

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р



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

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

Б. А. ОСТРОУМОВ

**Алексей Васильевич  
УЛИТОВСКИЙ**

---

**1893 - 1957**

---



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ЛЕНИНГРАД · 1975

УДК 92 : 62

**Алексей Васильевич Улитовский. Остроумов Б. А.**  
Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Л., 1975, с. 1—96.

В книге рассказывается о состоянии приборостроения до революции и в первые годы Советской власти; приводится очерк жизненного пути А. В. Улитовского, сообщается о разработке и об организации массового производства электроизмерительных приборов в отделе прикладной физики Ленинградского университета. В книге говорится также о применении токов высокой частоты для производства новых материалов и разработки новой технологии приборостроения, способе производства литого микропровода в стеклянной изоляции, получении проволоки и порошков фонтанированием, о штамповке и прокате металлов в жидком состоянии и организации производства жидким прокатом чугуна кровли.

*Ответственный редактор*

проф. П. В. ШМАКОВ

О  $\frac{30306-203}{054(02)-75}$  84-74 (НИ)

© Издательство «Наука» 1975

## НА ЗАРЕ СОВЕТСКОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

---

Как известно, успехи физики неразрывно связаны с развитием техники физического эксперимента и с оснащением физических лабораторий новым, все более и более сложным оборудованием. С каждым годом приборостроение приобретает все большую значимость в различных отраслях промышленности, представляя самостоятельную ее ветвь.

В России до революции приборостроения, по существу, не было и те немногочисленные экспериментаторы-исследователи, успешно решавшие очередные физические проблемы, пользовались в своих работах приборами, приобретенными за границей, расходуя на это большую часть валютных средств, которыми они располагали. Зачастую они готовили самодельные приборы, проявляя при этом выдающийся талант. Достаточно вспомнить о работах Д. С. Рождественского, П. Н. Лебедева и др. Даже удивительно, как они могли тем не менее держаться на уровне зарубежных достижений!

Ведущие ученые-физики начала текущего столетия: Хвольсон, Боргман, Лебедев, Умов и др. — тщетно искали выхода из этого тупика. Положение оказалось совершенно трагическим, когда разразилась первая мировая война, и стало ясно, что необходимо срочно создавать собственное приборостроение для оснащения научных институтов, учебных лабораторий и лабораторий передовых заводов.

В решении этой государственной проблемы ведущую роль сыграл Петроградский университет и, в частности, профессора Д. С. Рождественский и О. Д. Хвольсон, а также наиболее известные члены Русского физико-химического общества. Кроме того, большое значение

имело издание двух физических журналов. Было совершенно очевидно, что в первую очередь нужно в достаточном количестве обеспечить производство самых необходимых оптических и электроизмерительных приборов.

Проблема организации оптического приборостроения была блестяще разрешена Д. С. Рождественским, который не только сам полностью изучил технологию новейших совершенных оптических приборов, начиная с микроскопов и кончая спектральными установками самого сложного типа, но и сгруппировал вокруг себя молодых специалистов, подготовку которых он начал со студенческой скамьи. Многие из них по мере расширения очередных задач и освоения новых замечательных открытий стали организаторами оптического приборостроения, а также создателями в нем собственных школ и направлений.

Прежде всего было необходимо обеспечить оптику исходным материалом — оптическим стеклом различных марок. Д. С. Рождественский со своими сотрудниками: Н. Н. Качаловым, И. В. Гребенщиковым, А. А. Лебедевым, А. А. Тудоровским и другими специалистами, освоившими тонкую технологию производства и холодной обработки оптического стекла, а также сложные математические методы расчета оптических систем, активно включились в работу на заводах оптического стекла (ЛенЗОС) и оптических приборов (ГОМЗ). Для перспективных научных исследований ими в Петрограде был создан специальный Государственный оптический институт (ГОИ).

На обеспечении экспериментальных физических исследований доброкачественными и высокочувствительными электроизмерительными приборами особенно настаивал проф. О. Д. Хвольсон, которого горячо поддерживали выдающийся специалист по оборудованию физических лабораторий и по технике экспериментов В. В. Лермантов, а также И. И. Боргман и ряд молодых физиков (И. Н. Нарышкин, П. И. Лукирский и др.).

Когда началась первая мировая война и прекратилось поступление приборов из-за границы, они предприняли все возможные меры для оживления деятельности по ремонту заграничных приборов в университетской мастерской, в которой работал тогда опытный мастер Францен. В помощь ему, так же как и у оптиков, были привлечены студенты.

Среди последних уже с первого курса выделялся своей одаренностью и склонностью к техническому мастерству Алексей Васильевич Улитовский. Вскоре он начал играть ведущую роль в молодом коллективе, работавшем в мастерской. Однако А. В. Улитовский не ограничивался только ремонтом иностранных приборов. При поддержке и советах В. В. Лермантова им был выдвинут проект организации изготовления равноценных иностранным новым отечественных приборов и в первую очередь зеркальных гальванометров упрощенной конструкции, которые можно было создавать в кустарных условиях мастерской из имеющихся отечественных материалов, не копируя зарубежных образцов.

Изучение зарубежных конструкций привело Алексея Васильевича к убеждению в том, что высокая стоимость зарубежных приборов в основном обусловлена их технологией: использованием дефицитных материалов (латунь, бронза и пр.), внешней отделкой, выполняемой высококвалифицированными рабочими в условиях высокой культуры производства, и т. д. На долю тех деталей, которые обуславливали качество прибора — его чувствительность и точность отсчетов, приходилась едва ли десятая часть себестоимости.

К 90-м годам прошлого века в мировой науке была уже готова теория гальванометра, и фирмы, пользовавшиеся мировой славой — «Симменс» и «Гартман—Браун» (Германия), «Вестон» (Америка) и др., многие годы выпускали образцы, по существу, отличавшиеся друг от друга лишь внешней отделкой, не внося в конструкцию существенных изменений. Они стремились лишь преодолеть конкуренцию и обеспечить хозяевам высокую прибыль. В результате они предпочитали выпускать лишь дорогие приборы в небольшом числе, чтобы не снижать рыночного спроса и не увеличивать расхода материалов и затрат труда.

В течение четырех лет занятий в университете А. В. Улитовский глубоко продумал задачу организации отечественного приборостроения и успел подготовить помощников из числа студентов. Однако реализовать свой замысел и произвести хотя бы пробный выпуск приборов ему не удалось.

В 1915 г. А. В. Улитовский окончил математическое отделение физико-математического факультета университета, но и к этому времени убедить руководящие круги

правительства и отечественной промышленности в необходимости создания новых приборов он и его учителя так и не смогли. Все еще считалось, что, несмотря на условия военного времени, восстановление испорченных электроизмерительных приборов может удовлетворить все потребности в них нашей страны.

По окончании университета А. В. Улитовский решил заняться производственной деятельностью и установить тесный контакт с передовыми рабочими, которые после неудачи московского восстания в 1905 г. все теснее смыкали свои ряды. Он поступил работать токарем на завод. Однако вскоре он убедился, что для политической деятельности был слабо подготовлен, а приобретенные им знания с большей пользой можно применить в научно-конструкторской работе.

После нескольких месяцев работы в качестве токаря Алексей Васильевич по совету своих университетских друзей перешел на работу в ЭТИ (ныне Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова-Ленина), где потребовалось отремонтировать для нужд армии значительное число приборов фирмы «Вестон». Здесь его знания и подготовка оказались весьма полезными. В течение полугода организованные им студенческие бригады с некоторой помощью его университетских друзей отремонтировали и сдали более 3500 приборов.

Этот успех натолкнул А. В. Улитовского на мысль, что в армии он скорее встретит поддержку в деле организации отечественного приборостроения. Он не без оснований надеялся, что среди военных высококвалифицированных инженеров и командиров, которые на своих плечах несли трудности военного времени и остро переживали недостатки технического оснащения армии, ему удастся найти сочувствие своим планам и активную помощь в их реализации.

Действительно, в те годы уже многие военные специалисты трудились над решением подобных задач. Достаточно отметить хотя бы В. Ф. Водара — одного из руководителей Военно-инженерного управления или П. И. Ренгартена — организатора радиосвязи на флоте.

Однако существовавшая тогда структура армии не допускала создания в ней производственных учреждений — по закону все снабжение армии обязана была осуществлять промышленность, которая с этим явно не

справлялась. П. И. Ренгартен, например, пытался для организации связи во флоте привлечь В. П. Вологодина и использовать техническую базу завода ДК (Дюфлон—Константинович), а В. Ф. Водар на центральной военной радиоприемной станции в Твери (ныне г. Калинин) для выполнения заказов Главного военно-инженерного управления (ГВИУ) даже создал местную «внештатную радиолaborаторию» под руководством М. А. Бонч-Бруевича.\* В Казани под руководством А. Т. Углова с успехом работала вторая военная база радиоформирований, в которой было организовано производство радиоаппаратуры на основе собственных разработок. Однако все эти учреждения, оставившие в истории советской техники заметные следы, были узкоспециализированными и не могли выделять свои ограниченные средства на разработку и производство приборов широкого потребления.

Осенью 1916 г. при очередном призыве в армию А. В. Улитовский поступил на военную службу и как высококвалифицированный специалист с высшим образованием был направлен в Офицерскую электротехническую школу в Петрограде, где был назначен преподавателем и руководителем лабораторных работ. Однако он недолго работал в Офицерской школе — свершилась Февральская, а затем Великая Октябрьская социалистическая революция, и школа после переезда в Москву прекратила существование. Алексей Васильевич был переведен в Воздушную академию им. Н. Е. Жуковского в качестве преподавателя.

Семь лет А. В. Улитовский отдал военной службе. Связи с университетом, где эта идея зародилась, не прерывались. Там после революции оживилась деятельность мастерской, которая преимущественно обслуживала оптиков, подготавливавших создание Государственного оптического института. Свободный прием в университет расширил состав студентов. Увеличился коллектив преподавателей. Острая необходимость в физических приборах возрастала.

