлены на научно-исследовательских и поисковых судах разных бассейнов и весьма эффективно использовались в рыбопромысловой разведке. Но

нашлись люди из отдела связи Минрыбпрома, которые не только игнорировали, но и всячески старались скомпрометировать "Скорпион", особенно упирая на его габариты. Он ведь был предназначен не для рыболовных судов, а для исследовательских — чтобы определить оптимальные параметры и выдать задания на разработку рыбопоисковых приборов для судов различных типов. Возникла борьба между министерскими чиновниками и А.С.Шейным.

У Аркадия Сергеевича было немало противников на различных этапах деятельности, и сил на борьбу с ними уходило изрядно. Здесь уместно напомнить слова Расула Гамзатова: "Когда у человека цель прекрасна, противников немало у него".

Несколькими годами позже заместитель директора ВНИРО, доктор биологических наук Ю.Ю.Марти, возглавлявший экспедицию в Норвежское море и побывавший в Норвегии, докладывая на ученом совете ВНИРО, сказал: "У нас рыболокатор "Скорпион" оплевали, а норвежские специалисты, посмотрев его на нашем судне, пришли в восхищение". Вот уж поистине тот случай, когда уместно сказать: нет пророка в своем отечестве.

Наряду с использованием первых отечественных рыболокаторов необходимо было обеспечить эффективное действие эхолотов, установленных на судах рыболовного флота. И эта задача также входила в функции лаборатории гидроакустических приборов, руководимой А.С.Шейным. Еще в 1950 году на рыбопромысловый флот стали поступать первые отечественные навигационные эхолоты с самописцем "НЭЛ-4СУ". Этот тип эхолота обладал рядом особенностей, на которых следует остановиться. В нем имелся самописец, наносящий на бумажную ленту профиль дна, и указатель глубин с периодически вспыхивающей неоновой лампочкой против соответствующих делений шкалы. Указатель глубин обычно использовался в целях экономии бумаги самописца. Момент прихода эхосигнала от дна отмечался штрихом на бумаге самописца или вспышкой неоновой лампы на шкале указателя глубин, после чего на короткое время (значительно меньшее, чем интервал между посылками сигнала) эхолот терял способность что-либо регистрировать. Поэтому, если на пути ультразвукового импульса встретится плотный косяк рыбы, навигационный эхолот сможет отметить эхосигнал лишь от верхней границы косяка, но дальше по глубине рыбы не будут регистрироваться. К тому же навигационный эхолот записывает верхнюю границу рыбного скопления лишь при достаточной его плотности. Эти свойства навигационных эхолотов неслучайны и являются следствием особой электрической схемы, применяемой для получения яркой вспышки неоновой лампы на указателе глубин и более контрастной записи рельефа дна на

бумаге самописца. Все это достигается применением на выходе усилителя газополной лампы — тиратрона. Замена тиратрона на обычную электронную усилительную лампу позволила регистрировать на бумаге самописца весь вертикальный разрез рыбного косяка, а при надлежащей регулировке — отобразить относительную плотность в различных его частях. Первые удачные опыты по такой замене тиратрона произвел на Баренцевом море в 1951 г. акустик ПИНРО А.А.Ганьков. Одновременно путем небольших механических переделок ему удалось обеспечить запись косяков рыбы в заданном слое толщиной 60 метров и тем самым увеличить масштаб записи. Необходимые переделки были несложные, но сделаны были кустарно. При этом переход от просматривания одного слоя к другому требовал времени, а сам эхолот терял навигационные качества. Указатель глубин оставался совершенно неработоспособным. Но все же появившаяся возможность поиска рыбы под килем судна была реальна.

В 1952—1953 годах в лаборатории, руководимой А.С.Шеиным, и в филиалах ВНИРО были развернуты работы по поиску различных промысловых рыб с помощью переделанных навигационных эхолотов "НЭЛ—4".

Были накоплены эхограммы основных видов промысловых рыб, полученные на различных бассейнах. По ним стало возможным судить не только о разновидностях записей различных рыбных скоплений, но и о суточных вертикальных миграциях. Все это имело весьма важное значение для промысла.

На основе накопленного опыта под руководством А.С.Шейна в 1953 году были разработаны схема, полный комплект узлов, деталей и подробная инструкция по переделке навигационных эхолотов в рыбопоисковые с сохранением всех навигационных качеств эхолота. Эти материалы были разосланы на все промысловые бассейны для реализации их на местах. А в 1954 году по чертежам ВНИРО промышленностью было изготовлено триста комплектов узлов и деталей для модернизации эхолота — было предусмотрено все для того, чтобы в любых условиях без помощи береговых мастерских в течение двух—трех дней превратить навигационный эхолот в рыбопоисковый с сохранением всех его навигационных качеств. Таким образом, в самые короткие сроки триста промысловых судов, оснащенных эхолотами "НЭЛ—4СУ", получили возможность поиска рыбных скоплений под килем судна. Это было начало массового внедрения гидроакустической рыбопоисковой техники на флоте — очень важный этап в развитии промышленного рыболовства. Одновременно по предложению Шейна была внедрена в производство схема специального рыбопоискового эхолота взамен "НЭЛ—4СУ". Этот эхолот—"НЭЛ—5Р" — отличался повышенным

в шесть раз коэффициентом усиления для обеспечения поиска рыбы более разреженной и на больших глубинах. Самописец этого эхолота позволял просматривать наличие рыбы в любом слое воды толщиной 60 метров на глубинах до 240 метров. А.С.Шейн имел хороший рабочий контакт с заводом, в результате чего макетирование частей эхолота и изготовление рабочих чертежей были выполнены в кратчайшие сроки, и уже в декабре 1954 года завод передал рыболовному флоту двадцать эхолотов "НЭЛ-5Р", а в 1955-м — еще сто семьдесят. В итоге за два года вошли в строй пятьсот девяносто рыбопоисковых эхолотов. Это имело весьма существенное значение для развивающегося рыбопромыслового флота. Но вскоре поисковые качества эхолота "НЭЛ-5Р" перестали удовлетворять возросшим требованиям рыбного промысла. Тогда в целях увеличения глубины действия установленных на судах эхолотов А.С.Шейн разработал высокочувствительный акустический преобразователь пакетного типа из кристаллов сегнетовой соли, предназначенный для подсоединения к приемному тракту эхолота взамен магнитострикционного преобразователя. Исследования показали, что с применением пьезокристаллического преобразователя, названного "ВНИРО-2", чувствительность приемного тракта эхолота повысилась примерно в восемь раз. Приставка "ВНИРО-2" была внедрена в производство.

Следует отметить, что в 50-е годы быстрыми темпами развивались рыбопромысловый флот и техника промышленного рыболовства. При этом наряду с промыслом рыбы в традиционных районах осваивались океанический лов и новые районы промысла. А для полного успеха этих мероприятий необходимо было обеспечить флот новой эффективно действующей гидроакустической рыбопоисковой техникой. Решение этой задачи требовало огромных усилий от научных коллективов и производства.

С годами параллельно с развитием флота и промысла совершенствовалась и гидроакустическая рыбопоисковая аппаратура, выпускаемая отечественной промышленностью, где одно поколение сменялось другим, технически более совершенным. С этими актуальными задачами и была сопряжена основная деятельность лаборатории, руководимой во ВНИРО А.С.Шейным. Одним из направлений этой лаборатории был широкий комплекс работ по исследованию акустических характеристик рыбы как объекта гидролокации, что было совершенно необходимо для научного обоснования технических заданий на разработку рыбопоисковой техники.

Аркадий Сергеевич всегда широко пропагандировал результаты своих исследований и разработок, очень хорошо иллюстрировал свои доклады. Случалось, ученый совет заслушивал

отчет А.С.Шейна в его лаборатории — длинном зале с высоким сводчатым потолком. Стены сплошь завешаны крупными плакатами — эхограммами, схемами. Все приглашенные сидят, ждут начала заседания. Как вдруг под самым потолком в узком просвете над вертикальной стенкой — перегородкой появляются две головы. Это два сотрудника, шагая по потолку пристроенной узкой кладовки, несут еще какие — то плакаты для развешивания. Их заметили. Доктор биологических наук А.Ф.Карпевич с удивлением говорит: "Ну уж такие чудеса можно увидеть только в этой лаборатории".

Доклад сопровождался серией интересных опытов: в пространстве были подвешены модели рыбных стай — шарики, а эхосигналы от них просматривались на экране осциллографа. Доклады и отчеты Аркадия Сергеевича были похожи на лекции и всегда имели большое просветительное значение для научных работников другого профиля. Простой, доходчивый язык иногда казался специалистам уж чересчур простым, но это себя оправдывало в научно — технической пропаганде. Стиль был всегда один и тот же, с кем бы он ни беседовал — с сотрудниками или иностранными делегациями.

Выступая на одном из первых заседаний ученого совета ВНИРО, профессор Ю.М.Сухаревский отметил: "Продуктивно работающий коллектив лаборатории Аркадия Сергеевича, разрабатывающий сложные приборы, поражает своей малочисленностью. Объяснение состоит в том, что каждая специализация представлена одним — двумя профессионалами — мастерами своего дела, а сам Аркадий Сергеевич — широко — эрудированный инженер в трех областях: кристаллотехнике, акустике и радиотехнике, к которым относятся элементы этих приборов".

Побывав в лаборатории А.С.Шейна во ВНИРО, академик А.В.Шубников сказал: "Это не лаборатория, а институт в институте". Он неоднократно бывал на заседаниях ученого совета ВНИРО и всячески поддерживал А.С.Шейна. В 50 — е годы А.В.Шубников снова возвращался к разговору о переходе Аркадия Сергеевича на постоянную работу в институт кристаллографии. Но тот не мог этого сделать, сознавая свой моральный долг, ответственность за уже сделанный выбор — переход на работу во ВНИРО, где виделась не только широкие перспективы развития научных исследований, но также актуальность поставленных задач и неотложность их реализации для блага народного хозяйства. При этом Аркадий Сергеевич неизменно сохранял свою приверженность к кристаллофизике, к А.В.Шубникову, которого глубоко почитал, ценил его доброе, по — отцовски заботливое отношение к себе.

Дирекция ВНИРО всегда относилась к А.С.Шейну с большим пониманием и уважением. Директор ВНИРО А.С.Богданов говорил: "А.С.Шейн — настоящий ученый, талантливый, преданный, интеллигентный. В институте у нас восемьсот человек. Из них Аркадий Сергеевич на первом месте. Это — Ученый с большой буквы".

Для стиля работы Аркадия Сергеевича была характерна практическая целеустремленность, внедрение в технику, промышленность и флот. Наряду с плановыми работами он постоянно параллельно проводил свои инициативные исследования по кристаллофизике. Кроме того, массу времени отнимали организационные мероприятия по экспедициям, оснащению лаборатории, строительству морской экспериментальной базы в Балаклаве, переоборудованию сейнера в специальное гидроакустическое судно. Все это, вместе взятое, и создавало дефицит времени, перенапряжение сил.

В комплекс работ по промысловой гидроакустике входили и морские биоакустические исследования, к которым эпизодически подключался Аркадий Сергеевич. Большой интерес он проявлял к дельфинам — живым рыболокаторам. Записывал издаваемые ими звуки то в дельфинарии, то в бухте, куда дельфины нередко заходили вслед за рыбой. По этому поводу журналист В.Чертков в статье "Есть ли в море интеллектуалы?" писал:

"Может быть, ему и суждено было разгадать язык дельфинов, но не успел. А возможно, не успел доказать обратное — что предположения об интеллекте загадочных животных несостоятельны. Так или иначе, проживи он дольше, внес бы, наверное, что-то свое в познание жизни дельфинов.

Его называли человеком тысячи идей — Аркадия Сергеевича Шейна. Он и впрямь был начинен идеями. И оставил о себе память как о щедром на талант человеке.

Шейн любил море, и многие его изобретения связаны с ним...

Помню, как Аркадий Сергеевич утащил нас в море, чтобы показать в деле новый, придуманный им акустический прибор. Штормило, вечерело, и нам совсем не хотелось покидать уютную лабораторию. Да разве справишься с его темпераментом!¹

Частыми гостями Аркадия Сергеевича на морской экспериментальной базе ВНИРО в Балаклаве бывали работники рыбной промышленности, знакомившиеся с новыми его разработками (рис. 4).

Последняя разработка А.С.Шейна с использованием пьезокристаллов сегнетовой соли — аппаратура "Гринда", имитировавшая мощные звуки кита — горбача, — была предназначена для удержания рыбы в кошельковом неводе путем отпугивания ее от

¹ "Правда", 1973, 13 сентября.



Рис. 4. Поздний вечер. А.С.Шейн демонстрирует пеленгование акустических сигналов сотрудникам Азчеррыбы А.В.Буряченко (первый справа) и Г.М.Муранову

ворот невода. "Гринда" состояла из имитатора мощных звуковых колебаний и устанавливаемого с внутренней стороны на корпусе судна мощного пьезокристаллического излучателя мозаичного типа, выполненного в виде длинного металлического стержня, оклеенного пластинами из кристаллов сегнетовой соли. В результате проведенной в 1972 году опытной эксплуатации четырех комплектов "Гринды", установленных на дальневосточных промысловых судах, выяснилось, что уловы сайры при этом возросли на 10–14 процентов.

В течение всей своей деятельности во ВНИРО — почти четверть века — А.С.Шейн вел постоянное шефство над разработкой и совершенствованием гидроакустических рыбопоисковых приборов, выполняя ведущую роль в обобщении требований бассейновых институтов и выдаче научно обоснованных технических заданий промышленности. Параллельно с этим он развивал исследования по кристаллофизике, направленные на создание высокоэффективных акустических преобразователей. Последние нашли применение в практике биоакустических и биотелеметрических исследований для приема звуков, издаваемых обитателями моря, для излучения под воду звуковых сигналов с целью выявления реакции рыбы на них, для пеленгования сигналов, посылаемых акустическими метками, прикрепленными на теле рыбы. Описанию проведенных А.С.Шейным оригинальных исследований по кристаллофизике и реализации их в других направлениях гидроакустики посвящена следующая глава.



Научные интересы А.С.Шейна были устремлены на детальное изучение физических свойств пьезоэлектрических кристаллов, создание разнообразных пьезоэлементов и их широкое внедрение в науку и оборонную технику. Характерной чертой его научной деятельности является сочетание оригинальности научных методов исследований с техническими решениями, с помощью которых результаты физических исследований воплощались в образцы современной новой техники. Это со всей очевидностью подтверждается тем фактом, что А.С.Шейн является автором двенадцати изобретений, возникших, как правило, в результате проведенных им физических исследований, имеющих большое практическое значение.

Исследования физических свойств пьезоэлектрических кристаллов привели к созданию так называемых пьезоэлектрических элементов, представляющих собой обратимые электромеханические преобразователи энергии. Пьезоэлементы нашли широкое применение во многих областях современной техники и экспериментальной физики. Весьма видное место они заняли в современной гидроакустике. Однако известные ранее пьезоэлементы, несмотря на большую давность своего появления, не обладали необходимыми физическими параметрами для решения некоторых важных практических задач современной гидроакустики. Многие физические свойства пьезоэлементов в большей степени определялись соотношением волновых сопротивлений среды и материала преобразователя, чем его геометрическими или конструктивными данными. Вследствие этого не удавалось добиться эффективного излучения в воду в широкой полосе частот, что задерживало, в частности, развитие технических средств подводной телефонной связи. Кроме этого, по конструктивным соображениям, связанным с большими размерами, затруднялось создание мощных излучателей в области частот ниже 5 кГц.

Кольцевые пьезоэлектрические преобразователи

Работы в области физических исследований пьезоэлектрических преобразователей и их внедрения в науку и технику, проведенные А.С.Шейным, привели к созданию в 1951 году так называемых кольцевых пьезоэлектрических преобразователей мозаичного типа для мощного излучения в воду широкого спектра звуковых и ультразвуковых частот.