Группа молодых специалистов по ремонту приборов для армии, сплотившаяся в Электротехническом институте, покинула институт, но не распалась, а продолжала

\* Б. А. Остроумов. В. И. Ленин и Нижегородская радиолaborатория. Л., 1967.

существовать в виде маленькой крайне необходимой для учреждений и широких кругов населения производственной артели, ремонтировавшей нагревательные приборы. Артель выполняла и мелкие заказы оборонного значения. Ее деятельность, начатая еще в Электротехническом институте, оказалась весьма успешной и своевременной, а после установления нэпа стала к тому же и очень выгодной. У А. В. Улитовского появилась возможность, опираясь на эту артель, осуществить ряд оригинальных изобретений, относящихся уже ко времени военной службы. Он возвратился в Петроград.

К моменту возвращения Алексея Васильевича в 1923 г. в Петроград маленькая артель постепенно выросла уже в целый нэповский заводик, включавший в свое производство электрические пирометры, в которых особенно нуждалась тяжелая и военная промышленность. Такому быстрому росту способствовал энтузиазм сотрудников и вся обстановка тех лет.

А. В. Улитовский занял на этом заводе ПРЭН (производство электронагревательных приборов) должность технического руководителя, сразу включился в производство отечественных пирометров типа «ЮС-2», затем оригинальных установок по патенту А. В. Улитовского и М. Д. Языкова для анализа газов «ГАЗ-7» и некоторых других приборов, в которых ощущалась острая необходимость. На свой электрогазоанализатор А. В. Улитовский получил несколько патентов и авторских свидетельств, которые были признаны за рубежом.

Руководители завода целиком находились под влиянием консервативных тенденций, царивших в тяжелой промышленности и промышленности предметов массового производства и выразившихся в воспроизведении только заграничных типов приборов.

Между тем в новых условиях советского строя Ленинградский университет переживал период мощного подъема. Его преподавательский состав пополнился молодыми учеными — сверстниками А. В. Улитовского. Произошла реорганизация и в преподавании в сторону расширения учебных предметов и увеличения перечня специальностей. Мастерские Физического института также расширились, они не только восстанавливали поврежденные электроизмерительные приборы и установки, но и выполняли задачи по изготовлению новых приборов, в том числе

механических частей оптических приборов для группы Д. С. Рождественского. Молодым ученым П. И. Лукирскому, С. Э. Фришу, В. К. Фредериксу, И. Н. Нарышкину и др. представилась возможность выполнять свои замечательные эксперименты, не прибегая к зарубежной технике и не расходуя валюты.

Эти первые успехи советской науки, требовавшие детального изучения результатов новых открытий и своеобразных особенностей физики 20-х годов, а также оригинальной физической аппаратуры, открывали перед А. В. Улитовским новые горизонты технического творчества, которые для него были гораздо важнее успехов нэповского заводика (ПРЭН). Проработав на нем только два года, Улитовский с большого заработка перешел на скромный оклад старшего ассистента Физического института университета, директором которого был назначен Д. С. Рождественский.

В распоряжение Улитовского была выделена мастерская института площадью около 250 кв. м и несколько старых станков с ножным приводом. Мастерскую обслуживали два штатных механика. Наркомпрос отпустил небольшую сумму денег на приобретение оборудования.

Едва укомплектовав свое маленькое хозяйство сотрудниками и сделав необходимые инструменты, А. В. Улитовский в первые же месяцы 1927 г. изготовил по новой технологии пробные образцы электроизмерительных приборов в соответствии с новыми требованиями, предъявляемыми к ним. Результаты превзошли самые смелые ожидания: его приборы оказались в несколько раз дешевле импортных, не уступая им по своим параметрам.

Университет и в первую очередь его учебные лаборатории теперь были обеспечены собственными гальванометрами. Это было особенно важно, поскольку значительно возросло число студентов. Для выполнения большинства работ обязательного практикума по физике требовалось применение высокочувствительных зеркальных гальванометров. Дорогостоящие импортные приборы этого типа очень часто приходили в негодность из-за неосторожного обращения с ними. Теперь стало возможным обязать студента, пережегшего прибор, самому участвовать в исправлении прибора отечественного производства или оплатить стоимость нового прибора.

Нетрудно представить себе, какое оживление среди преподавателей-физиков вызвало это обилие приборов. Молодые ученые, занятые экспериментальными исследованиями, также почувствовали существенное облегчение в своей работе.

Удачное выполнение новых приборов привлекло внимание специалистов, и мастерская начала получать заказы со стороны. Это позволило приступить к реализации более широких замыслов.

Директор института Д. С. Рождественский и ряд ведущих физиков (М. М. Глаголев, П. И. Лукирский, И. Н. Нарышкин и др.) горячо поддерживали усилия А. В. Улитовского и помогли ему наметить план дальнейшей работы, указав на принципиальные вопросы, требовавшие разрешения. В своей автобиографии Улитовский отмечает три главных направления в поисковой работе 1926—1930 гг.:

1) конструктивные разработки новых приборов и вспомогательных деталей для экспериментальных работ на основе уже известных приемов технологии;

2) коренные усовершенствования технологии и металлургии в приборостроении для применения новых материалов (пластмасс, разных смол, керамики, кремнеорганических соединений и пр.);

3) изучение энергетических высокочастотных установок для горячей обработки и плавления металлов в условиях лаборатории.

В руки экспериментаторов нужно было дать новые инструменты для решения очередных задач, выдвигаемых прогрессом точного естествознания. В этом же направлении начал свои замечательные работы и В. П. Вологдин, хотя его, собственно, интересовала не лабораторная, а промышленная методика производства.

За разработкой новых приборов и технологических методов последовало немедленное внедрение их в производство мастерской Физического института, а также выпуск новой продукции, поскольку не существовало организаций, которые в те годы были бы в состоянии реализовать достижения творческой мысли изобретателя.

Эти начинания Ленинградского университета явились подтверждением справедливости гениального требования В. И. Ленина об органическом слиянии научно-исследовательской работы с производством, нашедшего свое вы-

ражение в отредактированном им лично «Положении о Нижегородской радиолaborатории Народного комиссариата почт и телеграфов с мастерской».

Пример НРЛ, обогнавшей в своей области передовые зарубежные страны, был у всех перед глазами. А. В. Улитовский, будучи лично знаком с руководителем Нижегородской лаборатории проф. М. А. Бонч-Бруевичем, внимательно следил за достижениями НРЛ. В своих поисковых работах он широко пользовался продукцией лаборатории, в частности электронными лампами различной мощности; работая над конструкцией осциллографа для высокочастотных радиоэлектрических колебаний, применял разработанные в Нижнем Новгороде радиосхемы.

Надо иметь в виду, что Ленинградский университет входил в систему Наркомпроса, учреждениям которого чисто производственные задачи были чужды. Однако постоянные поиски новых форм устройства общества подсказали выход из этого, по существу, формального затруднения — хозрасчет. Мастерской был открыт собственный счет в банке, и она была выделена из общего финансирования университета, за исключением оплаты труда двух первоначальных штатных единиц.

Путем начисления сверх себестоимости приборов некоторой суммы быстро образовался оборотный капитал, позволивший не только пополнять и обновлять оборудование и привлекать новых сотрудников (преимущественно из числа студентов, аспирантов и преподавательского состава), но по мере возрастания объема и номенклатуры производства выполнять даже строительные работы по расширению помещения и подведению энергии, воды и газа.

Персонал мастерской тем временем повышал свою квалификацию; в мастерской работали уже инженеры — специалисты по «новому приборостроению». Такого развития лаборатория достигла в начале 30-х годов, когда выпуск продукции разных видов достиг десятков и даже сотен тысяч экземпляров в год.

Очень полезной для развития мастерской оказалась рассылка новых приборов наиболее авторитетным специалистам с просьбами прислать их отзывы и пожелания дальнейшего совершенствования приборов, а также уточнения их параметров. Лица, заинтересованные в создании

отечественного приборостроения, охотно откликались на такие просьбы, и их рекомендации существенно способствовали расширению номенклатуры и согласованию ее с требованиями спроса.

В Москве в Политехническом музее была организована выставка продукции мастерской Ленинградского университета, где были представлены не только зеркальные гальванометры, но и стрелочные нуль-инструменты, микроамперметры, милливольтметры, реостаты переменные (типа Рустрата), магазины сопротивлений и емкостей и ряд приспособлений, необходимых при экспериментальных исследованиях.

В своей автобиографии А. В. Улитовский пишет: «В нашей мастерской повторяется в миниатюре планомерное развитие нашей промышленности — планомерный рост и улучшение продукции. К 1932 г. мастерская была преобразована в отдел прикладной физики института.

«В гальванометрах были полностью исключены дефицитные материалы, цена на эти приборы снизилась до 25 руб. (примерно десятая часть стоимости зарубежных приборов); выпуск их достиг небывалой цифры — нескольких тысяч в месяц. При столь низкой стоимости приборов доходы производства тем не менее возросли настолько, что позволили приступить к возведению шестиэтажной пристройки, значительно большей по площади, чем основное здание института.

«Был окончательно оформлен типовой высокочастотный стенд и воспроизведен в десятках экземпляров. Наконец, к этому времени возник цех по изготовлению деталей гальванометра из жидкого металла (литые клеммы и пр., — *Б. О.*). При этом была достигнута экономия металла, а латунь заменена чугуном. Наконец, наметились пути получения из жидкого металла непосредственно проволоки и листа.

«К 1934 г. было освоено новое помещение площадью более 5000 кв. м; производство гальванометров достигло 6 тыс. в месяц, реостатов — более 100 000 шт.; произведены дальнейшие упрощения гальванометра в связи с использованием внутрирамочного расположения магнита; выполнены разработки школьного портативного осциллографа, а также впервые в Европе сделаны образцы переносного электрокардиографа. Были выполнены схемы с гальванометром „ф“, позволяющие видеть

глазами скачкообразный рост растений и многое другое.

«Все эти приборы и схемы в течение ряда лет демонстрировались в Московском политехническом музее для широкого обозрения. Эти вполне заметные изменения общего характера отечественного приборостроения с одновременным усовершенствованием нескольких видов металлургических процессов привели к решению Совнаркома РСФСР (март 1934 г.) о выделении всей совокупности работ в самостоятельный институт прикладной физики. . .

«Вновь организованный институт по указанию Наркомпроса продолжал существовать на доходы от выпускаемых в широкую продажу гальванометров „Ф“, реостатов и др. Из этих же доходов нового института оплачивались все расходы на экспериментальные исследования старого Физического института ЛГУ. Несмотря на это и на дальнейшее снижение цен на изделия, доходы были столь велики, что новый институт мог увеличивать свои штаты, и к 1937 г. общее число штатных сотрудников, работающих в институте студентов и рабочих превысило 500 человек. . .».\*

Так блестяще подтвердились указания В. И. Ленина о необходимости объединения науки и производства.

История возникновения, быстрого развития и народно-хозяйственного значения мастерской по приборостроению при Ленинградском университете близко напоминает историю Нижегородской радиолaborатории им. В. И. Ленина (с Центральной радиолaborаторией ВЭСО в Ленинграде). Руководители этих учреждений Алексей Васильевич Улитовский и Михаил Александрович Бонч-Бруевич были исключительно одаренными людьми с широчайшим научно-техническим кругозором, способными во всей полноте понять основные замыслы Владимира Ильича Ленина и реализовать их применительно к своим задачам и реальной обстановке тех лет.

В истории советской науки и техники оба учреждения оставили глубочайший след: они явились источниками новых идей и методов, а также создателями огромного количества конкретных материальных ценностей. Деятельность их неизменно пользовалась одобрением и поддерж-

\* Личный архив М. И. Кобыльницкой.

кой выдающихся ученых Академии наук СССР. Достаточно назвать академиков А. Ф. Иоффе, В. Ф. Миткевича, Д. С. Рождественского, И. П. Бардина, С. И. Вавилова и др.

Даже беглый обзор первых шагов отечественного оригинального приборостроения в Ленинградском университете позволяет утверждать, что А. В. Улитовский действительно сыграл важную роль в этом общегосударственном деле. Поэтому представляет несомненный интерес более подробно ознакомиться с его личной жизнью и с тем конкретным вкладом, который он внес в развитие советской техники.

## ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ А. В. УЛИТОВСКОГО

---

Алексей Васильевич Улитовский родился 16 марта 1893 г. в с. Никольские Гаи Ряжского уезда Рязанской губернии. Будучи сыном крестьянина и внуком (по матери) сельского кузнеца, он жил в глубокой глуши царской России и сроднился со своеобразным укладом деревенской жизни конца прошлого столетия. Большинство крестьян в царское время были неграмотными. Не было грамотных и в семье Улитовских. Когда Алеше минуло 4 года, он заинтересовался случайно попавшей ему в руки книгой на церковнославянском языке и выучился читать; стал читать даже с выражением.

Школьный учитель обратил внимание на способности мальчика, и в возрасте 5 лет Улитовский был принят в земскую начальную школу. Школьная премудрость не представляла для него никаких трудностей и лишь открыла широкие возможности для чтения и быстрого развития. Особенно полезным оказалось освоение арифметики. К нему начали обращаться за помощью в решении различных бытовых хозяйственных расчетов, что создало ему авторитет среди его сверстников в школе и даже соседей. Возможность посещать кузницу деда и принимать посильное участие в его труде раскрыла перед мальчиком новый мир — мир техники, а неповторимая прелесть природы средней полосы России и сложные человеческие отношения в дореволюционной деревне давали ему богатейший материал для размышления. Мальчик быстро развивался. Алеше исполнилось 8 лет, когда пожар уничтожил их дом и дворовые постройки, и он с матерью остался без крова. Школьный учитель настоятельно советовал его матери не переезжать в соседнюю, еще более глухую, деревню к ее родным, а перебираться в губернский город,

в Рязань, и отдать Алешу в гимназию. Правильно оценив выдающиеся способности Алеши, учитель сделал все, чтобы помочь ему выбиться в люди.

Гимназия расширила его кругозор, у него появился интерес к глубокому осмысливанию новых сведений. Он быстро завоевал авторитет среди сверстников, помогая им разбираться в сложных задачах, особенно в области математики и физики. Привычка анализировать учебный материал и умение разъяснять его доступными для других способами, уже с младших классов позволили Алеше заниматься репетиторством и тем самым материально помогать матери. Помимо этого, у него еще оставалось время, чтобы удовлетворить унаследованный от деда интерес к технике, а у многочисленных кустарей большого города учиться различным ремеслам и навыкам мастерства. Начала активно проявляться его одаренность. В 1906—1907 гг. ему удалось собрать двухтактный нефтяной двигатель и батарею аккумуляторов для электрического освещения своей комнаты.

Однако Улитовский не стал только ремесленником-умельцем с «золотыми руками». Общеобразовательные предметы интересовали его не менее практических навыков в ремесле. Он, например, по своей инициативе начал заниматься изучением иностранных языков и настолько преуспел в этом, что получил возможность читать в подлиннике книги по физико-математическим наукам, которые потом целиком захватили его внимание. Общественные вопросы также не были ему чужды: сильное впечатление произвел на него 1905 год и последующие политические события в стране.

В 1911 г. А. В. Улитовский окончил гимназию с золотой медалью. К этому времени он имел уже достаточную подготовку для получения необходимого для жизни заработка.

По совету преподавателей гимназии он с матерью решили переехать в Петербург для получения высшего образования на физико-математическом факультете университета. В своей автобиографии А. В. Улитовский пишет: «Жажда знаний, повышенная работоспособность провинциала, а также предварительное знакомство с физико-математической литературой почти по всему объему университетского курса позволили мне через год после поступления в университет (осенью 1912 г.) сдать все экза-



А. В. Улитовский-студент (1913 г.).

мены за 4 курса физико-математического факультета. В этот же первый год пребывания (в вузе, — *Б. О.*) были полностью отработаны и сданы все практические работы по учебному плану. . .»

«На мою просьбу допустить меня к сдаче государственных экзаменов министр просвещения Кассо ответил категорическим отказом и предложил пробить студентом еще 3 положенных по закону года. . .»

К этому времени А. В. Улитовский уже привык к тому впечатлению, которое производили на окружающих его незаурядные способности и накопленный большой опыт, привык считать себя человеком особо одаренным, для которого установленные нормы организации умственного труда не являются обязательными. Поэтому он совсем не ожидал отказа министра сделать исключение для него из установленных законом правил. Он воспринял отказ как личную обиду, хотя едва ли сознавал, как практически девятнадцатилетний юноша может воспользоваться досрочно сданными государственными экзаменами — конкретные жизненные планы им едва тогда намечались. Од-

нако он был достаточно благоразумен и сумел использовать три дополнительных года общения с университетской средой для дальнейшего накопления знаний и опыта.

В своей автобиографии А. В. Улитовский рассказывает: «Руководство Физического института университета перевело меня фактически на положение оставленного при университете (ныне аспирантуре), предоставив возможность свободно пользоваться и библиотекой, и лабораторными средствами для экспериментальных работ.

«Точно в установленный срок, весной 1915 г., государственные экзамены сданы, сочинение написано и получен диплом I степени.

«Новый декан физико-математического факультета университета Д. С. Рождественский предложил мне остаться при университете (для подготовки диссертации). . .»

Однако это лестное предложение не соблазнило молодого физика, так как его научные интересы были в области экспериментальной физики. В эти годы Д. С. Рождественский, О. Д. Хвольсон, В. В. Лермантов и другие ведущие ученые физико-математического факультета старались организовать производство оптических, электроизмерительных и иных физических приборов и установок для экспериментальных исследований и учебных лабораторий. А. В. Улитовскому была предоставлена отдельная комната, в которой он, собрав комплект инструментов, ремонтировал приборы и выполнял поручения профессоров. В ней он подготавливал свою дипломную работу. Эта комната со всем оборудованием продолжала оставаться в его распоряжении и после сдачи государственных экзаменов. Столь высоко оценивало его работу руководство факультета.

Надо иметь еще в виду и особенности преподавания в те годы. На математическом отделении физико-математического факультета наблюдалось засилье чистой математики под влиянием блестящих успехов членов «Петербургской математической школы». Такие корифеи, как А. Н. Коркин, В. Я. Буняковский, А. М. Ляпунов, В. Г. Имшенецкий, и другие всеми признанные авторитеты оказывали влияние на все стадии обучения студентов и лиц, оставшихся при университете для подготовки к преподаванию и получению звания профессора. Экспериментальная физика была отодвинута на второй план, и науч-

ная работа обычно сводилась к повторению и подтверждению зарубежных исследований.

Защита диссертации по экспериментальной физике была сопряжена с большими трудностями. Д. С. Рождественский, например, испытал это на себе, защитив докторскую диссертацию только через 15 лет после окончания университета. В 1912—1915 гг. общая политическая обстановка способствовала значительной депрессии в жизни университета.

После неудачной попытки восстания 1905 г. рабочий класс России осознал необходимость сплочения своих рядов и стал основной прогрессивной частью народа, направившей силы на реализацию идей марксизма.

А. В. Улитовский не мог оставаться в стороне от таких политических настроений. Он решил не на словах, а на деле помогать кадровым рабочим и принять активное участие в подготовке революции.

В 1915 г., закончив университет, имея уже громадный объем знаний и богатейший опыт в экспериментировании и освоении технологии приборостроения, А. В. Улитовский решил поступить токарем на большой завод.