Кольцевые (цилиндрические) мозаичные преобразователи могут быть выполнены как из керамики титаната бария, так и из пьезоэлектрических кристаллов. Их собирают из пластин, обладающих поперечным пьезоэффектом. Металлизированные пластины из кристаллов или пьезокерамики укладывают между цилиндрическими, концентрически расположенными обоймами и заливают полимеризующейся пластмассой. Обоймы могут быть выполнены из целлулоида или металла. В последнем случае кольцевые преобразователи именуют армированными. После заливки пластмассой система ведет себя как монолитный пьезоэлектрический кольцевой преобразователь (рис. 5). Декремент затухания мозаичных цилиндров из керамики очень близок к декременту монолитных керамических цилиндров. В результате исследований мозаичных пьезоэлектрических цилиндров доказано, что они, как и монолитные керамические цилиндры, могут быть применены в преобразователях. Важным преимуществом мозаичных цилиндров является возможность излучения больших мощностей с применением многослойных мозаик.

Пьезоэлектрический коэффициент у сегнетовой соли значительно больше, чем у титаната бария, а поэтому при равных напряжениях кольцевые (цилиндрические) мозаики из кристаллов сегне-

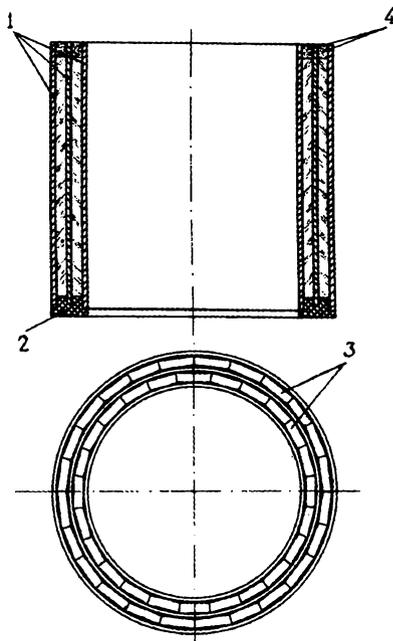


Рис. 5. Двухслойный кольцевой пьезоэлектрический преобразователь:
1 — обоймы; 2 — основание кольца;
3 — пьезопластинки; 4 — пластмассовая заливка

товой соли отдают большие мощности, чем цилиндры из титаната бария. Малая плотность кристаллов сегнетовой соли (малая колеблющаяся масса) является причиной большого декремента затухания, что обеспечивает широкую полосу излучаемых частот. У мозаичных кольцевых излучателей из кристаллов сегнетовой соли полоса частот в три раза шире, чем у титанатобариевых.

Соответственно конкретным требованиям для решения тех или иных задач практическое применение в гидроакустике получили разработанные А.С.Шейным мозаичные кольцевые преобразователи обоих видов — сегнетоэлектрические и титанатобариевые. Последние, к слову сказать, и до сего времени успешно используются в производстве некоторых видов гидроакустических устройств.

Благодаря своим новым физическим свойствам кольцевые пьезокристаллические преобразователи заняли важное место в разработке научных и практических задач современной военно-морской гидроакустики и позволили в ряде случаев решить их, что ранее было недоступно с применением других известных средств. К числу принципиально новых физических свойств кольцевых пьезокристаллических преобразователей относятся их несравненно большая широкополосность, малая масса и большой КПД.

Многослойный кольцевой пьезокристаллический преобразователь состоит из нескольких параллельно соединенных между собой кольцевых преобразователей, концентрически плотно вставленных и вклеенных один в другой, вследствие чего излучаемая мощность возрастает пропорционально квадрату числа слоев. Практически в работах А.С.Шейна были использованы одно-, двух- и трехслойные кольцевые пьезокристаллические преобразователи для звуковых и ультразвуковых излучателей и приемников.

При работе в режиме приема звуковое давление, действуя на облучаемую поверхность кольцевого преобразователя, вызывает в нем радиальную деформацию и деформацию вдоль средней длины окружности. При этом в сечении пластин неармированного кольцевого преобразователя из пьезокристаллов сегнетовой соли возникает механическое напряжение, под действием которого пьезопластинки поляризуются.

Полная независимость чувствительности на низких частотах от толщины кольцевого пьезокристаллического преобразователя дает возможность путем уменьшения толщины пластин снизить величину электрического импеданса приемника, который на частотах значительно ниже резонанса представляет собой емкостное сопротивление.

У пакетных пьезокристаллических преобразователей увеличение чувствительности конструктивными мерами возможно только за счет увеличения толщины пластин, что неизбежно приводит к снижению емкости приемника и к росту электрического импеданса. Все это значительно увеличивает вредное влияние емкости выводного кабеля на чувствительность приемника. В кольцевых же пьезокристаллических преобразователях в рассматриваемой области частот чувствительность может быть повышена за счет увеличения наружного радиуса кольца. При этом растет емкость преобразователя, выгодно снижается электрический импеданс, а вредное влияние присоединенной емкости кабеля уменьшается.

Если двухслойный кольцевой пьезокристаллический преобразователь работает в режиме излучения, то в тангенциальном направлении развивается удвоенная сила и, следовательно, возбуждающая радиальная сила также удваивается. Поэтому акустическая мощность, пропорциональная квадрату возбуждающей силы, практически увеличивается в двухслойном преобразователе в четыре раза по сравнению с однослойным того же размера.

Больших успехов добился А.С.Шейн в последние годы жизни, когда его работа была сосредоточена на исследовании физических свойств кольцевых пьезокристаллических преобразователей, с помощью которых и был обнаружен ряд принципиально важных физических явлений в кристаллах сегнетовой соли. Сюда можно отнести открытие им возможности в значительной мере изменять электрические свойства кристаллов сегнетовой соли путем внешнего воздействия на домены армированием металлом и электрическим полем. Детальное исследование влияния подвижности доменов на параметры сегнетоэлектрических пьезоэлементов и найденные методы его локализации привели к увеличению электрической прочности кристаллов сегнетовой соли в десять—двенадцать раз и к повышению КПД кольцевых пьезокристаллических преобразователей.

Армирование преобразователей первоначально было начато в связи с исследованием возможности увеличения отношения диаметра кольца к длине волны на частоте резонанса при неизменном внешнем диаметре кольца и тем самым увеличения сопротивления излучения. Для этого необходимо было повысить частоту резонанса кольцевого преобразователя, что и выполнялось благодаря применению металлических оболочек, коэффициент упругости которых на порядок выше коэффициента упругости пьезоэлектрического кристалла. Влияние упругости оболочек превалирует над влиянием их массы. Результаты проведенных А.С.Шейным опытов показали, что алюминиевые

оболочки с толщиной в три раза меньшей, чем у пьезокристаллических пластинок, увеличивают резонансную частоту приблизительно вдвое.

Можно было предположить, что в результате армирования внутренние механические потери в кольцевом преобразователе немного возрастут — на величину потерь в арматуре, и, следовательно, на частоте резонанса при постоянстве возбуждающей силы, то есть при постоянстве приложенного напряжения, амплитуда радиальных колебаний уменьшится. Однако многочисленные опытные данные указывают на увеличение амплитуды колебаний армированных кольцевых пьезокристаллических преобразователей на резонансе, если преобразователь выполнен из кристаллов сегнетовой соли с пластинками Y-среза. Армированные кольца имеют более узкую полосу частот по сравнению с неармированными — широкополосными и низкочастотными. Значительное возрастание резонансной частоты вследствие армирования делает еще более естественным предположение о снижении амплитуды радиальных колебаний. Однако это предположение оправдывается только в тех кольцевых пьезокристаллических преобразователях, где электрические оси кристаллических пластинок не совпадают с сегнетоэлектрическим направлением кристалла. Таковы, например, кольца, собранные из пластин Y-среза и Z-среза кристаллов сегнетовой соли, или кольца, собранные из несегнетоэлектрических кристаллов, в частности фосфата аммония. Совершенно иначе ведут себя армированные кольца с пластинками X-среза кристаллов сегнетовой соли.

Обнаружено, что в воздухе в сегнетоэлектрическом интервале температур на частоте резонанса амплитуда радиальных колебаний армированных кольцевых преобразователей превышает амплитуду колебаний неармированных колец в пять—двадцать раз. Соответственно растет потребляемая электрическая мощность, резко снижается активное динамическое сопротивление, повышается приблизительно в десять раз электрическая прочность сегнетоэлектрических пластин, резко снижаются механические потери. Акустико—механический КПД вместо 0,6 — 0,8 (для неармированного кольца) возрастает до 0,98 — 0,99. Удельная мощность 3,5 Вт/см². Акустико—электрический КПД армированного кольца равен примерно 0,7.

А.С.Шейн поставил перед собой задачу определить, какова взаимная связь этих явлений, и найти основную физическую причину их возникновения.

Снижение внутренних механических потерь кольцевых преобразователей в результате армирования

У кольцевых пьезокристаллических преобразователей в результате армирования наблюдается увеличение амплитуды радиального смещения. Это может быть вызвано либо уменьшением внутренних потерь в пьезокристаллических пластинках, либо ростом коэффициента пьезоэлектрической силы (прямо пропорциональной произведению пьезоэлектрического модуля на коэффициент упругости). Последняя при этом, как было выяснено экспериментально, остается неизменной. Таким образом, причиной повышения амплитуды колебаний армированных кольцевых пьезокристаллических преобразователей с сегнетоэлектрическими свойствами является снижение внутренних механических потерь. Одним из прямых признаков снижения потерь на внутреннее трение в кристалле служит тот факт, что армированные кольца, совершая колебания в воздухе с амплитудой большей, чем неармированные, выделяют при этом значительно меньше тепла.

Для объяснения физического влияния металлических оболочек на процесс внутреннего трения А.С.Шейн выдвинул гипотезу, согласно которой уменьшение потерь на трение связано с уменьшением подвижности спонтанно поляризованных частиц сегнетоэлектриков — доменов, вызванным тормозящим влиянием оболочек. Предполагаемая физическая картина такова. В неармированном кольце переменное электрическое поле, создаваемое внешним источником ЭДС, оказывает на домены ориентирующее воздействие, вследствие чего на границе раздела между ними возникает трение и часть энергии поля переходит в тепловую.

Металлические оболочки, наклеенные на поверхность сегнетокристаллической пластинки, оказывают в поверхностном слое тормозящее воздействие на смещающиеся домены. Это тормозящее влияние распространяется и на более глубокие слои кристаллического сегнетоэлектрика благодаря достаточно плотным механическим контактам между доменами. Чем сильнее заторможены домены на поверхности, тем меньше подвижность доменов во всем объеме пластинки, меньше потери на трение между доменами. Уменьшение подвижности доменов, по-видимому, должно оказывать влияние на коэффициент упругости и скорость распространения звука в пластинке.

Влияние электрического поля на армированные и неармированные пьезоэлементы

Постоянное поле оказывает на домены не только ориентирующее, но и тормозящее влияние. Но если согласно выдвинутой А.С.Шейным гипотезе металлические обложки пьезокристаллического кольца приводят к торможению доменов, то, очевидно, влияние постоянного поля на армированные пьезоэлементы должно быть значительно меньше или полностью отсутствовать.

Проведенные А.С.Шейным исследования показали, что постоянное поле весьма слабо влияет на упругие свойства армированного пьезоэлемента.

Были исследованы упругие свойства неармированных и армированных пьезоэлементов при разных температурах. Результаты исследований свидетельствуют о повышении температурной стабильности коэффициента упругости в армированных пьезоэлементах.

Дополнительное постоянное поле в неармированных пьезоэлементах увеличивает коэффициент упругости и уменьшает диэлектрический коэффициент в переменном поле. Дополнительное постоянное поле до 2000 В/см практически не изменяет их в армированных пьезоэлементах.

Установить возможность изменять диэлектрический коэффициент свободного кристалла в переменном поле практически важно в радиоэлектронике. Воздействуя постоянным полем на сегнетоэлектрический конденсатор в цепи переменного тока, можно управлять емкостью этого конденсатора и тем самым изменять электрический импеданс цепи в значительных размерах. Можно предположительно указать, что на этом физическом явлении могут быть построены реле переменного тока, модуляторы и система дистанционного управления емкостью конденсаторов, что в свою очередь означает возможность дистанционного управления частотой или осуществления частотной модуляции.

Эффект увеличения амплитуды колебаний на резонансе возникает только на пьезоэлектрических пластинках с сегнетоэлектрическими свойствами, что дает еще одно основание связывать обнаруженный эффект с уменьшением подвижности доменов из-за их торможения арматурой. Обнаружено, что армирование тонких пластин вызывает большее увеличение амплитуды смещения, чем у толстых. Это явление А.С.Шейн связывал с предположением об изменении тормозящего эффекта с толщиной. Исследовали армированные кристаллические пьезоэлементы разной толщины с одинаковой толщиной металлической арматуры и с одинаковой толщиной кристаллических

пластинок и разной толщиной арматуры. Наряду с этим исследовали пластинки с оболочками из пластмассы. Выяснилось влияние упругих свойств клея. Укажем на качественную сторону результатов:

1) обнаружено оптимальное соотношение между толщиной обложки и толщиной кристаллических пластин, при котором эффект роста амплитуды колебаний на частоте резонанса имеет максимум (для данного материала оболочек);

2) амплитуда колебаний на резонансе значительно выше при приклеивании оболочек полимеризующимся клеем с большим модулем упругости после затвердевания (эпоксидный, карбинольный клей);

3) при наклейке оболочек из пластических масс (плексиглас, целлулоид) не возникает эффекта роста амплитуды колебаний на резонансе.

Влияние направления постоянного электрического поля на величину коэффициента упругости в кристаллах сегнетовой соли

При исследовании колебаний неармированных пластин X-среза 45 градусов кристаллов сегнетовой соли с одновременным воздействием на них постоянным электрическим полем А.С.Шейн обнаружил, что величина коэффициента упругости зависит от направления постоянного поля. Первым признаком этого явления служило значительное изменение резонансной частоты при изменении направления постоянного поля.

В отсутствие постоянного дополнительного поля величина коэффициента упругости, измеренная в направлении под углом 45 градусов к осям X и Y и в перпендикулярном направлении (в плоскости этих осей), будет иметь одинаковые значения.

При наложении поля картина меняется. Квадратная пластинка, имеющая обычно равные собственные механические частоты колебаний в направлении своих больших ребер, при наложении постоянного поля приобретает два значения собственных частот, соответствующих колебаниям в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Это означает, что коэффициенты упругости в двух взаимно перпендикулярных направлениях также не равны.

Экспериментально установлено следующее правило: если направление постоянного поля совпадает с направлением электрической оси кристалла, то коэффициент упругости принимает большее значение в направлении, образующем угол 135 градусов с осью Y и меньшее — в направлении, образующем угол 45 градусов с осью Y; при перемене направления постоянного поля указанное распределение величин коэффициентов упругости меняется на обратное.

Влияние постоянного электрического поля на упругие и электрические свойства кольцевых пьезокристаллических преобразователей

Постоянное электрическое поле практически не изменяет электрических и упругих свойств армированных пьезопластинок X-среза 45 градусов. А.С.Шейн обосновал это тормозящим влиянием металлических оболочек на подвижность доменов. Все это в полной мере экспериментально подтверждено и в кольцевых армированных пьезокристаллических преобразователях. Доказано также отсутствие тормозящего влияния оболочек из пластмасс. Пьезокристаллические пластинки X-среза, заклеенные в такие оболочки, изменяют свою резонансную частоту в постоянном поле так же, как и свободные пластинки.

Как показали наблюдения, постоянное электрическое поле в неармированных кольцевых пьезокристаллических преобразователях, как и в армированных, практически не вызывает изменений упругих свойств и диэлектрического коэффициента. Для объяснения этого была выдвинута следующая гипотеза, которая в дальнейшем и была подтверждена: пьезопластинки кольцевого преобразователя находятся постоянно в растянутом состоянии в результате действия усадочных деформаций слоя пластмассы при ее полимеризации в промежутках между пластинками. В этом случае под влиянием постоянной механической деформации каждая пьезопластинка и преобразователь в целом представляют собой электрет, который в сегнетоэлектрическом интервале температур находится в состоянии спонтанной поляризации. Замыкание выводных проводников кольцевого пьезокристаллического преобразователя приводит к кратковременной радиальной деформации, которая сопровождается хорошо слышимым звуком в виде щелчка.

Уменьшение диэлектрического коэффициента механически напряженных пластин сопровождается заметным изменением их коэффициента упругости.

Снижение внутренних механических потерь на трение, вызванное армированием, привело к заметному повышению электрической прочности пьезоэлементов. Электрическая прочность армированных кольцевых пьезокристаллических преобразователей превышает прочность отдельной свободной пьезопластинки в восемь – десять раз.

Практические реализации

Работа А.С.Шейна, получившая высокую оценку ученых, специалистов промышленности и ВМФ на специальном заседании в президиуме Академии наук СССР в июне 1953 года,

открыла совершенно новое научное и прикладное направление в современной гидроакустике. Кольцевые пьезокристаллические преобразователи А.С.Шейна явились новым средством научного эксперимента, которым широко пользуются в научных учреждениях Академии наук и промышленности, занимающихся решением проблем гидроакустики.

Возможность излучать под водой с помощью кольцевых пьезокристаллических преобразователей мощные звуковые колебания во всем спектре звуков речи человека привела к созданию новых средств связи с водолазами. При этом водолазы, одетые в легководолазное снаряжение с плотно облегающими резиновыми масками, отчетливо воспринимают через костную проводимость своего черепа команды с дистанции до 2–3 километров. Водолазы, одетые в глубоководное снаряжение с металлическими шлемами, слышат невооруженным ухом речь, передаваемую с надводного корабля посредством модернизированной аппаратуры "Кама – М", на дистанции до 400 метров.

В экспериментальной работе, проведенной совместно с Черноморским флотом, аппаратуру для непосредственной передачи речи в воду неоднократно устанавливали также на подводных лодках. При этом была показана возможность осуществления надежной двусторонней связи при глубоководных погружениях и при управлении личным составом, покидающим аварийную лодку через торпедный аппарат.

В военно-морской гидроакустике особенное место заняли кольцевые пьезокристаллические преобразователи, где с их помощью появилась возможность решения важной прикладной задачи, не поддающейся выполнению другими известными средствами. К числу таких решений относится созданная А.С.Шейным аппаратура звукоподводной связи. Еще в период ее разработки 30 октября 1955 года действующий макет такой аппаратуры был применен во время спасательных операций на Черном море, где затонул линкор "Новороссийск". Об этой трагедии писал Н.Черкашин в статье "К стопам скорбящего матроса"¹: "В половине второго ночи (1 час 25 минут) линкор "Новороссийск" вздрогнул от подводного удара. Взрыв сверхмощной силы пробил восемь палуб..." Носовая часть линкора быстро погружалась в воду. При неудавшейся попытке буксировать его к берегу линкор накренился, а затем перевернулся, захватив под воду находившихся на нем моряков. Начались спасательные работы. Рассказывает адмирал флота Н.И.Смирнов, бывший первый заместитель Главнокомандующего Военно-Морским Флотом СССР: "В конце пятидесят пятого я командовал подводными силами Черноморского флота. В то время на наших

¹ "Дружба народов", 1988, № 12, с.239–240.

кораблях работал замечательный ученый — физик Аркадий Сергеевич Шеин. Он испытывал опытный образец аппаратуры звукоподводной связи (ЗПС). С помощью этой системы подводная лодка могла переговариваться с другой подводной лодкой, находясь на глубине. Сейчас ни один подводный корабль не выходит в море без аппаратуры ЗПС. А тогда, как ни странно, в целесообразность ЗПС верили не все, и Шеин проводил свои эксперименты как бы полуофициально. Во всяком случае мы, подводники, делали все, чтобы ему помочь.

Когда в памятную октябрьскую ночь меня разбудил звонок оперативного дежурного и голос в трубке сообщил о несчастье с "Новороссийском", я сразу же подумал о Шеине и его аппаратуре: а не поможет ли она в этой беде?"

А.С.Шейна с аппаратурой доставили к месту катастрофы, когда прошло уже сорок часов после взрыва. Нужно было выяснить, живы ли люди, находившиеся в воздушных мешках затонувшего линкора. Мощный звуковой излучатель опустили в воду, включили усилитель, и А.С.Шейн, взяв микрофон, стал четко повторять: "Всем, кто меня слышит, ответьте ударами металлического предмета по корпусу". В ответ застучали наперебой. Затем путем последовательного опроса по частям корабля и кубрикам удалось определить состояние (отвечали условными ударами) и количество людей по всему огромному линкору. А.С.Шейн навел водолазов — спасателей на наиболее доступные места. Остальное уже зависело от искусства самих спасателей. Водолазами из воздушных мешков линкора были спасены два моряка.

Бывают же иногда, казалось бы, невероятные случайные совпадения. Так было и в тот раз. В поезде при возвращении из Севастополя во время обеда в вагоне — ресторане Аркадий Сергеевич услышал рассказ молодого матроса, сидевшего за соседним столиком. Он говорил своему соседу: "Можно сказать, что я родился второй раз — меня спасли с затонувшего линкора "Новороссийск". Уже много часов под водой мы были в полной тишине, и вдруг как будто радио заговорило. В ответ мы стали стучать, давая о себе знать. Говорят, какой — то изобретатель придумал это..." И не знал тогда счастливый матрос, что этот изобретатель был в тот момент рядом с ним.

Вспоминая все эти события, Н.И.Смирнов сказал: "...Звукоподводная связь инженера Шеина на практике показала свою пригодность, свою эффективность... Председатель правительственной комиссии зампред Совмина СССР Малышев после окончания спасательных работ настоял на скорейшем внедрении звукоподводной связи на всех флотах".

Приказом Главкомандующего ВМФ 25 марта 1957 года на вооружение Военно — Морского Флота была принята аппаратура

"Кама" с кольцевыми пьезокристаллическими преобразователями А.С.Шейна, которая впервые позволила осуществить на расстоянии до двух километров прямую передачу речи с надводного корабля личному составу, находящемуся в аварийной подводной лодке или воздушных мешках затонувшего корабля. При этом личный состав прослушивал речь, передаваемую с надводного корабля, без помощи какой-либо аппаратуры, не прикасаясь ухом к корпусу корабля или лодки, и отвечал условными ударами о корпус.

В августе 1957 года аппаратура звукоподводной связи, разработанная А.С.Шейным, была использована на Черном море для связи с людьми при подъеме аварийной подводной лодки.

Вспоминая об А.С.Шейне, профессор И.И.Клюкин сказал: "Участие Аркадия Сергеевича в спасении людей с затонувшего линкора "Новороссийск" с применением пьезокристаллических излучателей было его звездным часом".

Как-то в запале энтузиазма еще во время войны Аркадий Сергеевич сказал: "Хочу быть министром пьезопромышленности!" Почему он сказал "министром"? Какой смысл он вкладывал в это слово? Министром он не стал (да, вероятно, и не надо было ему это), а вот монополистом пьезоэлектрических приборов из кристаллов сегнетовой соли он все же стремился стать и был им. В этом были и плюсы — непрерывный прогресс в его работе, упрочнение деловых связей, — и минусы — не было преемственности, а в дальнейшем (в 80-е годы) работы с кристаллами сегнетовой соли прекратились.

Визуализация акустического поля

Для возможности визуальных наблюдений акустического поля, создаваемого кольцевыми излучателями, А.С.Шейн применил оригинальный метод регистрации его проявлений с помощью кино съемки. Этот метод основан на использовании нелинейных явлений при мощном излучении звука. Во внутренней полости колеблющегося кольцевого пьезокристаллического излучателя образуются цилиндрические стоячие волны, в которых пучности звукового давления распределены вдоль радиуса по закону цилиндрической функции Бесселя второго рода нулевого порядка. При этом пучности колебательной скорости распределены вдоль радиуса кольца по закону цилиндрической функции Бесселя второго рода первого порядка.

На цветную пленку была снята целая серия экспериментов, часть из которых описана ниже и иллюстрирована отдельными кадрами этого фильма. На рис. 6 показан вид сверху на кольцевой пьезокристаллический излучатель в стальной арматуре,

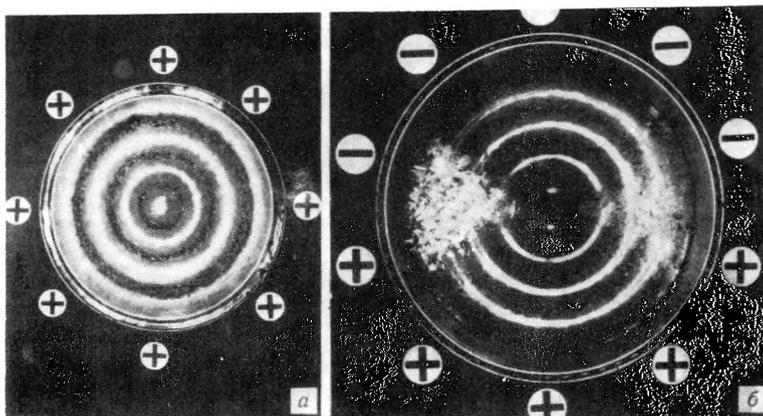


Рис. 6. Индикация стоячих волн во внутреннем пространстве кольцевого излучателя: крошки пенопласта (темные) — в пучностях скоростей; порошок ликоподия (светлый) — в пучностях давлений: а — ненаправленное излучение; б — направленное излучение дипольного излучателя

расположенный на столе. В середину кольца насыпали порошок ликоподия. Как только на излучатель включили напряжение от звукового генератора, ликоподий моментально распределился по зонам в виде концентрических окружностей, обозначивших линии пучности звукового давления. Затем в то же самое кольцо внесли смесь порошка ликоподия и крупной пенопластовой крошки красного цвета. При включении звука частицы смеси тут же разъединились на фракции: порошок — в зоны пучности звукового давления, крошки пенопласта (см. рис. 6, а), коагуляция которых была хорошо видна при просмотре киноленты на экране, — в зонах пучности скоростей. У этого кольца все пьезопластинки имели одинаковую полярность и потому излучение было ненаправленным. На рис. 6, б показано кольцо, у которого одна группа пьезопластинок имела одну полярность, а другая — противоположную. Вследствие этого изменилась и картина звукового поля, обозначенная порошком ликоподия. Это — дипольное кольцо. Излучение здесь направленное (см. рис. 6).

Аналогично этому в фильме демонстрировалось также поле квадрупольного кольцевого излучателя.

За период колебания кольца пульсирующий воздушный поток возникает дважды. Поэтому зоны пучности колебательной скорости являются местом встречи противоположно направленных пульсирующих потоков. Для демонстрации этого эффекта армированный кольцевой пьезокристаллический излучатель с резонансной частотой 5700 Гц был установлен на столе в

вертикальном положении. Когда в зону пучности колебательной скорости внесли пинцетом плоскую индикаторную бумажку, она оказалась между двумя встречными пульсирующими потоками воздуха, уравнилась и начала вращаться вдоль зоны пучности колебательной скорости. Это наглядно иллюстрируется кадрами киноленты (рис. 7, а). Аналогично этому на рис. 7, б показаны моменты вращения четырех бумажек соответственно вдоль четырех зон пучности колебательной скорости. Когда у бумажки изогнули в противоположные стороны два угла, лежащие на одной диагонали, а затем ввели ее в поле излучателя, она, движимая встречными пульсирующими потоками воздуха, стала вращаться вокруг своей оси (см. рис. 7, в). Когда в зону стыка пульсирующих потоков внесли подвешенное на нитке легкое, выполненное из пенопласта сферическое тело, оно приняло уравновешенное состояние. Но в тех же условиях тело обтекаемой формы оказалось неуравновешенным и начало круговое движение вдоль зоны пучности колебательной скорости (см. рис. 7, г). Когда же, осторожно потянув за нитку, перенесли обтекаемый индикатор в другую зону, его поведение не изменилось — он опять стал двигаться по кругу, но уже новой зоны пучности колебательной скорости.

Кольцевые пьезокристаллические преобразователи позволили осуществить мощное излучение звука и ультразвука в воздухе и в воде во внутреннем пространстве кольца, проследить за рядом явлений и найти им практическое применение (рис. 8).

Интенсивное излучение звука в воздухе направлено также и вдоль пьезокристаллического кольца. Для иллюстрации этого был снят следующий эксперимент. На столе на стойках поставили большое кольцо. При включении звука возникли стоячие волны вследствие отражения от потолка, что подтвердилось индикаторными бумажками, помещенными в пучности скоростей. И в этом случае бумажки отлично удерживаются в пучностях скоростей, свободно паря в воздухе над кольцом. Продолжая эксперимент, Аркадий Сергеевич протягивает ладонь над парящими бумажками, как бы заменяя ею потолок. Начинает водить рукой вверх и вниз. При этом бумажки не выходят из своего равновесия, а неуклонно следуют за "магическим" движением руки экспериментатора. Он предлагает определить, сколько же нужно поставить по зонам таких бумажек. Вот он на каком-то расстоянии протягивает левую руку, а правой рукой с пинцетом начинает размещать бумажки по зонам пучности скоростей. Они вполне спокойно ложатся как бы на полочку, можно сказать, на звуковую полочку и свободно парят в воздухе. И вот между рукой и кольцом набралось уже десять бумажек. Тогда Аркадий

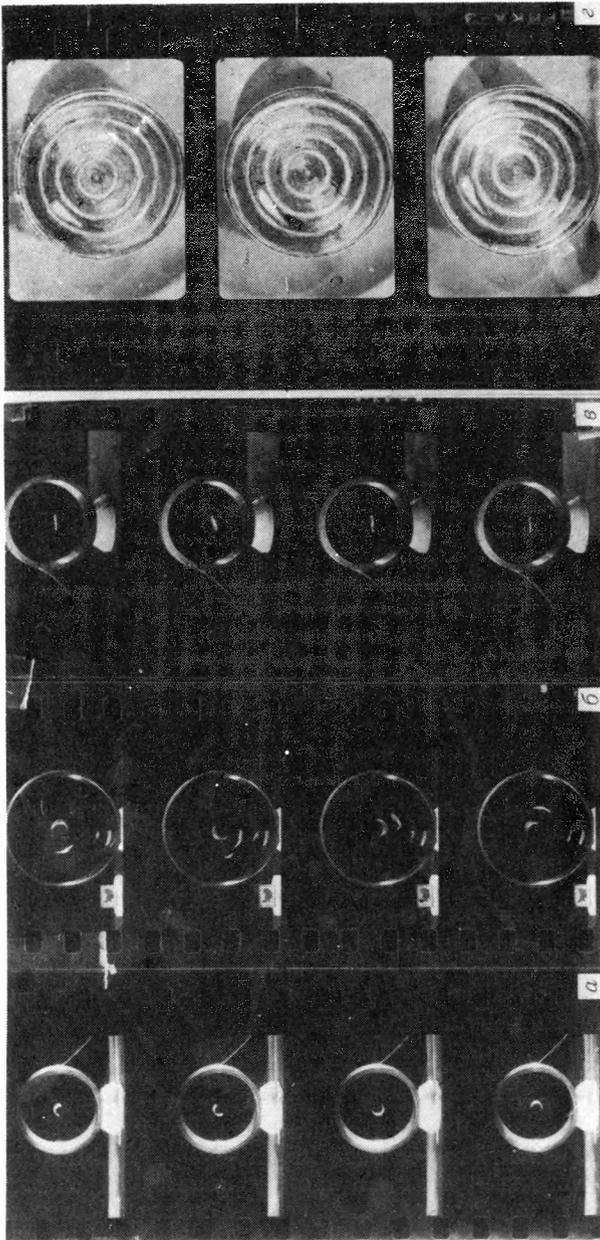


Рис. 7. Индикация зоны пучности колебательной скорости во внутреннем пространстве кольцевого излучателя: а, б — вращение бумажки вдоль зоны; в — вращение бумажки с двумя загнутыми концами вокруг своей оси; г — круговое движение тела обтекаемой формы вдоль зоны пучности колебательной скорости



Рис. 8. А.С.Шейн во время эксперимента с кольцевым излучателем

может происходить кавитация жидкости. Это явление может быть использовано в технике химических экспериментов. Один из них был снят в этом фильме. Большое кольцо поместили над жидкостью (керосином). При включении звука керосин начинает бурно фонтанировать и выносится наверх (рис. 10).