Обладея профессиональными навыками в обработке металлов, он сразу получил высокий разряд и неплохой заработок. Однако его учителя из университета — профессора и старшие по возрасту преподаватели, имевшие большой жизненный опыт и лучше знавшие политическую жизнь страны, находили этот шаг опрометчивым и к рассуждениям Алексея Васильевича относились скептически; они понимали, что для того, чтобы играть заметную роль в общественной жизни, необходимо пройти соответствующую школу и добиться среди рабочей массы авторитета, которого у А. В. Улитовского не было.

И действительно, трезвый ум и наблюдательность не изменили ему, и он скоро убедился, что те немногочисленные операции на токарном станке, даже при изготовлении сложных деталей, может не хуже, чем он, выполнять рабочий без образования. Накопленный же опыт и знания здесь не могут получить применение. Своему народу нужно служить, опираясь на имеющуюся научно-техническую квалификацию и повышая ее.

А. В. Улитовский проработал токарем на заводе лишь полгода и перешел в Электротехнический институт, где нужно было создать мастерскую по ремонту электроизме-

рительных приборов для армии. Это не только вполне соответствовало его уже установившемуся научно-техническому профилю, но и давало внутреннее удовлетворение от выполнения работы, действительно необходимой для блага родины, соответствовало его патриотической настроенности. В короткий срок было организовано несколько студенческих бригад, и за один год удалось отремонтировать более 3500 приборов, подготовить группу специалистов новой профессии. Все отремонтированные приборы были приобретены в свое время за границей по очень высокой цене и оплачены золотом.

Вот когда А. В. Улитовский особенно ясно осознал срочную необходимость создания отечественного физического приборостроения. Однако робкие попытки университетских профессоров привлечь к этому насущному делу вышестоящие инстанции оказались безрезультатными, многие даже передовые представители промышленности были убеждены в невозможности и ненужности организации такого производства в России.

Это так повлияло на А. В. Улитовского, находившегося в подавленном настроении в связи с неудачами русской армии, что он решил сам перейти на военную службу. Он полагал, что военное командование, непосредственно заинтересованное в укреплении оборонной мощи страны и вынужденное оплачивать заграничные приборы валютой или хлебом, которого не хватало даже для своего народа, отнесется более сочувственно и проявит большую активность к проектам организации приборостроения в России, чем бездушные гражданские чиновники и хозяева промышленных организаций.

При содействии профессоров физико-математического факультета университета осенью 1916 г. А. В. Улитовский для прохождения службы был направлен в Петроградскую военную офицерскую электротехническую школу в качестве преподавателя и организатора лабораторной работы. Здесь его застал 1917 год.

После Великой Октябрьской социалистической революции Офицерская школа, переведенная в Москву, была расформирована и А. В. Улитовский получил назначение в Воздушную академию им. Н. Е. Жуковского в качестве преподавателя.

Почти 7 лет А. В. Улитовский был на военной службе и за это время расширил свою квалификацию и в области

радиотехники, и в решении очередных задач авиаприборостроения. Множество заграничных приборов новейших типов было изучено им, разработаны приемы технологии их ремонта, градуировки и проверки. С каждым годом он все больше убеждался в необходимости покончить с роковым пренебрежением к вопросам создания отечественной приборостроительной промышленности и конструирования новых приборов на основе собственных исследований.

Его надежды на военное командование не оправдались — русская армия во всех вопросах снабжения продолжала находиться в зависимости от общего состояния промышленности. Производственных баз в ее распоряжении не было. В те годы уже определилась прогрессивная деятельность многих представителей военного командования, которые горячо поддерживали попытки повышения технического оснащения армии. Так, например, передовые военные инженеры: В. Ф. Водар в ГВИУ, П. И. Ренгартен в Морском военном флоте и др. — пытались даже организовать военные производственные базы, хотя бы кустарного типа, для удовлетворения наиболее острых нужд армии. Блестящих успехов в этом отношении добилась в своей области Нижегородская радиолaborатория им. В. И. Ленина, созданная на основе «внештатной» лаборатории Тверской радиоприемной станции. Подобные же лаборатории были организованы в Ленинграде и Одессе. Однако все эти кустарные производственные базы имели свое узкое, целевое назначение — их планы были далеки от задач коренного преобразования приборостроительного дела в общегосударственном масштабе.

Попытки в течение ряда лет преодолеть косность руководства в гражданском и потом даже в военном ведомствах оставили тяжелый осадок в сознании А. В. Улитовского, жизненный опыт которого многократно подтверждал справедливость его основной идеи, реализации которой добиться не удавалось.

К счастью, большую моральную поддержку он получал в своей семье.

Летом 1917 г. он женился на Клавдии Дмитриевне Голдобенковой, в которой нашел верного друга на всю жизнь. Клавдия Дмитриевна была незаурядным человеком: школьная учительница по образованию, она была чуткой и внимательной к окружающим. Она лучше всех

понимала переживания Алексея Васильевича и всячески старалась смягчить их в тяжелые минуты. Это ей, однако, не всегда удавалось. Значительно позже, уже на закате жизни, она говорила: «Мой супруг — человек сложный, он воспринимает события не так, как обычно люди . . .».

У супругов Улитовских было 6 детей: Ирина, Борис, Наталия, Дмитрий, Василий и Вера. Родители постарались всем дать высшее образование, но никто из них не унаследовал своеобразной специальности отца — приборостроителя и изобретателя. Ныне они активно трудятся на разных поприщах, избрав свои собственные жизненные дороги.

Семейная жизнь принесла и свои радости, и новые заботы, свои тревоги. Жизнь стала полнее. Необходимо было обеспечить семью материально, для чего нужен был заработок, более солидный, чем студенческий, или жалование преподавателя Офицерской электротехнической школы или Воздушной академии им. Н. Е. Жуковского.

Однако семейные заботы не ослабили продуктивности упорного труда А. В. Улитовского. Через его руки проходило множество как радиотехнических, так и авиационных зарубежных приборов. Особое внимание его привлекло то обстоятельство, что основным препятствием прогресса отечественного электроизмерительного приборостроения являлась традиция решать конструкторские задачи в новых областях техники исходя лишь из старой, привычной технологии производства и издавна применявшихся материалов.

Между тем в Петрограде, пока проходили годы военной службы Улитовского, товарищи Алексея Васильевича по ремонту военных приборов уже после революции организовали производственную артель ПРЭН, выполнявшую заказы учреждений и обслуживавшую нужды населения. С установлением в стране нэпа она превратилась в небольшой частный заводик, который быстро расширялся и начал давать доходы его владельцам. Зная о выдающихся организаторских способностях Улитовского и о его знании производства, они старались привлечь Алексея Васильевича на работу в своем предприятии, соблазняя его не только большими заработками, но и возможностью, хотя бы частично, попытаться на деле осуществить вынашиваемые им планы обновления технологии приборо-

строения. Для этого нужно было демобилизоваться, что потребовало немало хлопот.

Наконец, Алексей Васильевич возвратился домой в Петроград и был приглашен на должность технического директора завода ПРЭН. Он, как говорится, засучив рукава, принялся за привычный труд и в короткое время реорганизовал выпуск электрических пирометров обычных типов, в которых были заинтересованы и большие заводы тяжелой промышленности, и транспорт, и военное ведомство. Кроме того, у него сразу появилась возможность быстро реализовать изобретенные им электрические приборы для анализа газов, впервые нашедшие применение в Европе; по этим приборам он получил патенты и авторские свидетельства и в короткое время выпустил несколько сотен экземпляров по заказам различных учреждений. В течение двух лет завод выпустил более 1000 пирометрических установок общепринятого типа. Такой производственный успех обеспечивал прочное финансовое положение завода. Но и в этой обстановке Алексею Васильевичу не удалось реализовать планы преобразования советского приборостроения, ставшие к этому времени основной задачей всей его жизни.

В детстве житель глухой деревушки царской России, кустарь-ремесленник в отрочестве и уже в юности широко образованный человек, Улитовский жадно интересовался событиями бурного революционного периода, стараясь осмыслить марксистские пути, зарождение нового строя. Он основательно изучил труды В. И. Ленина и стал активным участником воплощения его идей в жизнь.

Безвременная кончина гениального вождя пролетариата В. И. Ленина еще раз заставила А. В. Улитовского пересмотреть свое отношение к задачам государственного строительства, еще раз уточнить свои обязанности по отношению к новому строю. Работа в качестве ответственного руководителя на частном заводе, где основным принципом было получение прибыли и материальное обеспечение сотрудников, хотя и давала возможность частично реализовать его собственные изобретения, однако была совершенно несовместима с выполнением первоочередной государственной проблемы — передачи достижений науки в руки рабочего класса.

Университет, где уже были сделаны первые попытки ее конкретного осуществления, являлся единственно при-

емлемым местом работы. К счастью, хорошие отношения с сотрудниками физико-математического факультета облегчили этот новый поворот в жизни Улитовского, нанесший, конечно, некоторый ущерб интересам семьи. Тепло и активную поддержку Алексей Васильевич встретил со стороны Клавдии Дмитриевны, которая хорошо понимала необходимость этого шага.

В 1926 г. директором Физического института Ленинградского университета был Д. С. Рождественский, который предложил совету физико-математического факультета утвердить Алексея Васильевича в должности старшего ассистента института. Улитовскому и группе сотрудников института было поручено исследование коренного изменения в технологии электроизмерительных приборов и изыскание новых технологических методов в области металлургии и новых материалов.

На 34-м году жизни А. В. Улитовский получил, наконец, возможность целиком отдаться проблемам, которые он считал первоочередными. В составленный им первый пятилетний план вошли следующие задачи:

- 1) разработка гальванометров высокой чувствительности, малого веса, без винтов и гаек и без использования листового металла;
- 2) разработка средства мгновенного плавления металлов (в малых количествах) токами высокой частоты;
- 3) разработка способа получения мелких деталей из жидкого металла;
- 4) разработка способа получения нужных проволок из жидкого металла;
- 5) разработка способа получения листового металла из жидкого состояния.