Силу акустического поля можно было визуально наблюдать и в следующем опыте. В поле двухслойного кольца внесли на пинцете алюминиевую фольгу. Тотчас же началось интенсивное разрушение алюминия. Интересен был еще один эксперимент, когда сопоставили воздействие на газовую горелку кислорода и ультразвука. Снято пламя газовой горелки. При последующем кислородном дутье пламя усилилось. Затем кислород убрали и включили ультразвук. Эффект усиления пламени оказался тот же, что и при кислородном дутье. Этот кинофильм был продемонстрирован в апреле 1953 года на заседании президиума АН СССР, где А.С.Шейн докладывал о своих исследованиях с кольцевыми пьезокристаллическими излучателями — поющими кольцами. По окончании доклада А.С.Шейна, выходя из зала заседаний, академик П.Л.Капица сказал вице-президенту АН СССР А.В.Топчиеву: "Ничего подобного по эффекту экспериментов я не видел со времен Вуда". Это была высочайшая

Сергеевич начинает поочередно снимать их пинцетом — не обязательно подряд, снимает через одну. Это не сказывается на других бумажках, оставшихся в своих зонах. Он опять продолжает водить рукой вверх и вниз. Бумажки продолжают парить в своих зонах. Тогда он убирает руку, и отражающей преградой становится снова потолок. Добавляет несколько бумажек. Все они нашли свои зоны и встали в них опять в виде этажерки (рис. 9).

Манипулирование с бумажными индикаторами звукового поля демонстрировалось в различных вариантах обстоятельно и детально.

В кольцевых пьезокристаллических преобразователях, выполненных в форме цилиндра, ограниченного дном,

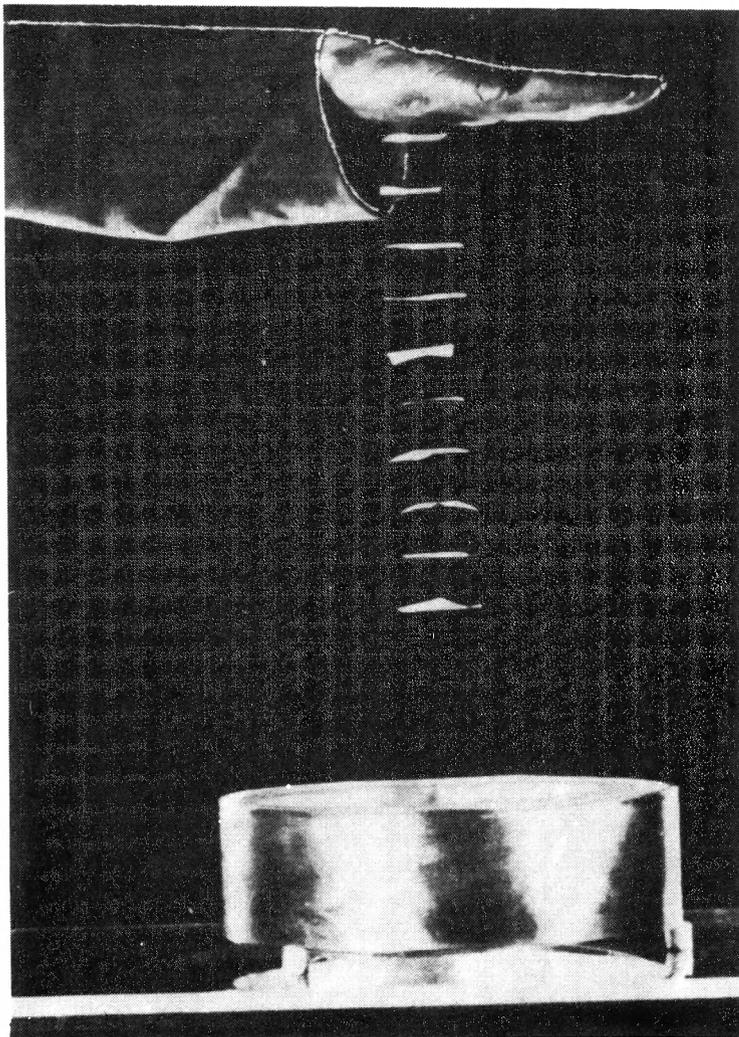


Рис. 9. Бумажки парят в пучностях колебательной скорости вдоль осевого излучения

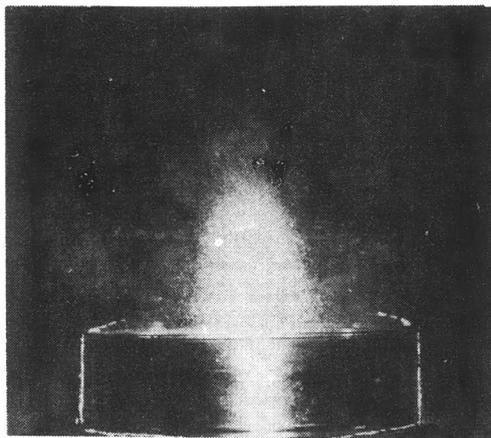


Рис. 10. Фонтанирование жидкости вдоль оси кольцевого пьезокристаллического излучателя

оценка искусства экспериментатора. Как отметил в свое время С.И.Вавилов, американский физик "Вуд стал легендарной фигурой для физиков всего мира, подлинным виртуозом и чародеем эксперимента". Вильям Сибрук писал о Вуде: "Сущность Роберта Вуда в том, что это — сверходаренный американский мальчик, который не стал взрослым за всю свою жизнь"¹. В какой-то мере это подходит и к характеристике А.С.Шейна. После просмотра описанного выше кинофильма А.В.Шубников отметил: "Здесь показан не только высокий класс экспериментатора, но и отличная режиссерская выдумка".

В январе 1988 года по случаю 75-летия со дня рождения А.С.Шейна и в память о нем в Институте кристаллографии состоялось заседание научного семинара с участием бывших его сотрудников и друзей. В числе выступавших на этом заседании был П.Г.Поздняков, который знал Аркадия Сергеевича более тридцати лет и отметил некоторые его особенности: "Аркадий Сергеевич умел убеждать в важности дела не только сотрудников, но и оппонентов. Чем более ответственным было его выступление, тем лучше он выступал. Доклады свои Аркадий Сергеевич всегда сопровождал демонстрацией опытов, образцов, действующих макетов, и это определяло успех того или иного мероприятия организационного плана".

¹ Сибрук В. Роберт Вуд — современный чародей физической лаборатории. Пер. с англ. В.С.Вавилова; под ред. и с предисл. С.И.Вавилова. — 2-е изд. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1969.



Сотрудничество с Институтом кристаллографии АН СССР

А.С.Шейн всегда имел многочисленные деловые контакты с научными учреждениями, занимавшимися проблемами гидроакустики. Это способствовало успешному развитию, популяризации и внедрению его работ в практику.

Сотрудничество А.С.Шейна с А.В.Шубниковым началось с 1939 года и длилось тридцать лет. Как уже было отмечено, первая работа А.С.Шейна под руководством А.В.Шубникова завершилась разработкой научных основ технологии создания высокочувствительных пьезоэлементов из кристаллов сегнетовой соли. Затем были другие работы, в частности по пьезоэлектрическим текстурам. По этому поводу А.В.Шубников писал: "Первые удачные опыты искусственного получения пьезоэлектрических текстур из сегнетовой соли были проведены по моему предложению А.С.Шейным 22 февраля 1941 года. Им же были изготовлены и некоторые из описанных нами здесь пьезоэлементов... Опыты, проведенные А.С.Шейным, показали принципиальную возможность использования пьезоэлектрических текстур для устройства адаптеров... Принцип изготовления адаптеров может быть перенесен на конструкцию пьезоэлектрического щупа для "прослушивания" неровностей тех или иных поверхностей. Ясно, что при равномерном движении иглы адаптера по неровной поверхности мы можем услышать определеннный тон или шум в зависимости от характера неровностей. Такие щупы могли быть полезны при контроле качества отделки поверхностей различных изделий. Кроме того, пьезоэлектрические щупы могут быть применены для прослушивания вибраций всевозможных сооружений, машин, мостов, самолетов, танков, паровозов, рельсовых путей и т.д. Перспективы использования пьезоэлектрических текстур в этом направлении, очевидно, достаточно широки"¹. Кроме перечисленных выше применений пьезоэлектрические текстуры из сегнетовой соли

¹ Ш у б н и к о в А.В. Пьезоэлектрические текстуры. — М.: Издательство АН СССР, 1946.

могут быть использованы в камертонах для стабилизации частоты. Такой камертон был создан А.С.Шейным и закреплен авторским свидетельством на изобретение совместно с А.В.Шубниковым¹. В этом камертоне поверхность ножек покрыта сегнетовой солью, нанесенной в расплавленном виде с помощью кисти, что обеспечивает правильную ориентацию кристаллов при затвердевании. Пьезоэлектрический эффект в таком слое в сотни раз больше, чем в кварце. Поэтому, подводя к камертону небольшое переменное напряжение, можно возбуждать колебания, слышимые без резонатора. Острая селективность такого камертона позволяет предполагать, что камертон или другая механическая система, дающая слабозатухающие колебания, может быть применена для стабилизации частот, в первую очередь низких.

Аркадий Сергеевич не раз говорил: "Алексей Васильевич Шубников для меня в науке — как отец". Этим он, по-видимому, хотел отметить не просто существовавший между ними контакт в творческой научной работе, но и тонкое, щадящее, поистине отеческое отношение, которым Алексей Васильевич направлял и наставлял его, поддерживая сложные начинания, содействовал ему во многом, неоднократно приглашал перейти в Институт кристаллографии на постоянную работу. В течение пятнадцати лет (1947—1962) А.С.Шейн по совместительству работал в Институте кристаллографии, где ему в 50-е годы довелось быть руководителем научных работ по постановлению правительства.

О начале своей работы в Институте кристаллографии и взаимоотношениях с А.С.Шейным рассказывает И.С.Желудев: "Передача меня к А.С.Шейну определила характер моих первых исследований: изучение свойств систем, содержащих пьезопорошки. Это направление явилось естественным продолжением интересов А.В.Шубникова к пьезотекстурам, в изучении которых ему в свое время помогал А.С.Шейн. Их обоих привлекала, в частности, перспектива делать из текстур пьезоэлементы огромных размеров. С текстурами к началу 1951 года было более или менее покончено, и А.С.Шейн выдвинул идею изготовления путем прессования пьезоэлементов больших размеров, используя порошки титаната бария со скрепляющими наполнителями². По этой теме в 1951—1954 г. мною проводились исследования, а

¹ Авторское свидетельство № 72434 от 7 апреля 1941 г. (выдано Государственным комитетом СМ СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство 20 ноября 1948 г.).

² Авторское свидетельство № 96503 от 11 ноября 1951 г. (выдано Министерством электростанций и электропромышленности).

позднее была подготовлена (под руководством А.В.Шубникова и А.С.Шейна) и защищена кандидатская диссертация"¹.

Результаты исследований пьезоэлектрических текстур, со — держащих поликристаллический титанат бария в смеси с дру — гими непьезоэлектрическими материалами были опубликованы в монографии².

Уместно будет заметить, что в то время, когда А.С.Шейн официально был научным руководителем диссертационной работы соискателя И.С.Желудева, у него самого еще не было ученой степени. Парадоксально, но факт. Впрочем, это был не единственный случай. Неоднократно к А.С.Шейну обращались жаждущие приобщиться к кристаллофизике — то с кафедры акустики МГУ от С.Н.Ржевкина, то из Морского гидро — физического института АН СССР от В.В.Шулейкина, то из других институтов, и всем им он охотно помогал.

Особенность предложенного А.С.Шейным способа изго — вления пьезоэлектриков из порошкообразного титаната бария прессованием в том, что связующее берется в объеме, равном объему пор между частицами титаната бария. Целесообразность такого подбора количества связующего обуславливается тем, что механическое смешение порошкообразного титаната бария со связующими веществами приводит после прессования к обра — зованию материала, диэлектрическая проницаемость которого достигает максимального значения только в том случае, когда количество связующего по объему соответствует общему объему всех пор порошка, получающихся при данном давлении. От — клонение от этого соотношения в ту или другую сторону снижает величину диэлектрической проницаемости меха — нической смеси, особенно резко при уменьшении количества связующего, то есть когда в прессованном материале остается некоторое количество воздушных пор, и менее резко при увеличении связующего — когда в прессованной смеси имеется избыток связующего сравнительно с объемом всех пор при данном давлении. Все эти изменения диэлектрической про — ницаемости механической смеси и наличие ее резкого максимума объясняются, во — первых, тем, что в однородной смеси частицы порошка и междучастичные области (поры), запол — няемые связующим, можно рассматривать как элементарные конденсаторы, соединенные последовательно вдоль элект — рического поля и, во — вторых, тем, что в этой последовательной

¹ Ж е л у д е в И.С. Электрические и пьезоэлектрические свойства гетеро — генных систем, содержащих титанат бария. — М.: Институт кристаллографии АН СССР, 1954.

² Ш у б н и к о в А.В., Ж е л у д е в И.С., К о н с т а н т и н о в а В.П., С и л ь в е с т р о в а И.М. Исследование пьезоэлектрических текстур. — М.: Издательство АН СССР, 1955.

цепи конденсаторов имеет место резкое различие значений диэлектрической проницаемости (порошок — связующее — воздух). Диэлектрическая проницаемость спрессованной смеси в случае заполнения всех пор связующим приближается к величине, соответствующей титанату — бариевой керамике, полученной при спекании в печах. При наличии большой диэлектрической проницаемости такой спрессованный диэлектрик после предварительной поляризации обладает пьезоэлектрическим модулем, по величине близким к пьезомодулю спеченной керамики.