В этом первом производственном плане особое значение Улитовский придавал именно последним четырем темам как наиболее существенным для достижения успехов в технологии советского приборостроения. Интуиция блестящего специалиста не подвела его. Будущее подтвердило его предположения, и в конце концов Алексею Васильевичу удалось полностью реализовать эти задачи.

Сначала план встретил возражения Наркомпроса как не соответствующий общему профилю Наркомата. Однако именно отмеченные задачи привлекли к себе внимание наиболее активной части сотрудников Улитовского и ряда ведущих специалистов со стороны. Они отчетливо пони-



**А. В. Улитовский  
и проф. М. М. Глаголев.**

мали, что если из процесса производства полностью исключить все операции обжата и проката металла в твердом состоянии, требующие огромных материальных затрат, расхода энергии, времени, применения огромных прокатных станов, то можно надеяться на коренные изменения в технологии. Недаром прямое получение изделий из жидкого металла сделало литейное производство столь важной и непрерывно совершенствующейся областью промышленности. Возможность осуществить это для получения миниатюрных точных отливок из тугоплавких металлов,

необходимых в приборостроении, и следовательно, найти путь к решению проблем новой технологии дает нам высокочастотный подогрев. Однако он в то время находился в зачаточном состоянии.

Наркомпрос в конце концов разрешил заняться вопросами металлургии сверх плана. Плановая работа по изготовлению гальванометров дала такие блестящие результаты при организации ее на основах хозрасчета, что в распоряжении Физического института оказались значительные суммы, позволявшие не только осуществлять необходимые эксперименты и оплачивать сверхплановые работы разного рода, но и существенно пополнять лаборатории оборудованием.

В своей автобиографии Алексей Васильевич пишет: «Непрерывно совершенствовались печи высокой частоты и вызванные ими новые металлургические процессы.

«Было получено и легко воспроизводилось фонтанирование жидкого металла в воздух и замораживание жидкой металлической струи в проволоку. Таким способом были получены проволоки от 0.1 до 1.0 мм из алюминия, чугуна и никель-алюминиевой стали. Из этой последней проволочной стали делались шлейф для осциллографов и электрокардиографов.

«Достигло значительной степени совершенства получение листов из чугуна и других сплавов непосредственно из жидкого состояния. Металлургическими работами Физического института заинтересовался в 1936 г. Серго Орджоникидзе и Совнарком СССР. Прокат и штамповка жидких металлов демонстрировались в Кремле. Академик А. А. Байков по заданию правительства с целой комиссией из 10 академиков и профессоров-металлургов обследовали (прокат и штамповку, — *Б. О.*) на месте.

«Металлургические начинания эта комиссия рекомендовала Наркомтяжпрому к внедрению . . ., не ожидая результатов дальнейшего изучения.

«Летом 1937 г. Всесоюзная конференция по бесслитковому прокату черных металлов под председательством акад. А. А. Байкова вынесла подобную же резолюцию.

«Нарком тяжелой промышленности на основании этих резолюций выдал мне летом 1937 г. доверенность на открытие нового института с металлургическим уклоном. . .» \*

\* Личный архив М. И. Кобыльницкой.

Однако вскоре исследовательская деятельность А. В. Улитовского в университете была прервана болезнью, едва не сведшей его в могилу.

Производственные работы по изготовлению приборов «Ф» и измерительной аппаратуры в Физическом институте ЛГУ продолжали его сотрудники вплоть до 1941 г.

По выздоровлении вновь началась интенсивная техническая деятельность А. В. Улитовского. Работа его приняла наиболее напряженный характер, когда разразилась Великая Отечественная война. Ему пришлось организовать лаборатории на разных заводах и неоднократно бывать в Москве по вызову различных министерств.

Страна ощущала самую острую необходимость в кровельном железе в связи с перебазированием заводов и других средств производства и размещением их на Востоке. А. В. Улитовский с группой молодых технологов-металлургов разработал методику и создал оборудование для получения тонкого чугунного листа, пригодного для кровли, путем проката жидкого металла прямо из вагранки; так удалось завершить работу, начатую в Ленинграде.

В этой группе своим энтузиазмом и активностью выделялся молодой инженер Е. Г. Николаенко. Он с успехом начал внедрять новую методику. Уже в 1944 г. он организовал в Одессе на заводе сельскохозяйственных машин промышленное производство чугунной кровельной черепицы. Вскоре Е. Г. Николаенко достиг существенного успеха в деле внедрения в промышленность жидкого проката чугуна. Это вызвало глубочайшее удовлетворение А. В. Улитовского, так как подтверждало на практике значимость проделанной им в ЛГУ работы и правильность выбранного тогда направления исследований. Е. Г. Николаенко от своего имени и от имени А. В. Улитовского подал заявку на присуждение им авторского свидетельства.

Осенью 1946 г. Алексей Васильевич едет в Одессу для консультации с Е. Г. Николаенко по поводу улучшения отдельных операций нового метода жидкого проката и устранения некоторых дефектов. В Одессе были изготовлены комплекты чертежей установок для жидкого проката кровельного чугуна. Новый метод дал возможность заводам различного назначения путем небольших затрат на ограниченных площадях быстро собирать свои несложные установки для изготовления доброкачественного сур-

рогата кровли и обеспечивать кровельным материалом и себя, и учреждения, с ними связанные. Они уже не стали требовать выделения фондов из продукции немногих рабо­тавших тогда сталепрокатных производств.

В результате этих работ решением Совета Министров от 14 марта 1951 г. одесской группе, в состав которой справедливо был включен А. В. Улитовский как инициатор и идейный руководитель исследований, за разработку и внедрение в промышленность методики получения тонкого чугуна литья непосредственно из жидкого металла была присуждена Государственная премия СССР II степени.

После победного завершения Отечественной войны возглавлявший Академию наук С. И. Вавилов, заинтересованный в стимулировании физических исследований в Советском Союзе, решил попытаться возобновить деятельность отдела прикладной физики Ленинградского университета, прекратившего свое существование во время блокады Ленинграда. Он считал, что наиболее подходящими условиями располагает Всесоюзный институт метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ), при котором издавна существовал хорошо оборудованный опытный завод.

С. И. Вавилов направил А. В. Улитовского в этот институт, обязав его возобновить разработку физических и в первую очередь электроизмерительных приборов. Этим он хотел расширить функции института, надеясь в будущем увидеть в нем ведущее предприятие по внедрению новой техники. Однако ВНИИМ, ведавший стандартизацией промышленности, стал от нее «плоть от плоти и кровь от крови» и считал своей основной задачей стимулирование производства уже существовавшей техники, а не внедрение новой. Ведь новая техника по своему существу отрицала старые стандарты и нормалы, требуя их пересмотра и замены, а следовательно, новых капиталовложений в промышленность и реорганизацию производства. Только широко образованному человеку, мыслящему по-государственному, было видно внутреннее единство стандартизации и прогресса новой техники, для близоруких же практиков между ними существовала полная противоположность.

Алексей Васильевич это прекрасно понимал и не обольщал себя надеждами на благоприятные условия для осуществления своих грандиозных планов во ВНИИМе.

Один раз он уже сумел найти выход из такого же затруднения при организации производства нового приборостроения в Физическом институте ЛГУ, где, между прочим, им были подготовлены кадры новых специалистов. Многие из его бывших учеников и сотрудников еще сохранили интерес к совместной увлекательной работе.

Как он и ожидал, перед ним сразу встали вопросы о штатных единицах и о расходах на экспериментальные исследования. Единственным требованием, которое А. В. Улитовский счел возможным предъявить к руководству ВНИИМа, было выделение рабочей площади. Дирекция смогла предложить только помещения в подвальном этаже главного здания, на что А. В. Улитовский охотно согласился, поскольку они были достаточно обширны и не нуждались в переоборудовании — ток и вода были подведены.

С директором была установлена договоренность, что работы будут выполняться преимущественно по хозрасчету на средства заказчиков, тем самым не будет обременен основной бюджет института; от заказчиков А. В. Улитовский рассчитывал получить и необходимые штатные единицы взамен тех из выделенных официально в его отдел 33 штатных единиц, которые уже получили другие назначения. Не было никаких предлогов, чтобы ВНИИМ мог уклониться от выполнения требований С. И. Вавилова. Хозрасчет к тому времени уже повсюду становился привычной формой деятельности учреждений, допускающей в широкой степени получение со стороны необходимых ресурсов без ограничения инициативы руководителя. Оставалось только точнее обдумать первоочередную тематику, которая бы, соответствуя общему развитию проблем приборостроения, в то же время могла заинтересовать своими конкретными задачами местные производственные организации, предоставлявшие для серийного выпуска новых приборов собственные производственные площади.

Над обдумыванием подобных вопросов А. В. Улитовский трудился уже более 20 лет, а в последнее время он подробно ознакомился с конкретными требованиями промышленности к поисковым работам в этой области. Нетрудно было наметить ряд небольших тем, обещавших быстрый и надежный эффект, а также подобрать квалифицированных сотрудников и укомплектовать лаборато-

рию оборудованием. В результате наряду с непрерывным пополнением оборудования план исследовательских работ за полгода был выполнен на 200%. Кроме того, в пределах тех же расходов удалось завершить несколько внеплановых работ, давших интересные результаты.

К августу 1947 г. в лаборатории А. В. Улитовского находилось уже 35 человек, главным образом откомандированных в его распоряжение штатных сотрудников ленинградских приборостроительных организаций. Его лаборатория стала самой многочисленной в институте.