О взаимоотношениях А.С.Шейна с Институтом кристаллографии лучше всего сказать словами И.С.Желудева: "В работе с электро- и гидроакустическими преобразователями А.С.Шейн опирался на постоянную поддержку Института кристаллографии АН СССР, и прежде всего — на его директора, академика А.В.Шубникова. Этот большой ученый сам никогда не занимался гидроакустикой, но, зная незаурядный талант и способности А.С.Шейна, видя его реальные дела, безраздельно многие годы оказывал помощь и поддержку его работам. Именно А.В.Шубников добился того, чтобы работы А.С.Шейна по преобразователям дважды докладывались на заседаниях президиума АН СССР. На этих заседаниях довелось присутствовать и мне. Демонстрации кольцевых преобразователей были очень эффективными и производили большое впечатление. Помнится мне выступление академика А.И.Берга по докладу А.С.Шейна. Адмирал Аксель Иванович Берг имел возможность видеть успешные испытания кольцевых переговорных подводных устройств в Балаклавской бухте, где А.С.Шейн организовал не большую базу ВНИРО для испытания преобразователей. Выступая на заседаниях президиума АН СССР, Аксель Иванович сказал: "Мне, как человеку, командовавшему подводной лодкой, легко понять, какое огромное значение имеет аппаратура А.С.Шейна для прямой подводной разговорной связи с лодками и водолазами. Его работа — решающий шаг вперед, принципиальный прорыв науки и техники в канале связи, ранее вовсе не доступном". В 1960 году А.С.Шейну президиум АН СССР присудил ученую степень доктора физико-математических наук *honoris causa*. Работы А.С.Шейна постепенно заинтересовали учреждения ряда министерств. Вести работу по новым преобразователям для этих учреждений через ВНИРО А.С.Шейну было трудно, и волей-неволей Институт кристаллографии и в особенности лаборатория электрических свойств и я лично подключались то к одной, то к другой новой работе по пьезоматериалам, преобразователям. Большую практическую поддержку в балаклавские времена А.С.Шейну оказывал командир подводных лодок, контр-адмирал Н.И.Смирнов. Этот высоко-

образованный и дальновидный специалист, получивший позднее звание адмирала флота и командовавший Тихоокеанским флотом, хорошо понимал значение работ А.С.Шейна. Мне приходилось неоднократно принимать участие в балаклавских испытаниях преобразователей, а в 1955 году на эти испытания я приехал вместе с А.В.Шубниковым. К "генеральскому" приезду А.В.Шубникова А.С.Шейн и Н.И.Смирнов организовали испытания на дальность связи между подводными лодками. Испытания проводились вблизи Балаклавской бухты в открытом море. А.В.Шубников, А.С.Шейн, Н.И.Смирнов и я были в одной лодке, а группа работников лаборатории А.С.Шейна — в другой. После погружения лодок и по мере их расхождения между ними поддерживалась прямая разговорная связь. Эта связь в конк — ретных условиях испытаний была устойчивой вплоть до расстояния 3—4 километров.

Говоря об А.С.Шейне и А.В.Шубникове (рис. 11) как о людях, так или иначе связанных одной и той же проблемой, хочется вспомнить кое — что, характеризующее их персонально. По натуре А.С.Шейн и А.В.Шубников — совершенно противоположные люди. А.В.Шубников — образец дисциплины, организованности, исполнительности. А.С.Шейн испытывал трудности в координации и последовательности своих действий, выполнении обещаний, выдерживании сроков. Он практически был не в состоянии контролировать время, постоянно опаздывал. Эти особенности А.С.Шейна во многом определились ярко выраженной кипучестью его мышления и действий, неутомимостью поисков нового: новые идеи всегда роились в голове этого человека, мешая выполнению старых планов и обещаний. Его рабочий день, как правило, был неупорядочен; он часто не имел времени ни на еду, ни на сон. Будучи в определенной мере загнанным самим собой, он любил говорить: "Я спешу, я на последних оборотах..." Тот факт, что образец организованности, А.В.Шубников, при всех особенностях характера мог воспринимать А.С.Шейна и помогать ему, свидетельствует о том, как высоко ценил первый работы второго. А.В.Шубников и на испытании в Балаклаву, будучи большим семидесятилетним человеком, поехал не из интересов к гидроакустике, а из желания поддержать важное и нужное дело.

Вернемся, однако, к А.С.Шейну. По натуре он был человеком общительным, живым, веселым, а в конкретных делах несколько резковатым (особенно к нерадивым работникам). Когда дело шло хорошо, он любил шутить, используя нестандартные выражения: "очень отлично", "нормально медленно" и пр. "Моряк" Шейн не переносил вовсе не только судовой, но и автомобильной качки. Мне часто приходилось видеть, ценой каких усилий ему дается работа на корабле. По характеру работы А.С.Шейн был



Рис. 11. А.С.Шейн и А.В.Шубников, 1960 г.

мастером — одиночкой. Работавшие с ним люди были беспрекословными исполнителями его идей и планов, но работу этих людей он различал и ценил высоко. Права голоса в этом колллективе не имела и его преданная и послушная подруга жизни — научный работник его лаборатории Е.В.Шишкова". Здесь, пожалуй, надо бы поставить не точку, а запятую, продолжив высказанную И.С.Желудевым мысль такими словами: пока она не избрала для себя поле научной деятельности в области рыболокации и морской биоакустики.

Сотрудничество с Акустическим институтом АН СССР

Научные контакты А.С.Шейна с Акустическим институтом поначалу установились через доктора технических наук профессора Ю.М.Сухаревского. Но надо заметить, что первое близкое знакомство их состоялось еще в 1943 году в бытность Аркадия Сергеевича главным инженером завода № 633. Тогда — то, прослышав о его интересных разработках пьезокристаллических преобразователей — новинках акустики, и пришел с визитом на завод Юрий Михайлович, работавший в то время в НИИ связи. И вот спустя десять лет они снова встретились. Ю.М.Сухаревский был одним из первых, кто по достоинству оценил кольцевые преобразователи А.С.Шейна. Он сразу же решил применить их в своих морских исследованиях и пригласил Аркадия Сергеевича к себе на Сухумскую научную морскую станцию (СНМС), которая была им основана в 50-х

годах. Тогда, в начале 50-х годов, у ВНИРО еще не было своей морской экспериментальной базы, где можно было бы проводить испытания акустической аппаратуры, поэтому Аркадий Сергеевич с большим удовольствием принял приглашение приезжать в Сухуми для испытания приборов и проведения акустических морских исследований. В октябре 1954 года он с группой своих сотрудников и аппаратурой прибыл на СНМС. Тогда на ее территории было шесть одноэтажных деревянных домиков — миниатюрных лабораторий, два небольших испытательных судна, строили слип и многое другое.

Был конец октября. Темная южная ночь. Лишь узкий луч прожектора с маяка, разрезая тьму, чуть коснувшись сверкающей поверхности беспокойного моря, уходил в безбрежную даль. Морской прибой обдавал солеными брызгами людей — троих мужчин и одну женщину, — которые осторожно на четвереньках ползли по мокрым, скользким перекладам недостроенного слипа к его краю, омываемому волнами. Там можно было спуститься в шлюпку и на ней подойти к судну. Иначе нельзя — мешал накат. А на судне их уже ждали люди Сухаревского с аппаратурой. Пора было выходить в море. Ползти до края еще далеко, и видимость плохая. Но вот с вершины маяка ослепительный луч прожектора плавно скользил по зыбким волнам и остановился, ярко освещая "скелет" слипа и ползущих по нему людей. Картина — как в приключенческом кинофильме. На маяке, вероятно, поняли ситуацию и решили помочь. Освещали слип до тех пор, пока не спустились в шлюпку все четверо — А.С.Шейн, И.С.Желудев, А.Г.Трифонов и Е.В.Шишкова. Самый молодой из них И.С.Желудев — с марлевой повязкой: через лоб и виски, вид у него, как у бравого воина после боя. У него — ушиб головы, а у А.С.Шейна — ушиб головы и перелом одного ребра — последствия автомобильной аварии, в которую они попали накануне. Но несмотря на это, намеченные морские испытания новых излучателей не отложили. Выход и работа в море состоялись. Спустили три часа закончили эксперименты, и судно вернулось на прежнюю якорную стоянку. Аркадий Сергеевич вообще плохо переносил морскую качку, а тут еще головная боль от травмы и сломанное ребро непрерывно дает о себе знать при каждом движении. Но главное — работа сделана, радуют хорошие результаты. Все снова пересели в шлюпку, и она, подбиваемая зыбью, приблизилась к берегу. Сидевшие в ней один за другим прыгивают в прохладную воду. Но у Аркадия Сергеевича уже не хватает сил выбраться из шлюпки. Тогда Иван Степанович берет его и, как с поля боя, на руках, шагая по воде, выносит на берег. Спустя год на банкете по поводу защиты своей кандидатской диссертации Иван Степанович сказал: "Я своего науч-

ного руководителя на руках носил. Кто мне возразит?" Вот так работают и шутят физики.

Частым гостем во ВНИРО в лаборатории А.С.Шейна был Ю.М.Сухаревский. Их беседы проходили всегда очень оживленно и динамично — предпочитали часами беседовать стоя, слегка перемещаясь вдоль огромного дубового стола, загроможденного измерительными приборами. Прежде, в давно прошедшие времена, за этим столом трапезничали монахи, а теперь лишь на первом этаже института сохранились следы монастырского собора — высокие сводчатые потолки просторных залов с отличной акустикой.

В один из визитов Юрий Михайлович спросил: "У излучателей из титаната бария удельная мощность составляет $0,5 \text{ Вт/см}^2$, а у ваших?" — "У наших колец получается $3,5 \text{ Вт/см}^2$. У титаната бария велик угол потерь, в воздухе он сильно греется, — ответил Аркадий Сергеевич и продолжил: — При поляризации кольцевого пьезокристаллического излучателя (до 800 В) в одном направлении резонансная частота оказывается больше, чем при противоположной поляризации. Таким образом, в результате поляризации получаем новые свойства материала. Понятия поляризованного кристалла раньше не было вообще. Хотя сегнетова соль — самый нестабильный пьезоэлектрик, но поляризованная пластинка уже может служить стабилизатором частот — в зависимости от температуры давать нужное напряжение. Из поляризованной пластинки сегнетовой соли можно делать фильтры. Добротность колоссальная. Для этого пьезоэлемент делается разрезным — в виде камертона — из двух частей, которые поляризуются раздельно. Неармированное кольцо гораздо прочнее, чем пластинка". Юрий Михайлович поинтересовался: "Пробовали наблюдать температурную зависимость у ваших колец? Стабильнее?" Аркадий Сергеевич подтвердил: "Да. Как только включали постоянное напряжение 3 кВ , а затем переменное, амплитуда колебаний сильно возрастала, а ширина полосы сужалась. Ликвидируется зависимость пьезоконстант от температуры. Модуль упругости возрастает в четыре раза. С армировкой получается еще лучше. Сильно растет прочность. Армированное кольцо выдержит даже режим взрыва. В режиме ударного возбуждения в воздухе одно кольцо работало у нас в течение трех лет, а затем алюминий стал стареть — отщепляться, но кристаллический элемент работал хорошо".

Подобные беседы Аркадий Сергеевич постоянно сопровождал интересными и убедительными демонстрациями. С ответными визитами он нередко бывал у Юрия Михайловича в сухумском филиале Акустического института. Однажды они провели такой эксперимент. С эстакады опустили в море неармированный

кольцевой пьезокристаллический излучатель. А ведь неармированное кольцо излучает широкую полосу частот и пригодно не только для качественного воспроизведения звуков речи, но и музыки. На излучатель надо было подать напряжение со звукового генератора — какой-либо тональный сигнал. Но вместо этого решили излучать в море музыку. Как нельзя более кстати под рукой оказалась фонограмма с записью фортепьянного концерта в исполнении Юрия Михайловича Сухаревского. К слову сказать, он не только видный ученый — акустик, но и отличный пианист. Еще до войны окончил консерваторию, неоднократно участвовал в концертах для фортепиано с оркестром в составе самодеятельного коллектива музыкантов — ученых. Однако вернемся к морскому эксперименту. С магнитофона через мощный усилитель напряжение подали на подводный излучатель. Эффект получился потрясающим. Люди, стоявшие на эстакаде неподалеку от того места, где был погружен в воду излучатель, услышали громкие чистые звуки прелюдии Рахманинова, исходившие от поверхности моря. Пели волны, пела вся поверхность воды. Особенно хорошо ощутил эти звуки проплывавший мимо рыбак, который не только слышал музыку, исходившую от волн, но и ощущал вздрагивания корпуса своей лодки в такт мощным аккордам. Рыбак заметно встревожился неслыханным до того явлением и поспешил скорее убраться отсюда подобру — поздорову.

Ю.М.Сухаревский, будучи на протяжении двадцати лет в тесном сотрудничестве с А.С.Шейным, высоко ценил его научные достижения, он так отзывался о нем и его работе: "Отсутствие мощных гидроакустических излучателей, эффективно работающих в широкой полосе частот, долгое время сдерживало развитие важнейших гидроакустических исследований и не позволяло найти технические решения для ряда задач гидроакустики в различных областях народного хозяйства. Создание таких излучателей представляло одну из труднейших проблем гидроакустики... А.С.Шейным обнаружено и объяснено явление значительного уменьшения механических потерь на внутреннее трение в кристаллах сегнетовой соли при наложении на них постоянной механической нагрузки или постоянного поляризующего поля. Использование этого явления позволило во много раз повысить электрическую прочность сегнетокристаллических излучателей, добиться значительного увеличения акустической мощности и коэффициента полезного действия. Кристаллы при работе в таком режиме стали более перспективными для применения их в гидроакустических преобразователях... Имеется успешный опыт использования этих систем в экспериментальных работах, проводимых в морях и океане. В 1962 году лаборатория ВНИРО изготовила для Акустического

института усовершенствованный излучатель, позволяющий развивать в широкой полосе частот звуковое давление, в несколько раз больше, чем предыдущие образцы. Величина звукового давления — порядка десятых долей атмосферного".

Сухумский филиал Акустического института оказывал большую поддержку ВНИРО, предоставляя свое судно "Ингур", оборудованное первоклассной аппаратурой, для исследований акустических характеристик рыбы и морских биоакустических исследований.

Сотрудничество с Московским государственным университетом

Научные связи А.С.Шейна с кафедрой акустики МГУ определились еще в годы войны в бытность его главным инженером опытного завода № 633. Тогда он и пригласил посетить завод, ознакомиться с новинками акустических пьезоприборов заведующего кафедрой акустики, профессора С.Н.Ржевкина. С тех пор и установился на многие годы их постоянный дружески-деловой контакт. Позже, когда Аркадий Сергеевич организовал и задействовал лабораторию гидроакустических приборов во ВНИРО, расширив свои исследовательские работы, связанные с созданием новых акустических преобразователей, Сергей Николаевич регулярно внимательно знакомился с ними, поддерживая их развитие своими выступлениями на ученом совете ВНИРО. В одном из своих отзывов о работе А.С.Шейна и руководимой им лаборатории С.Н.Ржевкин, отозвавшись одобрительно о работах лаборатории в части проводимых исследований по рыболокации, писал:

"Лаборатория работает под руководством инж. А.С.Шейна в составе 6 научных сотрудников¹, включая руководителя, и 7 человек вспомогательного технического персонала... За счет применения разработанных лабораторией пьезоэлектрических приемников с увеличенной чувствительностью возможно получение дальностей значительно больших, чем дают зарубежные приборы при значительно меньших коэффициентах усиления, и, следовательно, с меньшим уровнем помех... Разработаны также пьезоэлектрические приемные системы взамен магнито-стрикционных для существующих рыболокаторов, что дает увеличение чувствительности более чем в 10 раз...

В лаборатории созданы полупроизводственные установки для выращивания кристаллов сегнетовой соли (до 32 кг) и фосфата

¹ В тот период (50—е гг.) ни один из сотрудников лаборатории А.С.Шейна не имел еще ученой степени.

аммония (до 10 кг), что позволяет вести эксперименты в широком масштабе и обеспечить производственные предприятия необходимым количеством пьезоматериалов при выпуске опытных образцов.

Впервые разработанные и изготовленные силами лаборатории широкополосные излучающие системы большой мощности нашли широкое применение в научных экспериментах самой лаборатории при разработке рыбопоисковой аппаратуры, а также в ряде ведущих научно-исследовательских учреждений, работающих в области гидроакустики.

А.С.Шейну с сотрудниками удалось добиться путем оригинальных электрических воздействий на пьезоэлектрик значительного уменьшения электрических и механических потерь и получить возможность управления важнейшими параметрами материала — его модулем упругости, скоростью звука, пьезоэлектрическим и диэлектрическим коэффициентом, а также электропроводностью. Эти результаты имеют большое практическое значение... Нельзя не выразить изумления, что такой маленький коллектив получил такие большие и значительные результаты".