Из своих прежних работников в ЛГУ оказалось возможным привлечь Ю. В. Денисова, З. А. Тимофееву, В. В. Трояновского, Ф. Т. Козыренко, Б. К. Заварихина, Д. В. Тимашева, А. И. Гордиенко; из вновь привлеченных следует отметить Н. М. Аверина, В. С. Берсенева, Г. П. Кузнецова и особенно энтузиастку новой техники М. И. Кобыльницкую.\*

С юных лет М. И. Кобыльницкая, увлеченная успехами физики и техники, отдавала свои силы на продвижение в производство новых оригинальных достижений науки и изобретений; работая на производстве, она имела довольно широкий научно-технический кругозор и была в курсе мощного развития социалистической промышленности. Изучив на практике организационные формы новых видов производства в области металлургии, Мира Исаевна оказала существенную помощь Алексею Васильевичу при организации лаборатории, при подборе нужных сотрудников, в деле получения заказов, обеспечивающих финансирование поисковых работ, и при заключении договоров.

А. В. Улитовский отчетливо понимал, что его ученики, ставшие хорошими специалистами по новой технологии приборостроения, в скором будущем должны будут совершенно самостоятельно продолжать большое начатое им дело создания отечественного приборостроения и внедрения его в различные отрасли промышленности. Для повышения их научной и деловой квалификации он создал весьма благоприятные условия. К тому же

\* Я считаю себя весьма обязанным М. И. Кобыльницкой за помощь в подборе первоисточников для биографии А. В. Улитовского. Кроме того, она проявила исключительную энергию по подготовке нужных материалов для оформления Ленинской премии и диплома ВДНХ, присужденных А. В. Улитовскому уже посмертно.

институт, за время войны и блокады Ленинграда растерявший около половины своих кадров, также был очень заинтересован в стимулировании и подготовке диссертаций. Большую помощь в этом вопросе оказал проф. В. А. Буталов — выдающийся металлург, автор ряда учебников и практических пособий, которыми с успехом пользовались на производстве.

В. А. Буталов в своей области был таким же новатором, как и А. В. Улитовский. Еще в 30-е годы быстро развивались их содружество и взаимопомощь, перешедшие в личную дружбу. Своим богатейшим практическим опытом Буталов существенно облегчал Улитовскому решение многих задач по созданию и практическому применению новых материалов и новых способов их обработки. Следует напомнить, что им был введен в практику авиостроения так называемый «кольчугалюминий», создавший целую эпоху.

В этот период я также имел возможность часто встречаться с А. В. Улитовским и со своей стороны старался содействовать его усилиям создать высококвалифицированный и инициативный коллектив молодых специалистов.

Столь продуктивная и многогранная деятельность Алексея Васильевича по внедрению новой технологии в приборостроение шла вразрез с традициями ВНИИМА и вызвала протест как у руководства института, считавшего, что разработка новой технологии не входит в задачи института, так и у значительного числа сотрудников, занятых в основном хранением и воспроизведением эталонов и образцовых мер, теоретическими проблемами метрологии, контролем измерительного дела в стране и разработкой стандартов для государственной промышленности, т. е. по существу не новой, а старой техникой.

Необходимо иметь в виду, что здоровье А. В. Улитовского после тяжелой болезни сильно пошатнулось. Врачи признали у него туберкулез горла. К этому времени он мог ходить только с палочкой. В те годы еще не было мощных средств борьбы с туберкулезом, которыми мы располагаем ныне. Только из-за рубежа можно было за валюту получить такие противотуберкулезные вещества, как паск, стрептомицин и фтивазит. Когда С. И. Вавилов узнал о болезни А. В. Улитовского, он помог ему получить необходимые лекарства; в этом принял участие и акад. И. В. Гребенщиков. Состояние боль-

ного улучшилось, и после лечения в одном из южных санаториев появилась надежда, что туберкулез побежден.

В сложившейся во ВНИИМе обстановке А. В. Улитовскому было очень трудно отстаивать точку зрения, что новое приборостроение не менее, чем старое, нуждается и в разработке стандартов для новых инструментов и материалов, и в метрологическом обобщении новых, более точных и экономичных методов измерений. Эту точку зрения разделяло относительно небольшое число сотрудников ВНИИМа, учитывавших опыт Американского национального бюро стандартов, игравшего в те годы ведущую роль в бурно развивавшейся заокеанской промышленности.

Ссылаясь на прямые указания ведущих специалистов, академиков и членов правительства, А. В. Улитовский пытался преодолеть возникшие трудности. Но это был уже не прежний вундеркинд, которому море по колено, — туберкулез подточил его силы. Одна отрада была в работе, где он смело мог рассчитывать на большинство своих сотрудников, на их энтузиазм и патристический подъем. Интенсивность работы не ослабевала даже в те дни, когда болезнь вынуждала его соблюдать постельный режим, правда, он прибегал к нему лишь в исключительных случаях, по категорическому требованию Клавдии Дмитриевны.

А. В. Улитовский мужественно боролся на два фронта: против болезни и за утверждение в жизнь своих идей. Отношения в институте обострились настолько, что продолжать работу в прежнем объеме и в намеченном направлении стало невозможно. Это совпало с периодом обострения болезни, и Алексей Васильевич оказался не в состоянии ехать в Москву, чтобы добиться сохранения лаборатории.

В Москву направились его сотрудники Ю. В. Денисов и М. И. Кобыльницкая для выяснения возможных путей продолжения начатого дела. Им было предложено срочно перевести всех сотрудников, а также передать все работы, выполнявшиеся в лаборатории А. В. Улитовского, вместе с лабораторным оборудованием во вновь организованный при заводе электроизмерительных приборов Всесоюзный научно-исследовательский институт электроприборостроения (ВНИИЭП). Это было естественным и правильным решением вопроса, поскольку лаборатория

А. В. Улитовского выполняла работы по хозрасчету на этом заводе.

Однако специальной площади для размещения значительного количества уникальной аппаратуры завод выделить не мог — он только начал строить помещение для ВНИИЭПа и части своих цехов, поэтому А. В. Улитовскому было предоставлено пустовавшее помещение в доме, входившем в комплекс театра «Народный дом» (ныне кинотеатр «Великан»).

В самом срочном порядке благодаря самоотверженному труду сотрудников все лабораторное имущество было перевезено в новое помещение, куда были подведены вода и электричество. Теперь вызывают удивление темпы, в которых выполнялись работы, необходимые для обеспечения возможности продолжать начатые исследования. Существенную помощь лаборатории в этом трудном деле оказал заместитель директора завода электроизмерительных приборов инженер М. П. Пикуль.

К счастью, недолго А. В. Улитовский и его сотрудники работали в этом помещении, которое было, по существу, малопригодным для широкого развития работ, так как не имело поблизости производственной базы. Как только строительство специального здания было закончено, они переехали в новое помещение, поближе к мастерским, складам и руководству института.

Алексей Васильевич прекрасно понимал всю шаткость условий, в которых ему приходилось работать, поэтому не упускал возможности упрочить свое положение. Так, еще будучи во ВНИИМе, он имел договоренность с директором Института инженеров точной механики и оптики А. Н. Шикановым о переходе в этот институт на основную преподавательскую работу с сохранением работы во ВНИИМе по совместительству и получил разрешение на переход. Однако очередное обострение болезни помешало реализовать этот план.

Более успешной была попытка найти место для развертывания некоторых его планов в Москве в Институте металлов, который возглавлял акад. И. П. Бардин, высоко ценивший творческую инициативу А. В. Улитовского и придававший большое значение осуществлению ряда его предложений. В своем институте И. П. Бардин выделил для этой работы особую группу во главе с П. К. Ощепковым. В нее вошли инженеры С. Д. Бого-

словский, В. А. Шпирнов, В. Ф. Порхачев, Л. М. Дун и др. Эта группа выполнила целый ряд исследований, существенно подтвердивших идеи Алексея Васильевича, и активно трудилась над внедрением их в практику производства. Для руководства этой группой А. В. Улитовский несколько раз ездил в Москву и виделся там с И. П. Бардиным, который относился к нему исключительно внимательно. Все это существенно укрепляло авторитет А. В. Улитовского как в кругах специалистов, так и в более широких кругах новаторов производства.

К 1957 г. состояние здоровья Алексея Васильевича резко ухудшилось, побежденный было туберкулез вновь обрушился на его ослабевший организм. А. В. Улитовский скончался в ночь на 6 декабря 1957 г.

Так закончилась тяжелая, но исключительно целеустремленная жизнь выдающегося новатора, пропагандиста новой техники, создателя советского приборостроения, отдавшего все свои силы на благо родины и оставившего глубокий след в истории научно-технических достижений социалистического хозяйства.

Уже после кончины А. В. Улитовского его сотрудники при содействии руководства Института металлов добились экспонирования его изобретений на очередной Выставке достижений народного хозяйства (ВДНХ), которая отметила значение их присуждением А. В. Улитовскому посмертно диплома I степени, а Комиссия Совета Министров СССР за работы в области науки и техники присудила ему в 1960 г. Ленинскую премию.

Более подробное изложение успехов, достигнутых А. В. Улитовским в области приборостроения, требует детального рассмотрения технических подробностей и сведений об участии в работе сотрудников А. В. Улитовского, которые сумели не только реализовать его указания, но и существенно продвинуть в практику его идеи. Поэтому наиболее ярким достижениям следует посвящать отдельные разделы настоящей работы, тем более что ряд оригинальных идей еще не подвергался изучению и содержит перспективы дальнейших успехов.

## **ЗЕРКАЛЬНЫЕ ГАЛЬВАНОМЕТРЫ И ДРУГИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

---

Первой творческой конструкторской работой, выполненной А. В. Улитовским в Физическом институте университета, была разработка зеркальных гальванометров удешевленного типа. Как уже было сказано, она явилась результатом критического рассмотрения зарубежных приборов самых известных фирм, которое показало, что главную часть в их стоимости составляют: 1) внешняя отделка, требующая высококвалифицированного труда; 2) дорогие материалы, расходуемые с неоправданным излишеством; 3) большое число деталей ручной работы и ручная сборка приборов мастерами высокой квалификации; 4) начисление весьма значительной прибыли владельцам производственных предприятий (до 30% и выше себестоимости).

На долю основного узла прибора — его чувствительных элементов, обуславливающих качество прибора, приходилось не более 5% от его рыночной стоимости.

Все эти характерные особенности ценообразования иностранных приборов приводили к естественному выводу, что для производства было выгоднее выпускать на рынок только дорогие приборы и притом в ограниченном количестве, чтобы не превышать спрос. Для приборостроения в социалистическом государстве, где задачей его является удовлетворение потребностей широких народных масс, эти соображения неприемлемы, и производство должно стремиться к предельному снижению стоимости и к полному удовлетворению спроса со стороны населения. Таковы были исходные соображения, которыми руководствовались ведущие ученые физико-математического факультета ЛГУ.

Кроме того, предполагалось и еще одно требование — удобство прибора в обращении для предельного упрощения труда экспериментатора и сокращения затрат времени на выполнение измерений. Им всем было хорошо известно, сколько времени требовала установка высокочувствительного гальванометра и устранение сотрясений его опоры.

Принцип, на котором было основано действие высокочувствительного гальванометра типа Дебре д'Арсонваля, был хорошо известен уже с конца прошлого века, и его теория полностью разработана. Основываясь на ней, А. В. Улитовский шаг за шагом стал устранять причины высокой стоимости, начиная с выбора материала и рассмотрения производственных операций.

В первых образцах, выпущенных в массовое производство, дорогой футляр из фондированной латуни он заменил предельно дешевой коробкой из прессованного картона, которую в готовом приборе стал покрывать из пульверизатора нитролаком — к этому свелась внешняя отделка. Крепеж деталей был заменен склеиванием соответствующими смолами или зачеканиванием. Массивная плита с уравнительными винтами была заменена вертикальным штампованным кронштейном или доской, укрепленной гвоздем, вбитым в капитальную стену в том месте, где сотрясения от уличного движения минимальные. В кронштейне были сделаны опорные площадки для трех укрепленных на футляре уравнительных винтов: верхней вертикальной пары, перемещавшей прибор в плоскости, параллельной стене, и нижнего горизонтального винта, устанавливающего прибор на передней плоскости по отношению к вертикали.

Это новшество значительно ускорило и упростило установку прибора. На такой опорной доске можно было прикрепить и клеммы для подводящих проводов, и критическое сопротивление, и даже шунт. На самом приборе входные клеммы имели гайки, изготовленные прессованием из расплавленного металла; для их изготовления и охлаждения требовались минуты в поточной линии. Нарезку гаек для установочных винтов заменило обжатие гайки на резьбе готового винта.

Основой прибора являлась цельная металлическая пластинка, к которой крепилась собственно измерительная часть прибора, состоявшая из небольшого подково-

образного магнита, изготавливавшегося на заводах средств связи в массовом порядке для телефонных установок, магнитного сердечника внутри подвижной рамки, крепления подвеса на вращающейся вертикальной втулке, обеспечивающей установку положения рамки с зеркальцем на нуль отсчета по шкале, и двух клемм, соединенных с концами обмотки на рамке легчайшими металлическими проводничками, если рамка была подвешена на кварцевой нити. Когда подвес изготавливали из тонкой металлической ленточки, один конец обмотки рамки присоединялся к нему и через него — к входной клемме. Важнейшая часть прибора — рамка, по которой проходит измеряемый ток, имела цилиндрическую форму, изготавливалась на клею на легчайшем каркасе; в зависимости от параметров марки прибора на нее навивалась обмотка из провода определенного диаметра с определенным числом витков. Проволока наматывалась на станочке, специально изготовленном для этой цели талантливым механиком В. А. Бальцеровичем. На этом станочке одна работница невысокой квалификации выпускала тысячи рамок в смену и обеспечивала поточную сборку приборов.

Круглая рамка оказалась выгоднее прямоугольной, поскольку допускала большую точность в размерах. При этом было необходимо, чтобы магнитный сердечник, вокруг которого она вращалась, имел форму шарика. В качестве последнего А. В. Улитовский применил отожженный шарик из мягкого железа, изготовленный на заводе шарикоподшипников. В шарике сверлилось отверстие, которым он плотно насаживался на штырек, укрепленный на основной плате. Это дало огромную экономию труда и времени при сборке прибора.

В рамке внизу, против точки крепления подвеса, был предусмотрен указатель положения рамки в магнитном поле; нижний его конец свободно вращался в проволочной петле, укрепленной на основной пластинке. Под петлей под углом  $45^\circ$  к вертикали крепилось зеркальце, в котором были видны снизу и петля, и кончик указателя в ее середине, обеспечивавшие контроль его центрировки, т. е. правильное положение рамки относительно сердечника. Это сделало излишними обычно устанавливаемые в зарубежных гальванометрах жидкостные уровни и затраты высококвалифицированного труда при их юстировке.

Указатель центрировался также и относительно простейшего арретирующего устройства — арретирующей вилки, управляемой снаружи футляра. Вилка крепилась на общей плате и при арретировании приподнимала рамку, прижимая ее к магнитному сердечнику и ослабляя подвесную ленточку, после чего все подвижные детали даже при сильном сотрясении не смещались относительно друг друга. При обратном движении арретирующая деталь немного опускалась, освобождая рамку, чтобы она повисла на подвесе, и прибор был готов к измерениям.

Все металлические детали крепились на основной плате запрессовыванием, заклепыванием или же на клее, который полимеризовался от приближения разогретого паяльника.

При такой конструкции оказалось возможным быстро наладить поточную сборку на тщательно продуманной системе оправок и направляющих, которую легко осваивали работницы, даже не имеющие специальной квалификации. Изготовление зеркального гальванометра зарубежной конструкции было немыслимо без участия высококвалифицированного специалиста — часовых дел мастера высокого разряда, создававшего каждый прибор в индивидуальном порядке. Главное же преимущество нового прибора заключалось в огромной экономии времени на изготовление и в применении самых дешевых и всегда доступных материалов.

Весьма существенным было внедрение в практику бескаркасных рамок минимального веса, пропитанных бакелитовым лаком с последующей полимеризацией, что, помимо сокращения собственного периода колебаний прибора, повышало его чувствительность и уменьшало величину добавочного критического сопротивления.

Уже на основании этого беллого перечня наиболее характерных особенностей нового гальванометра можно представить себе примерный объем исследовательской работы и новые конструкторские принципы, заложенные в ее основу. Весь этот огромный труд был выполнен А. В. Улитовским в начале 1930 г. в предельно сжатый срок (около 6 месяцев) при участии его сотрудника еще по петроградской Офицерской школе Д. В. Тимашева и трех более молодых конструкторов: В. Г. Левицкого, Л. Н. Еленского и И. А. Сергеева.

При работе с новым прибором в случае затруднений в приобретении обычного отсчетного комплекта, состоявшего из отсчетной трубы и шкалы или из специального осветителя для получения на шкале зайчика, можно было укрепить на той же доске, на которой устанавливался гальванометр, и удешевленное отсчетное устройство. Оно состояло из цилиндрической коаксиальной с подвесом шкалы, нанесенной на полупрозрачную бумагу, и картонной трубочки, в которую с одного конца был вставлен на клею патрончик для осветительной лампочки, а на другой конец с трением надевался колпачок с линзой, дающей после отражения от зеркальца, приклеенного сверху к рамке, сфокусированное изображение нити лампочки на шкале. Обеспечивался световой рычаг, равный радиусу шкалы длиной около 30—40 см, дававший возможность отсчета угла отклонения на  $0.0025$  рад., что соответствовало смещению зайчика на шкале, удаленной на 1 м, на 2.5 мм. Шкала и трубка с лампочкой крепились на сделанном из толстой жесткой проволоки каркасе, согнутом на соответствующих оправках, укрепленном внизу на той же доске, что и гальванометр, и образующем с ним жесткую связь. Стоимость такого отсчетного устройства входила в стоимость гальванометра.

Изучение зарубежных инструментов показало, что для повышения чувствительности в них применялись весьма массивные подковообразные магниты из специальных сортов стали, обеспечивавшие в витках рамки магнитное поле значительной напряженности. Однако теоретический анализ и эксперименты показали, что это не приводит к желаемой цели, вызывая в рамке при ее движении индуктивное торможение, сильно увеличивающее период ее собственных колебаний и крайне замедляющее остановку ее при выполнении измерений. Для экспериментатора важно получить гальванометр с предельно коротким периодом собственных колебаний и быстрой установкой. Для этого в цепь вводится дополнительное критическое сопротивление, снижающее чувствительность прибора. Оказалось, что гораздо выгоднее при малом восстанавливаемом моменте подвеса понижать собственный период за счет минимальной инерционности рамки в относительно слабом магнитном поле (в десятки раз по сравнению с распространенными в то время на мировом рынке приборами). Для ослабления поля в них обычно устанавливали маг-

нитные шунты. Наивыгоднейшими оказались бескаркасные рамки, подвешенные на тончайшей бронзовой ленточке, получаемой из тонкой проволоки в специальных прецизионных валках, изготовленных из твердого чугуна, допускающего оптически точную обработку поверхности (хрупкий чугун при высокой твердости лучше поддавался шлифовке и полировке, чем вязкие сорта легированных сталей).

Применение шарика в качестве магнитного сердечника создавало вблизи его поверхности, где перемещаются витки рамки, геометрически правильное магнитное поле, относительно слабо зависящее от формы магнитных наконечников. Это позволило изготавливать их штамповкой из отожженной ленты мягкого железа, наполнив внутренние свободные полости обрезками из отходов мягкого отожженного железа, и с трением надевать на полюсы подковообразного магнита от телефонного вызывающего индуктора.

Эта новая конструкция позволила изготавливать в одинаковых футлярах и с одинаковым наружным оформлением все типы зеркальных гальванометров с параметрами, которые требуются в самых разнообразных экспериментальных исследованиях и в лабораторной практике (рис. 1).