В ответ на последнее замечание С.Н.Ржевкина можно сказать, что значительные научные результаты, полученные в лаборатории, следует отнести за счет личных деловых качеств и энергии А.С.Шейна. На протяжении многих лет научного сотрудничества Аркадий Сергеевич оказывал университету поддержку своими разработками. Пьезокристаллические кольцевые преобразователи оказались новым важным средством научного эксперимента в проводимых кафедрой акустики МГУ исследовательских работах по гидроакустике.

Сотрудничество с Военно-морской академией кораблестроения и вооружения имени А.Н.Крылова (ВМАКВ)

Приведенный выше перечень научных организаций был бы неполным, если не упомянуть о сотрудничестве с ВМАКВ, где кафедру гидроакустики в 50-е годы возглавлял доктор технических наук, профессор В.Н.Тюлин. Это он в 1933 году сконструировал первый советский эхолот¹, а позже первым в стране сформулировал методы расчета гидроакустических излучателей и приемников, изложил теоретические основы гидроакустики, руководил разработкой ряда гидроакустических

¹ В том же году Томию Хасимото создал первый эхолот в Японии.

станций и воспитал в академии сотни специалистов гидроакустиков.

Знакомство Аркадия Сергеевича с Владимиром Николаевичем состоялось в 1950 году — в период начала проектных работ по рыболокатору "Скорпион". А затем установились постоянные деловые отношения. В.Н.Тюлин всегда с большим интересом знакомился не только с новыми разработками А.С.Шейна, предназначенными для Военно—Морского Флота, но и с его исследованиями по кристаллофизике и работами лаборатории по совершенствованию рыбопоисковой гидроакустической техники, а также разработке физических основ промышленной гидроакустики.

Кафедра гидроакустики ВМАКВ предоставляла лаборатории А.С.Шейна возможность для проведения в своем опытном бассейне всесторонних испытаний новых приемопередаточных гидроакустических антенн и оказывала помощь. Со своей стороны лаборатория, руководимая А.С.Шейным, оказывала практическое содействие кафедре В.Н.Тюлина в проведении некоторых исследований с пьезокристаллическими преобразователями. Встречи Аркадия Сергеевича с Владимиром Николаевичем всегда были взаимно интересны, сопровождались надолго затягивавшимися полезными дискуссиями. Это деловое общение, безусловно, способствовало обеспечению современного уровня исследовательских работ, проводимых в гидроакустической лаборатории ВНИРО, руководимой А.С.Шейным.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

Рядом
с А.С.Шенным

Я знала Аркадия Сергеевича тридцать семь лет, из них тридцать пять лет была рядом, в том числе тридцать один год была его сотрудницей и кое в чем помощницей.

Мы оба учились на радиофакультете Московского электро-технического института связи, но на разных курсах. Я — на курс старше, хотя по возрасту была моложе его почти на два года. В сентябре 1935 года состоялось наше знакомство на вечере танцев. Потом Аркадий решил меня проводить. А жила я далеко — на шоссе Энтузиастов. Выйдя из института, который был тогда на углу Петровки и Страстного бульвара, мы прошли пешком до Политехнического музея к остановке трамвая. Теплый сентябрьский ветер раздувал его волосы, Аркадий по-минутно старался пригладить их. Продолжая разговор, начатый по дороге, он поинтересовался: "Вы радиолобитель?" Много лет спустя я поняла, что этот вопрос для него был определенным критерием для суждения о деловых качествах человека. Теперь — то я знаю его формулу: "Работать головой и паяльником". Головой я работала как будто неплохо, но вот к паяльнику особого пристрастия не испытывала. Тогда же на вопрос Аркадия я ответила, что люблю слушать радио, особенно музыкальные и литературные передачи. Он сказал: "Радиослушателями у нас являются практически все. А я очень люблю экспериментировать". Мысленно я добавила: экспериментировать — наверно, это очень интересно? А что подумал он? Возможно, пожалел, что я не "радиотик", как тогда в шутку называли ярых радиолобителей. Но тут подошел мой трамвай, и мы расстались. Начавшаяся так неожиданно дружба продолжалась два года. В октябре 1937 года мы поженились, и я переехала к Аркадию. В коммунальной квартире, где жили еще три семьи, началась наша совместная жизнь в комнате площадью двенадцать квадратных метров. Для начала это было совсем неплохо. Хозяйство старались вести рационально, по средствам. А средства были таковы: у меня — стипендия, а у него — временные заработки или доход от распродажи вещей, унаследованных от матери, — то что — нибудь из мебели сдает в комиссионный магазин, то картину какую — нибудь отнесет в Третьяковскую галерею (среди

них была картина Е.Поленовой "В детской", эскиз Левитана к картине "Горное озеро" и другие).

Кроме неизбежных кулинарных дел пришлось заниматься и всеми остальными хозяйственными проблемами. Зимой Аркадий носил шубу с бобровым воротником. Анна Петровна, тетя Аркадия, шутя, называла его "бобровый барин". Однако у этой барской шубы верх — необычно мягкая шерстяная ткань типа рогожки с темно-зелеными и черными нитями — изрядно потерся, особенно спереди, где обтрепалась застежка. Полы были явно широки, рассчитаны на хозяина с брюшком. Видно было, что это зимнее, выдавшее виды пальто — с чужого плеча. Я и подумала, что отцовское, но из деликатности не стала ничего спрашивать у Аркадия. Сказала лишь ему: "Аркаша, твое зимнее пальто сильно подносилось. Надо бы его перелицевать, тем более что изнанка у него совсем не потрепана и имеет очень приличный вид. Давай сходим в соседнюю мастерскую". Он согласился. Пошли вместе в ателье "Ремонт одежды". Посмотрел мастер шубу и сказал: "Очень изношенная вещь. Такие в ремонт мы не принимаем". Отправились мы в другую мастерскую, и там ответ был тот же. Когда вернулись домой, я решительно сказала: "Аркаша, я и сама смогла бы перелицевать твою шубу, но ведь машинка нужна для этого". Он ответил, что зингеровская швейная машина его мамы цела и была передана во временное пользование ее подруге и однокурснице Марии Петровне. Пошли к Марии Петровне. Она сказала, что машинку отдала на время жене племянника, но обязательно заберет ее. И добавила, указав на дамское письменное бюро красного дерева, принадлежавшее тоже матери Аркадия: "А вот это, Аркаша, я тебе не отдам". Аркадий не возразил, а я тем более. Вскоре зингеровская машинка была у нас. Я тут же принялась драконить шубу буквально по всем швам. Выстирала, отутюжила и собрала вновь, но не по старым швам с пузырящимся животом, а соответственно фигуре своего стройного супруга, аккуратно упрятив в швы потертые места и обновив застежку. Но самое интересное крылось в бобровом воротнике. Как известно, мех бобра по шкале прочности стоит на первом месте. Но этот воротник был уже заметно потерт. Когда же я отпоролла его от пальто, то на обратной стороне увидела надпись — имя хозяина. Так во все года делали, когда сдавали воротник портному. Но каково же было мое удивление, когда я прочла: "Дмитрий Иванович Шеин". Так ведь это же дед! Оказалось, что Аркадий носил не отцовскую, а еще дедовскую шубу. Деда звали Дмитрием, а прадеда, выходит, — Иваном. Вот где приоткрылась родословная. Можно ли себе представить, чтобы современный студент 80 — 90-х годов стал носить дедовское поношенное пальто? Конечно же, нет. Но у Аркадия не было предрассудков, как, впрочем, не было

и альтернативы. Потому он и носил дедовскую шубу с бобровым воротником, а в придачу к ней — тоже, по-видимому, дедовские — огромные рукавицы на беличьем меху. Иначе у него зимой мерзли руки. Аркадию очень понравилась моя портновская работа. Он с удовольствием носил свою обновленную, подогнанную по размеру шубу не только до конца учебы в институте, но и сверх того, пока не купил себе кожаное пальто. История с шубой завершилась тем, что в 1943 году, когда собирали теплые вещи для населения, пострадавшего от немецких оккупантов, мы отдали туда дедовскую шубу с бобровым воротником и с автографом деда на его обороте. В голову не пришло тогда, что воротник — то можно было спорить. Ну ничего, зато какой — то бедный человек порадовался, наверно, теплой шубе.

Отец Аркадия, живший в соседнем доме, иногда заходил к нам. Обычно он спрашивал у Аркадия: "Как дела у тебя в университете?" А ко мне обращаясь, говорил: "А как у вас на курсах?" Мы отвечали кратко, что все в порядке. А про себя я думала: почему такая дискриминация, когда мы учимся в одном институте, да к тому же я на курс старше? Но успокаивала себя, думая, что говорит он так просто по старинке: сам учился в университете, а жена — на Высших женских курсах.

Однажды, еще будучи студентами, мы навестили Сергея Дмитриевича. Его жена Оксана Валериановна приглашала меня приходить к ним печь пироги в газовой плите. Но мне тогда некогда было этим заниматься, да к тому же всевозможных готовых пирогов в продаже было сколько угодно. Пока, сидя за столом, мы с Оксаной Валериановной мирно беседовали на житейские темы, отец и сын увлеченно разговаривали. Оксана Валериановна при этом резонно замечала: "У Аркаши идеи бьют фонтаном, как у Сергея Дмитриевича, и все — между пальцев". К сожалению, она была совершенно права — очень многое из работ Аркадия Сергеевича осталось не заявлено, не опубликовано, не завершено.

Самой близкой родственницей Аркадия была Анна Петровна Уварова, младшая сестра его матери. Это благодаря ее, можно сказать, материнской заботе и стараниям он обрел в свои двадцать лет собственную комнату в Большом Козихинском переулке. У Анны Петровны мы обычно встречали праздники. Произнося тост под новый, 1943 год, Аркадий предложил: "За много денег!" Анна Петровна рассмеялась и спросила: "А зачем тебе много денег? Что ты с ними сделаешь?" — "Построю дом, заведу лабораторию". Иных желаний у него не было. Б.В.Витовский, по специальности архитектор, но занимавшийся скоростным выращиванием кристаллов, нарисовал акварелью красивый двухэтажный домик, окаймленный кудрявой зеленью,

— воплощение мечты на бумаге. Но спустя почти двадцать лет мечта Аркадия Сергеевича сбылась — была построена отличная экспериментальная база на Черном море. Действительность превзошла мечту.

Аркадий Сергеевич вечно торопился, опаздывал. Вот один случай. Шел 1940 год, дисциплина была строгая. Вышел из дома поздновато. От Никитских ворот нужно было быстро доехать в Замоскворечье. Такси тогда было очень мало. Но вот у светофора остановился грузовик, и Аркадий с разрешения водителя прыгает в кузов, успевает на работу вовремя. Спустя дня три повторяется то же самое на том же месте и в тот же час. Опять подкатывает грузовик, и Аркадий бросается к шоферу, умоляет подвезти его, а тот кричит ему, смеясь: "А, это ты опять? Ну лезь в кузов!" Так у Аркадия Сергеевича и появилась "персональная" машина.

Иногда последствия неорганизованности и спешки были просто ужасны. Собирались мы как — то на полевые испытания в Нахабино и, выходя из дома, я сказала ему: "Не задерживайся, а то опоздаешь на электричку". На платформе в Покровском — Стрешневе я встретила с двумя нашими техниками. Вскоре видим — подходит электричка, а Аркадия все нет. Но вот он показался на мосту, держа за плечами на ремнях ящик с прибором для испытаний (не доверяя его никому, таскал сам), спускается по лестнице. Тогда мы вошли в вагон и стоим у дверей. Поезд медленно тронулся. Аркадий подбежал к вагону, уцепился за поручень одной рукой и встал на узкую кромку у входа в тот момент, когда проводница захлопнула дверь вагона. Он еле удержался, стоя на узкой кромке. Поезд набирал скорость. Медленно опускаая ремень, чтобы ослабить удар от падения, Аркадий выпустил его. Ящик упал с его спины на платформу. Он все еще держался за поручень. Скоро кончится платформа, но он успел спрыгнуть на нее перед столбом, чуть не ударившись о него. Пронесаясь в своем вагоне мимо Аркадия, мы видим его бледное лицо, глаза с выражением пережитого страха. Могла случиться непоправимая беда, а чего ради, спрашивается? Казалось, следовало бы сделать для себя соответствующий вывод. Но нет, вопреки здравому смыслу он продолжал вести себя так и дальше — на пределе возможного срыва.

Было и другое опоздание, но совсем в ином духе. В ресторане "Прага" готовились отметить в 1956 году юбилей ВНИРО. От дома до "Праги" нам недалеко, можно прийти вовремя. Так нет, опять жду его, все наводит красоту. Наконец мы примчались к ресторану, спешим к лестнице, где лифт, но лифтерша предлагает: "Идемте лучше к другому лифту, он ближе к зеркальному залу, где ваш банкет". До нас гости поднимались на лифте, что рядом с лестницей, и входили в зал через широкую

дверь. Все уже сидели за банкетным столом, как вдруг раз — двигается зеркальная стена и появляемся мы — как будто из потустороннего королевства зеркал, затем мгновенно зеркала за нами сомкнулись. Когда мы сели за стол, нам сказали: "Вы очень оригинально появились в зале — не через дверь, а прямо из зеркальной глубины". На сей раз из-за опоздания получился безобидный трюк.

В начале работы во ВНИРО наряду со всеми плановыми научными работами необходимо было обеспечить определенный контроль на промысловом флоте за состоянием имевшейся гидроакустической техники, оказать необходимую практическую помощь и консультации на местах. Поначалу для выездов на моря нужен был хотя бы один опытный инженер-гидроакустик. И вот нашелся такой инженер, демобилизованный с Военно-Морского Флота, — Н.И.Русаков. Но возникла сложность с его зачислением в штат ВНИРО, так как жил он не в Москве, а в Ленинграде, откуда и мог выезжать в командировки. При таких обстоятельствах только министр мог разрешить принять Н.И.Русакова в штат ВНИРО. Тогда Аркадий Сергеевич решил пригласить министра рыбной промышленности к себе в лабораторию, чтобы ввести в курс дела, облегчив таким образом решение насущных проблем. Это было весной 1950 года. Около одиннадцати часов вечера, когда я уже была дома, Аркадий Сергеевич позвонил из министерства и сказал: "Приезжай в институт. Сейчас я выеду во ВНИРО вместе с министром товарищем Ишковым". Я ответила, что немедленно еду, но подумала: почему он сказал "с министром Ишковым"? Ведь недавно на пост министра был назначен В.К.Русаков, а А.А.Ишков стал его заместителем. Ну да это не важно. Успела приехать в институт заранее. Приготовила что нужно для демонстрации — приборы, бумаги. Вскоре прибыл Аркадий Сергеевич с гостями. Их оказалось трое: высокий, худощавый, лет тридцати семи мужчина, второй постарше, среднего роста, плотный, широкоплечий, третий — невысокого роста, с восточными чертами лица. Пришли они в пальто, головных уборах, и Аркадий Сергеевич, не предложив им раздеться, сесть, сразу начал увлеченно рассказывать о проделанной за год работе по организации и оснащению лаборатории, по созданию приборов для предстоящих морских исследований в первой экспедиции. При этом Аркадий Сергеевич обращался главным образом к первому — высокому гостю. Я подумала, что, наверно, этот молодой мужчина — референт министра, а сам он приехать не смог. Они все продолжали слушать стоя. Тогда я подвинула стул к ближайшему от меня "восточному" человеку и предложила сесть. Но он возразил: "Спасибо, я постою. Хочу подрасти". А я заметила ему со свойственной мне непосредственностью: "Теперь уже все равно

не поможет". Заканчивая беседу, Аркадий Сергеевич обратился к высокому гостю: "Мы испытываем теперь затруднения с кадрами. Нам нужно оказывать помощь рыбопоисковому флоту непосредственными выездами на места для проверки и наладки гидролокаторов и эхолотов. Мы просим вас разрешить принять на работу инженера — гидроакустика, который живет в Ленинграде, а числиться будет по нашему штату и работу выполнять, разъезжая по местам. Его фамилия Русаков". При этих словах высокий не смог сдержать улыбки. Тут только дошло до меня, что это и есть министр К.В.Русаков, а его спутники — заместители А.А.Ишков и К.Е.Бабаян. Войдя в курс насущных проблем недавно зародившейся лаборатории, К.В.Русаков тут же наложил резолюцию на заранее заготовленное и представленное ему письмо, разрешив принять на работу во ВНИРО инженера Н.И.Русакова. Затем все спустились с третьего этажа на первый в аппаратный зал гидроакустической лаборатории, где беседа продолжалась и закончилась только в два часа ночи. Никто из присутствующих не считал это странным. Ведь у руководящих работников министерства для подобного визита не нашлось бы дневного времени, а решение проблем лаборатории не терпело отлагательств. И вообще, в те годы принято было работать столько, сколько надо было по обстоятельствам, не считаясь со временем. Так и мы поступали. Лишь после 1953 года по министерству, а затем и по институту был отдан приказ, запрещающий сотрудникам задерживаться по окончании рабочего времени. Но вернемся к той ночи. Городской транспорт уже не работал, и министр пригласил нас в свою "Волгу". Разместились все пять человек, и К.Е.Бабаян сострил на сей счет: "Ну вот теперь нормальная загрузка, а то гоняют пустую машину". Мы быстро доехали до министерства, находившегося тогда на улице Разина, откуда до дома было рукой подать. Подобно тому как в военное время Аркадий Сергеевич использовал тактику прिवлечения "малого Совнаркома" для решения неотложных заводских проблем, так и на сей раз он использовал этот прием.

Летом 1950 года состоялась наша первая экспедиция на Черное море. В качестве базы была выбрана Балаклава, где бухта привлекала своим затишьем, что важно было для акустических испытаний аппаратуры. Для работы пристроились на краю полигона водолазной школы, отгородив себе брезентом небольшое помещение. Устроиться хотя бы так помогли прежние деловые контакты Аркадия Сергеевича с Аварийно-спасательным управлением ВМФ. Но в Балаклавской бухте шумовых помех оказалось многовато — то катер пройдет, то сейнер местного рыбколхоза, то водолазы стучат. Приходилось со своей работой принаравливаться к подходящему времени, когда стихали шумы. По ходу работ неоднократно выезжали и в

другую бухту — Камышевую — ту самую, которая позже превратилась в крупный порт, пристанище рыболовного флота. Но тогда, в 1950 — м, там было пусто и тихо. В округе ни на суше, ни на воде не было ни единой души, что позволяло проводить испытания гидрофонов и акустические наблюдения без всяких помех. Именно Камышевая бухта оказалась первой, где были обнаружены звуки рыб, показавшиеся вначале какими — то непонятными помехами. Но однажды случилось неожиданное. На противоположной стороне бухты в полдень появилась автомашина с группой солдат, которые сразу же занялись там какой — то работой. Тем временем мы устроили себе небольшой перерыв, чтобы поесть и отдохнуть немного от жары в тени от нашей автомашины. Вдруг на другой стороне бухты раздался оглушительный взрыв, и осколки металла, долетев до нашего берега, ударили в деревянную обшивку грузовика. Он — то и защитил нас от прямого попадания осколков взорвавшейся мины, которую солдаты привезли, чтобы обезвредить. Но яму для нее, по — видимому, вырыли недостаточно глубокую. Этот взрыв прозвучал как эхо минувшей войны. Несмотря на некоторые организационные трудности, первая экспедиция прошла удачно. Главными итогами ее были положительный исход испытаний разработанной звукоприемной аппаратуры и соответствие ее задаче биоакустических исследований.

У Аркадия Сергеевича часто случалось, что не рассчитав погоду, предполагая вернуться домой в теплое время, и окажется где — нибудь в командировке одетым совсем не по сезону. Однажды он задержался в Севастополе, когда наступили осенние холода, а он был в легком плаще и без головного убора. И надо было еще лететь в Сухуми. Тогда — то и одолжил ему свою флотскую фуражку капитан 1 — го ранга Н.И.Смирнов. В таком виде он и прилетел в Сухуми продолжать работу на научной морской станции у Ю.М.Сухаревского. Тот ужасно хохотал, увидев Аркадия Сергеевича в столь необычном для него наряде отставного моряка. В другой раз из Сухуми в Таганрог он вы — ехал в одном костюме. Ни пальто, ни даже плаща при нем не было. А в Таганроге, как известно, в октябре погода не жалуется. Часто бывают сильные холодные ветры. Не мудрено, что, пробыв там несколько дней, Аркадий Сергеевич простудился и в Москву вернулся уже с высокой температурой. Воспаление легких протекало в очень тяжелой форме. Неоднократно вызывали "скорую помощь". Когда Аркадий Сергеевич оправился немного от болезни, то поехал в подмосковный санаторий "Артем". Он нередко говорил: "Телевизор это — антиработин". Но в санатории так насмотрелся телевизионных передач, что потерял сон и аппетит. По приезде в Москву вынужден был пройти курс иглотерапии, которая ему очень помогла. Сон стал нормальным,

и на аппетит он больше не жаловался. В третий раз при неувязке с погодой Аркадий Сергеевич оказался в Ленинграде. Чтобы вернуться домой здоровым, пришлось нарядить его в белый шерстяной джемпер адмирала И.И.Гаркуши.

При своем привычном перенапряжении Аркадий Сергеевич постоянно испытывал дефицит времени. Запомнился случай, когда я срочно печатала ему научный отчет для Института кристаллографии. Я к этому институту не имела никакого отношения, но надо было выручать его, попавшего в очередной цейтнот. Пришлось сидеть всю ночь до утра в лаборатории ВНИРО. Я печатала, а он после суетного дня с текущей работой, экспериментами, контактами с сотрудниками дописывал последную часть, буквально засыпая на десять—пятнадцать минут, пока я отстукивала очередную страницу. Заходила в соседнюю комнату, где он сидел, будила его, заснувшего сидя, положив голову на стол. Он дописывал последние страницы. Отпечатала, осталось мне вписать формулы. Отчет был сдан вовремя. Это был один из последних отчетов для Института кристаллографии, впоследствии у Аркадия Сергеевича перед Институтом кристаллографии не было никаких официальных обязательств, но научные контакты никогда не прерывались. Это был лишь один маленький пример того, как человек работал на износ.

Казалось, Аркадий Сергеевич обладал некой притягательной силой. Его постоянно одолевали частые визитеры из разных организаций: одному нужно помочь тем, другому этим. И чем дальше, тем больше их было. Отказывать он не умел. Хотел всем жаждущим помочь, тем более что речь шла о кристаллах сегнетовой соли, их применении в той или иной области науки и техники. Эта дополнительная нагрузка стала отнимать все больше времени, и не всегда Аркадий Сергеевич мог распланировать свой день, быть пунктуальным в выполнении своих обещаний.

Всю свою жизнь, не считая детские годы, Аркадий Сергеевич прожил в коммунальных квартирах. Разница была лишь в размерах комнат. Сначала, в 1951-м, поменяли двенадцатиметровку на комнату в двадцать три метра. При этом обмен был разрешен лишь в результате ходатайства нашего депутата — президента АН СССР А.Н.Несмеянова. Второй раз, спустя десять лет, квартирные условия были улучшены за счет получения второй освободившейся в той же квартире комнаты площадью четырнадцать метров. Эта комната и стала личным кабинетом Аркадия Сергеевича, а мы с дочерью располагали прежней комнатой. Кроме нас, в квартире остались еще две семьи. Аркадий Сергеевич умел преодолевать большие трудности и добиваться желаемого результата там, где речь шла о работе, а все личное отодвигалось на задний план. Ни будучи директором

и главным инженером завода, ни позже, посвятив себя науке, он не ставил себе задачу получения отдельной квартиры. Как — то вошла к нему в комнату, вижу — он в хорошем настроении, надевает белую накрахмаленную рубашку. Я ему и говорю:

*Мне и рубля не накопили строчки,
Краснодеревщики не слали мебель на дом,
И, кроме свежeweымытой сорочки,
Скажу по совести — мне ничего не надо.*

Действительно, эти стихи написаны как будто о нем, а потому и понравились. Ухмыльнулся Аркадий и говорит: "Ты сочинила?" Ну тут уж я рассмеялась и ответила: "Нет, не я — Маяковский". Аркадий не любил читать художественную литературу, тем более стихи. Потому и не знал столь популярных строк Маяковского. Был у нас с ним еще в первые годы знакомства забавный раз — говор о Жуковском. Аркадий рассказал один анекдотичный случай, когда Жуковский по рассеянности, шагая одной ногой по тротуару, а второй по мостовой, подумал, что он стал хро — мать. Ни достоверным, ни смешным мне это не показалось. Аркадий спросил у меня: "Ты знаешь кто такой был Жуковс — кий?" С некоторой обидой я ответила: "Что ты меня все время экзаменуешь? Хотя наизусть его стихов не помню, но знаю, что Жуковский был известный поэт". Аркадий удивился: "Какой поэт? Я не знаю такого поэта, а говорю о великом авиаторе". Так из — за Жуковского чуть было не поссорились. Каждый из нас думал о том, что ему ближе. Что же касается рассеянности, то у Аркадия Сергеевича ее было, пожалуй, не меньше, чем у Н.Е.Жуковского. Однажды осенью в Балаклаве он примчался (иначе и не скажешь о его стремительной походке) к причалу, где ожидали его механики около сходней, сдвинутых с борта судна, покачивавшегося на волне. Аркадий Сергеевич на мгновение остановился, сказал возбужденно что — то своим со — трудникам и тут же второпях двинулся вперед по сходням. Люди и ахнуть не успели, как сходни качнулись вниз, и он оказался в холодной воде в полном осеннем снаряжении. Пришлось все долго просушивать.

С Владимиром Николаевичем Тюлиным у Аркадия Сергеевича была большая дружба, несмотря на разницу в возрасте в двадцать лет. Что — то в характере у них было общее. Когда они встречались у нас дома, разговорам на акустические темы не было конца. Так же бывало и в Ленинграде. Вышли они как — то поздно, в первом часу ночи, из гостиницы "Астория", где обычно останавливался Аркадий Сергеевич, и вдруг решили пробежаться наперегонки. Так и сделали — через всю Исаакиевскую пло — щадь. Потом Аркадий с удивлением рассказывал: "Владимир

Николаевич, оказывается, так здорово бегаёт". Это было неожиданное открытие, тем более что походка у него была неторопливая и было ему тогда уже за шестьдесят.

Однажды, приехав к Аркадию Сергеевичу в Балаклаву, Владимир Николаевич принял участие в испытаниях пьезоизлучателей. Желая собственными ушами ощутить силу и разборчивость излучаемых под воду звуков речи, он без конца нырял, потеряв, как и Аркадий Сергеевич, чувство меры. До того накупался в довольно прохладной воде, что пришлось во избежание простуды отогреть его в местной чайной уже не чаем, а более крепким напитком.

Говоря о необычных купальщиках, стоит вспомнить и об А.В.Шубникове. Летом 1949 года мы с Аркадием Сергеевичем были в отпуске в Алушке. Неожиданно повстречались с Алексеем Васильевичем, отдохнувшим там же со своей семьей. Во время купания он продемонстрировал нам свою феноменальную способность — неограниченно долго лежать на воде вниз лицом. По его собственным словам, он имел жизненную емкость легких шесть литров. Аркадий Сергеевич не смог этого повторить, хотя, ныряя, проплывал под водой около двадцати метров.

Не ради юмора, а чтобы правильно писали его фамилию, когда случалось где-то регистрировать свой визит, он подсаживал: "Шейн — от слова шея". В тон ему на полном серьезе продолжал Н.И.Русаков: "Русаков — заячьей породы". А то еще сопровождавший его Горохов пояснял: "Горохов — из семейства бобовых". Аркадий Сергеевич не обижался на шутки сотрудников, но всякий раз продолжал разъяснять правописание своей фамилии: "Та же, что была у генералиссимуса при Петре Первом".

А в общем, он не был чужд юмора и при случае любил сам пошутить. В то утро, когда из ПИПРО к нам в институт для консультации впервые приехал О.Н.Киселев, Аркадий Сергеевич еще не появился на работе. В ожидании его прихода мы с Киселевым успели уже обстоятельно побеседовать о прератностях рыбпромразведки и других проблемах, как вдруг торопливо вошел наш шеф. Я представила его Киселеву, а тот подошел к Аркадию Сергеевичу, протянул руку и назвал себя: "Киселев из Мурманска". В ответ он услышал: "Шейн из Москвы".

Всеобщее оживление. Знакомство состоялось.

В составе советской делегации от Минрыбпрома в 1956 году Аркадий Сергеевич был в Копенгагене на Международной выставке техники рыболовства. Этим поездкой он остался очень доволен. С техникой, в том числе гидроакустическими новинками, познакомились и на выставке, и на борту рыболовных судов. Чувствовал там себя Аркадий Сергеевич, что называется, как

рыба в воде. Ему сказали, что он похож на датчанина. Но вот дурная российская привычка нарушать правила дорожного движения не исчезла у него и в Копенгагене: надо же было при переходе улицы пойти на красный свет! Раздался свисток, пошел полисмен, козырнул и сказал что-то по-датски. Аркадий Сергеевич подумал: "Ну, сейчас он меня оштрафует". А вслух произнес: "I don't understand". Тогда полисмен сказал по-английски: "Repeat, please: green — go, red — stop". И заставил нашего иностранца трижды это повторить, чтобы запомнилось как следует, что на красный свет нельзя идти. Затем отпустил его без штрафа.

А спустя три дня Аркадий Сергеевич оказался в полицейской машине. Случилось это так. Изучив все, что можно было в Копенгагене на выставке по технике рыболовства, он осведомился через советника нашего посольства о средствах связи, используемых полицией. Ему посодействовали, и вот он уже едет в полицейской машине, восхищаясь тем, как всесторонне используются возможности средств связи. Рассказывал потом: "Представляешь, из автомобиля можно позвонить по любому телефону".

Теперь для нас это нормальное явление, но в 50-е годы казалось удивительным. У Аркадия Сергеевича ко всему был живой интерес.

Как ни странно, в наш цивилизованный век еще бытуют предрассудки, в частности по поводу числа 13. Вопреки всем мрачным толкам Аркадию Сергеевичу число 13 явно приносило удачу, вплетаясь в его жизнь неоднократно. В доме № 13 по Большому Козихинскому переулку он начал свою самостоятельную жизнь. В ЦНИЛ Треста № 13 НКАП, где начал работать еще до окончания института, нашел свое призвание и приложение творческих сил к исследованиям по кристаллофизике, ставшей главным смыслом его жизни, 13 августа 1953 года с отличными результатами были проведены официальные морские испытания по связи с подводной лодкой. А этот день, к тому же понедельник, считался неблагоприятным для моряков. Тогда перед выходом в море командир подводной лодки заметно волновался: судно в этот день должно было пройти государственные испытания, а тут еще добавили комиссию по испытаниям связи, в составе которой еще и женщина на борту. Но не знал тогда командир, что вдобавок ко всему эта женщина в просторно сшитом комбинезоне готовилась через два месяца стать матерью. И уж это было сверх всяких морских норм и понятий. Когда лодка погрузилась на небольшую глубину, командир любезно предложил мне посмотреть в перископ. Как это было интересно: после монотонно-серого окружения внутри подводной лодки увидеть в ярком солнечном свете синие волны,

белый катер с нашими коллегами на палубе. Аркадий Сергеевич с растрепанными от ветра волосами оживленно жестикулировал, объясняя что — то механику, занимавшемуся приборами. Они и не подозревали, что мы их рассматриваем как на экране цветного телевизора. Испытания в полном объеме закончились благополучно. И еще один раз встретилось число 13: согласно пункту 13 устава АН СССР А.С.Шейну была присуждена ученая степень доктора физико — математических наук *Honoris causa*.

Еще в период работы Аркадия Сергеевича в ЦНИЛ под руководством А.В.Шубникова тот пытался побудить его написать монографию по пьезоэлектричеству в прикладном аспекте, но безрезультатно.

А.А.Турчанин, неоднократно посещая лабораторию Аркадия Сергеевича, знакомясь с его новинками, говорил: "Пишите, публикуйте свои научные работы".

Директор ВНИРО Г.К.Ижевский, весьма уважительно относившийся к Аркадию Сергеевичу, но зная его неуправляемый характер, с досады однажды сказал: "Вас нужно посадить в тюрьму — только тогда вы напишете свои научные труды". Об этом же говорили ему и другие, но Аркадий Сергеевич отвечал: "Нам некогда заниматься литературной деятельностью". Когда же случалось ему сосредоточенно заниматься, писать (а писал он очень хорошо), он говорил: "Мысль — как бабочка, ее нужно ловить мгновенно, не то она улетит и не поймает". Было у него и другое любимое выражение — "вынашивать идею". Ведь действительно идея является не вдруг сложившейся сутью, четко сформулированной, а как бы не созревшей еще, не вполне оформленной. И кажется, когда ее выносишь в течение какого — то времени, то увереннее и точнее определишься с ней.

В недооценке значения научных публикаций была его ошибка, возможно, явившаяся одной из причин, затормозивших ход дальнейшего практического использования кристаллов сегнетовой соли. А ведь ради этого стоило бы, например, переложить на сотрудников какую — то часть организационных дел. Он брал на себя больше обязанностей, чем следовало, ослабляя тем самым некоторых своих помощников и этим балуя их. Аркадий Сергеевич главным образом ограничивался заявками на изобретения. Имел двенадцать авторских свидетельств. Уже в последнее время говорил, что нужно сделать еще двенадцать заявок, но так и не успел.

Свыше тридцати лет мы с Аркадием Сергеевичем проработали вместе. По — разному относились люди к нашему сотрудуничеству: одни видели в этом корыстную семейственность, с которой нужно бороться (и неоднократно пытались это делать), другие считали подобное положение в науке нормальным, а коллеги из других институтов называли нас возвышенно —

"супруги Кюри". Что теперь могу я сказать об этом? Для Аркадия Сергеевича наше сотрудничество было просто необходимо из-за его нестандартной натуры. В постоянной спешке он часто был рассеян, несобран, нуждался в какой-то мере в подстраховке. Ему нужен был рядом преданный, понимающий человек, способный помочь на деле. Мне было с ним нелегко, не просто, но интересно. А что меня побудило пойти работать вместе с Аркадием Сергеевичем? Ведь я до перехода к нему уже два года проработала на радиозаводе, к тому же не рядовым, а ведущим инженером по спецразработке, запущенной затем в производство. Дело в том, что когда вышло постановление правительства о создании завода пьезоприборов на базе разработанной А.С.Шейным технологии, потребовались инженеры для этого завода. А где их взять, когда началась война? В Наркомате ему сказали, чтобы он подбирал кадры. Кое-кого из бывших курсников удалось отозвать из армии. Предложил он и мне: "Хочешь работать вместе?" Мне хорошо работалось на радиозаводе, я освоила свою профессию, но все же согласилась работать вместе, чтобы помочь ему в реализации своего изобретения на производстве, в организации и становлении завода. Мой двухлетний опыт заводского инженера не прошел даром, пошел на пользу. В годы войны я была начальником монтажно-сборочного цеха по изготовлению пьезоприборов, затем — начальником измерительной лаборатории, заместителем главного конструктора по спецразработке. Перейдя вместе с Аркадием Сергеевичем во ВНИРО, с 1949 года я работала старшим научным сотрудником сначала по совместной с ним тематике, а затем определилась в своем направлении — разработке физических основ рыболокации и исследованиям по морской биоакустике. На протяжении долгих лет при ежедневном общении у нас случались порой и осложнения, что непросто было переносить. Дважды я пыталась даже перейти на другую работу, чтобы не ухудшать личных отношений. Первый раз это было в 1947, а второй — в 1971 году. В обоих случаях он категорически протестовал против моего ухода, и я оставалась. Могу ли я посоветовать другим женщинам последовать моему примеру? Нет. Не всем это будет под силу, так как совместная работа в большинстве случаев рискованна в плане личных отношений. Придется делать выбор. Но, как поется в песне, "я это сделала рассудку вопреки, но я ничуть об этом не жалею".

Период последнего десятилетия научной и технической деятельности А.С.Шейна характеризуется огромным для одного человека масштабом научно-исследовательских работ в области физики сегнетоэлектриков, исключительной плодотворностью исследований и огромной энергией, затраченной на строитель-

ство и оснащение морской экспериментальной базы — филиала лаборатории.

Его творческая отдача состояла не столько в публикациях, сколько в материальных изобретениях и разработках. Рациональное использование кристаллов сегнетовой соли внесло неоценимый вклад в отечественную науку и технику. Возможности расширения сферы практического использования кристаллов сегнетовой соли далеко не исчерпаны. Дальнейшее развитие и реализация новых применений пьезокристаллов сегнетовой соли оборвались внезапно, как оборвалась 18 ноября 1972 года сама жизнь выдающегося ученого — кристаллофизика А.С.Шейна — у него не оказалось преемника по прикладной кристаллографии. Но в течение нескольких лет еще по инерции, выполняя договорные обязательства, лаборатория гидроакустики ВНИРО продолжала поставлять промышленности кольцевые пьезоэлектрические преобразователи из кристаллов сегнетовой соли. Созданные А.С.Шейным пьезокристаллические ультразвуковые приемники позже получили применение в биотелеметрических системах и до сего времени весьма успешно используются как научными, так и рыбохозяйственными организациями для наблюдений за миграциями рыб с акустическими метками. До сего времени применяются и пьезокристаллические излучатели при изучении реакции рыбы на акустические сигналы.

Аркадий Сергеевич очень ценил созданный им на заводе во время войны демонстрационный зал. Однажды, будучи в подавленном настроении, он сказал: "Пусть этот демонстрационный зал будет памятником мне". После войны завод переехал с Пыжовского переулка, возвратив здание Геологическому институту АН СССР. Прошло много лет. Опытный завод вырос в научно — производственное объединение "Фонон", при котором создан музей истории развития отечественной пьезоэлектроники. И там отмечена память об А.С.Шейне, его роль в создании этой новой отрасли промышленности.

Как — то, держа в руках выращенный в лаборатории крупный монокристалл фосфата аммония, Аркадий Сергеевич сказал: "Этот кристалл похож на памятник". Действительно, четырехгранный, сужающийся кверху, он был похож на обелиск. Когда много лет спустя доктор физико — математических наук, профессор Л.М.Беляев услышал о том, что на могиле А.С.Шейна поставлен гранитный памятник, напоминающий форму кристалла фосфата аммония, он многозначительно сказал: "Надо было поставить ему памятник в форме кристалла сегнетовой соли".

Новые поколения ученых приходят на смену старым, и кто знает — быть может, снова появится оптимист, который воскресит незаслуженно забытую сегнетову соль и, продолжив многотрудные деяния А.С.Шейна, закрепит за ней достойное место в ряду сегнетоэлектриков.

Основные даты жизни и деятельности А.С.Шейна

24 декабря 1912 года (6 января 1913 года по н.ст.) – день рождения Аркадия Сергеевича Шейна

1922 – начало учебы в московской школе № 110

1928 – окончил школу; начало учебы в техникуме электропромышленности им.Красина

1931 – окончил техникум

1931–1932 – работа чертежником – конструктором в проектной организации "Электропромстрой" ВЭО

1933–1934 – работа техником – конструктором в лаборатории широко – вещания Научно – исследовательского института связи НК связи

1934 – начало учебы на радиофакультете Московского электротехнического института связи (МЭИС)

1937 – женитьба на Екатерине Васильевне Шишковой

1939 – начало работы в Центральной научно – исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) Треста № 13 НКАП старшим научным сотрудником

1940 – окончил Московский электротехнический институт связи

1941, июль – назначен главным инженером ЦНИЛ Треста № 13; октябрь – назначен главным инженером Государственного союзного завода № 633, созданного на базе ЦНИЛ Треста № 13 НКЭП; организация и оснащение завода № 633; декабрь – назначен директором и главным инженером завода № 633

1942, июль – награжден значком "Отличник социалистического соревнования Наркомэлектропрома"; октябрь – назначен главным инженером завода №. 633

1944 – награжден орденом Красной Звезды, медалями "За трудовую доблесть" и "За оборону Москвы"

1945 – назначен заместителем директора завода № 633 по новым разработкам

1946 – награжден медалью "За доблестный труд во время Великой отечественной войны"; назначен начальником спецлаборатории и главным конструктором спецразработки завода № 633 МПСС

1947–1962 – работа по совместительству в Институте кристаллографии АН СССР

1948 – награжден медалью "В память 800 – летия Москвы"

1949 – назначен заведующим лабораторией гидроакустических приборов Всесоюзного научно – исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО); организация и оборудование лаборатории гидроаку – стических приборов с экспериментальной мастерской и термостатными камерами для выращивания пьезокристаллов

1950 – развитие работ по гидроакустике

1952 – развитие работ по кристаллофизике

1953 – рождение дочери Янины

1956 – поездка в Данию в составе советской делегации на Международную выставку по технике рыболовства

1959 – строительство и оборудование морской экспериментальной базы – филиала лаборатории в Балаклаве

1960 – утвержден в ученой степени доктора физико – математических наук *Non opus causa*

1965 – награжден значком "Отличник социалистического соревнования рыбной промышленности СССР"

1971 – награжден орденом "Знак Почета"

18 ноября 1972 года – дата смерти.

Печатные труды и изобретения А.С.Шенна

Диэлектрические коэффициенты сложных диэлектриков и механических смесей//Студенческий научно-технический сборник МИИС. — 1939. № 2. — С.3—21.

Технология промышленного производства высококачественных пьезоэлементов. Способ металлизации пластин из сегнетовой соли.: А.с. 61882 от 31.03.41; выд. МЭП СССР в сент. 1946.

Камертон с пьезоэлектрическим возбуждением. А.с. 72434 от 07.04.41 (совместно с Шубниковым А.В.); выд. ГК Совмина СССР по внедр. перед. тех. в нар. хоз—во 20.10.48.

Прослушивание часового механизма взрывателя пьезоэлектрическим стетоскопом системы Шенна//Инструкции по обезвреживанию и уничтожению неразорвавшихся немецких авиационных бомб.—М.: Воениздат НКО, 1943.—С.59—62.

Пьезоэлектрический генератор: А.с. 72696 от 08.08.47; выд. ГК Совмина СССР по внедр. перед. тех. в нар. хоз—во 06.12.48.

Новое направление в области применения пьезоэлектрических кристаллов. Научная сессия, посвященная празднованию Дня радио//Тезисы докладов Всесоюзного НТО по радиотехнике и радиосвязи им. А.С.Попова. —М., 1947. — с.83—85.

Устройство новой техники: А.с. 8356 от 31.12.47; выд. ГК Совмина СССР по внедр. перед. тех. в нар. хоз—во 24.02.49.

Пьезоэлектрический генератор звуковой частоты. Научная сессия, посвященная празднованию Дня радио//Аннотация докладов Всесоюзного НТО радиотехники и радиосвязи им. А.С.Попова. —М.: Связьиздат, 1949. — С.66—67.

Устройство новой техники: А.с. 13701 от 18.06.51 (совместно с Клименко Н.А.); выд. Мин. обороны СССР 07.08.53.

Способ изготовления пьезоэлектриков из порошкообразного титаната бария прессованием: А.с. 96503 от 11.10.51; выд. МЭСЭП СССР 26.12.53.

Устройство новой техники: А.с. 13614 от 11.10.51; выд. ВММ СССР 25.02.52.

Устройство новой техники: А.с. 14790 от 30.06.52; выд. Мин. обороны СССР 17.02.55.

Измерение давлений в производственных торфобрикетных прессах (совместно с Желудевым И.С. и др.)//Торфяная промышленность. — 1953. № 4.

Пьезоэлектрический датчик давлений (совместно с Желудевым И.С. и др.)//Заводская лаборатория. — 1953. № 7.

Устройство новой техники: А.с. 18312 от 27.09.55; выд. ГК по делам изобр. и откр. при Совмине СССР 19.04.58.

Устройство новой техники: А.с. 16268 от 02.01.56 (совместно с Шишковой Е.В.); выд. Мин. обороны СССР 29.10.56.

Устройство новой техники: А.с. 20786 от 25.08.59 (совместно с Родионовым А.И.); выд. ГК по делам изобр. и откр. при Совмине СССР 15.03.60.

Метод сравнительной оценки добротности рыболокаторов//Рыбное хозяйство. — 1974. — № 4. — С.40—43.

Способ генерирования акустических колебаний в жидкости: А.с. 739998 от 21.09.76 (совместно с Трускановым М.Д., Саранчиковым С.И. и др.) выд. ГК по делам изобр. и откр. при Совмине СССР 14.02.80.

Пьезоэлектрические кольцевые мозаичные преобразователи (совместно с Шишковой Е.В.)//Кристаллография. — 1995. — Т.40.

Армированные пьезокристаллические кольцевые преобразователи
(совместно с Шишковой Е.В.)//Кристаллография. – 1995. – Т.40.

Зависимость радиальной и тангенциальной упругости кольца от количества пластин и их упругих свойств (совместно с Шишковой Е.В.)//Кристаллография. – 1995. – Т.40.

Физические явления во внутреннем пространстве кольцевых преобразователей (совместно с Шишковой Е.В.)//Кристаллография. – 1995. – Т.40.

Оглавление

<i>И.С.Жолудев. О книге Е.В.Шимковой</i>	3
<i>Глава первая. Детские и юношеские годы. Семья Шейных</i>	5
<i>Глава вторая. Институт. Приобщение к науке</i>	11
<i>Глава третья. Радиоизмерения в работах А.С.Шейна</i>	20
<i>Глава четвертая. Основоположник общественной пьезоэлектронной промышленности</i>	23
<i>Глава пятая. Горизонты расширяются. Промысловая гидроакустика</i>	43
<i>Глава шестая. Исследования по кристаллофизике и практические реализации</i>	56
Кольцевые пьезоэлектрические преобразователи	57
Снижение внутренних механических потерь кольцевых преобразователей в результате армирования	61
Влияние электрического поля на армированные и неармированные пьезоэлементы	62
Влияние направления постоянного электрического поля на величину коэффициента упругости в кристаллах сегнетовой соли	63
Влияние постоянного электрического поля на упругие и электрические свойства кольцевых пьезокристаллических преобразователей	64
Практические реализации	64
Визуализация акустического поля	67
<i>Глава седьмая. Научное сотрудничество</i>	74
Сотрудничество с Институтом кристаллографии АН СССР	74
Сотрудничество с Акустическим институтом АН СССР	79
Сотрудничество с Московским государственным университетом	83
Сотрудничество с Военно – морской академией кораблестроения и вооружения имени А.Н.Крылова (ВМАКВ)	84
<i>Глава восьмая. Работы с А.С.Шейным</i>	86
<i>Основные даты жизни и деятельности А.С.Шейна</i>	100
<i>Печатаемые труды и изобретения А.С.Шейна</i>	101

Екатерина Васильевна Шишкова

Аркадий Сергеевич Шенн

Заведующая редакцией *Т.Г.Таривердиева*
Редактор *Е.В.Ермакова*
Технический редактор *Е.П.Кудиярова*
Корректор *А.П.Саркисян*

ЛР №020636

Подписано в печать 05.06.95. Формат 60x84 1/16.
Объем 6,5 п.л. Тираж 300. Заказ 187

Издательство ВНИРО
107140, Москва, ул.Верхняя Красносельская, 17



Е.В. Мишкова

Аркадий Сергеевич

ШЕИН

Издавецтво БНУРО