На всех футлярах выдавливали букву «ф», символизирующую «Физический институт». Этот знак стал известен по всей стране, особенно после того, как различные образцы приборов были экспонированы в Москве на постоянной выставке в Доме техники у. Никольских ворот. Наибольшим спросом пользовались: 1) быстро устанавливающиеся высокоомные приборы для предельно малых токов; 2) малоомные гальванометры для тепловых измерений с большим собственным периодом, рассчитанные на предельно малые напряжения, и 3) баллистические приборы с утяжеленной рамкой, предназначенные для измерений емкостей и индуктивностей.

В пристройке к институту были налажены поточные линии для изготовления необходимых деталей отливкой из жидкого металла и штамповкой из новых материалов и линии сборки без применения нарезных крепежных деталей. Даже много лет спустя, когда производство таких зеркальных гальванометров было уже прекращено, они широко применялись в различных лабораториях страны.

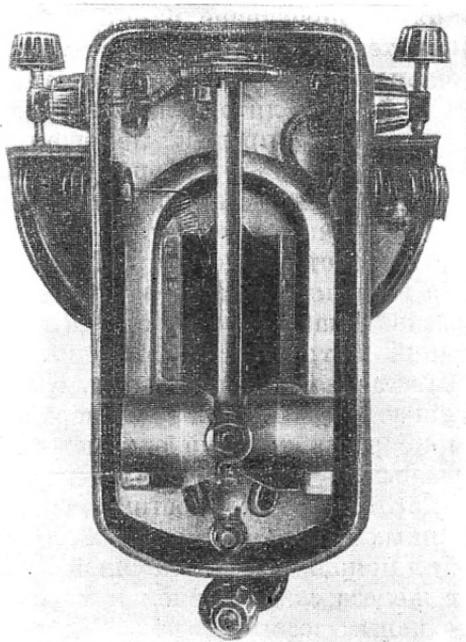


Рис. 1. Устройство зеркального гальванометра «Ф».

К началу Отечественной войны самые насущные потребности в высокочувствительных магнитоэлектрических приборах были удовлетворены и найдены способы дальнейшего обеспечения школьных кабинетов и заводских лабораторий. Однако А. В. Улитовский не хотел этим ограничиться. Постоянный контакт с физиками-экспериментаторами Физического института наталкивал его на решение новых задач по совершенствованию приборостроительной технологии и техники измерений, в частности измерения электрическими методами неэлектрических величин, например малых деформаций, малых изменений температуры и освещенности, микровзвешивания малых масс, прерывистого роста растений, изгиба массивных балок при малых нагрузках и пр.

Значительное внимание он уделял изучению малых колебаний измерительных рамок в зеркальных гальванометрах под влиянием флюктуаций давления воздуха,

воздействующих на положение рамки. Эти флюктуации, как показывала теория, определяют теоретический предел чувствительности и точности отсчетов зеркальных гальванометров. А. В. Улитовский был уже готов к попытке преодолеть этот предел, помещая движущийся узел гальванометра вместе с сердечником в вакуум; он предполагал, что этим путем можно будет, по крайней мере на порядок, улучшить качество прибора, в котором предел чувствительности будет определяться только сотрясением опор и тепловыми флюктуациями в толще проводников, составляющих его цепь. Для уменьшения этих флюктуаций потребуется понижение температуры до температуры кипения жидкого гелия. К сожалению, он не получил заказа на подобный «сверхгальванометр», а создавать прибор, на который еще нет спроса, не считал целесообразным.

Следует отметить ряд конкретных усовершенствований, предложенных и реализованных А. В. Улитовским.

На основании появившихся в научной литературе описаний сплавов железа с алюминием и магнием, обладающих малым удельным весом и огромными коэрцитивными силами, избавляющих конструкторов от необходимости придавать магнитам подковообразную форму для получения сильных полей, А. В. Улитовский разработал тип зеркального гальванометра с внутрирамочным магнитом и наружным цилиндрическим сердечником из наиболее мягкого кремнистого железа, легко принимающего необходимую геометрическую форму, обеспечив правильное строение магнитного поля у внутренней его цилиндрической поверхности, вблизи которой перемещаются витки рамки, что снизило требования к форме внутрирамочного магнита из высококоэрцитивной стали и его однородности, облегчив отливку и обработку этого хрупкого и твердого металла. Это совсем освободило Улитовского от применения никелевых и кобальтовых магнитных сплавов и значительно снизило стоимость и вес прибора.

Далее, в середине 30-х годов начала свое бурное развитие химия пластмасс и были получены порошкообразные материалы, которые под давлением при высокой температуре позволяли изготавливать с минимальной затратой времени, труда и энергии изящные футляры, с которыми не могли соперничать картонные прессованные коробки ни по качеству, ни по дешевизне. Пришло время заме-

нить их пластмассовыми, а это вновь потребовало переосмотра всей технологии изготовления приборов, с одной стороны, и вызвало необходимость их усовершенствования, с другой. Но это удалось осуществить только много позднее, в условиях заводского производства в 1948 г.

От старых зарубежных конструкций в зеркальных гальванометрах Физического института сохранились установочные винты, и экспериментатору по-прежнему приходилось тратить громадное время для установки прибора в рабочее положение. В 1946 г. А. В. Улитовский предложил новую оригинальную конструкцию не только самоустанавливающегося, но сверх того самоарретирующегося прибора. Он подвесил прибор на карданном подвесе к головке, надеваемой на гвоздь в стене. Сила тяжести всегда поддерживала его, а следовательно, и его подвижную рамку на тончайшей бронзовой ленточке в строго вертикальном положении. Эта же сила тяжести прибора освобождала арретир, обеспечивая рамке свободное вращение в магнитном поле. Соединение основной платы прибора с подвесом кардана осуществлялось через стерженек, проходивший сквозь среднее звено кардана и опиравшийся на него не прямо, а через пружинку, соединенную с арретиром. Пружинка под тяжестью прибора сжималась и освобождала арретир. Когда прибор снимали с гвоздя, пружинка освобождалась и подтягивала арретир, прижимая рамку к сердечнику и ослабляя натяжение ее подвеса. Таким образом, на установку прибора требовалось 1—2 сек., и не нужно было вращать винты и контролировать правильность положения рамки.

Проф. К. Б. Карандеев в книге о гальванометрах отмечал: «При весе не более 150 г чувствительность новой модели самоустанавливающегося зеркального гальванометра достигала нескольких единиц, умноженных на  $10^{-12}$  а·мм·м».\*

Таким образом, получился прибор, и поныне наиболее совершенный в мире. Преимущество его перед другими типами заключается в том, что для его крепления на стене требуется, по существу, всего одна опорная точка, а это значит, что его можно подвесить не прямо на стену,

\* К. Б. Карандеев. Гальванометры постоянного тока. Львов, 1957.

а через акустический фильтр из большой массы на упругой опоре, у которого собственный период колебаний значительно длиннее периода качания гальванометра на кардане. В этом случае гальванометр будет отделен от вибраций и сотрясений стены, что значительно повышает и точность, и воспроизводимость отсчетов.

В разработке прибора активнейшее участие принял Д. В. Тимашев, работавший раньше над созданием самых первых удешевленных приборов в картонных футлярах.

Сохранился отзыв профессора Ленинградского политехнического института Е. Г. Шрамкова о самоустанавливающемся гальванометре:

«Директору ВНИИМ проф. Б. М. Яновскому

В соответствии с Вашим поручением я ознакомился с отчетом о работе „Самонивелирующийся зеркальный гальванометр“, выполненной лабораторией „Б“ в 1947 г.

Работа посвящена разработке конструкции магнито-электрического гальванометра с внутренним магнитом малого габарита. Конструкция гальванометра вполне оригинальная. Благодаря применению карданова подвеса не требуется устанавливать гальванометр по уровню. Экспериментальные исследования, проведенные лабораторией с макетами разработанных гальванометров, показали, что их чувствительность того же порядка, что и у гальванометров завода „Эталон“. Существенно отметить, что чувствительность гальванометра мало изменяется при разных отклонениях по шкале (в пределах 1%), что позволяет в известных случаях пользоваться этим прибором для измерения силы тока или напряжения. Желательно было бы иметь данные о поведении гальванометра при вибрациях.

Можно предполагать, что разработанный лабораторией гальванометр найдет достаточное применение в технической практике как прибор портативный, не требующий специальной установки и дешевый.

11 III 48» \* (Е. Шрамков)

А В. Улитовский сделал попытку внедрения этого прибора в производство. В конце 1947 г. удалось заклю-

\* Личный архив М. И. Кобыльницкой.

чить соглашение с экспериментальными мастерскими Арктического научно-исследовательского института о выпуске к 1948 г. опытной партии в количестве 200 новых приборов и о включении в план производства на 1948 г. изготовления 30 000 приборов.

Даже завод, для которого лаборатория А. В. Улитовского выполняла работы по договорам, попытался осуществить новую модель с некоторыми изменениями в соответствии с установившимися традициями его производства, а следовательно, более дорогую. Она получила название «Малютка» и марку М-25 (рис. 2). Оба образца были экспонированы на выставке отечественного приборостроения в 1948 г.

Однако вопрос о массовом производстве самоустанавливающихся и самоарретирующих приборов не получил развития. Видимо, бурное развитие электровакуумной техники, позволившей измерять слабые токи (путем их усиления), выходящие далеко за пределы чувствительности зеркальных гальванометров, сузило область их применения, хотя и не могло полностью заменить.

Еще в начале 30-х годов, будучи в Физическом институте, А. В. Улитовский предвидел это и направлял внимание своих сотрудников на решение задач, в которых гальванометрические методы измерений еще долго будут сохранять свое значение. К ним относится проблема короткопериодного гальванометра, необходимого в первую очередь самой электровакуумной технике. Короткопериодный гальванометр является основным элементом всех регистрирующих устройств, следящих за изменением измеряемой величины в функции времени, в том числе давно известных шлейфовых осциллографов.

Однако шлейфовые осциллографы, широко применявшиеся в начале текущего столетия в электротехнической промышленности и электротехнике сильных токов, потребляли очень много энергии, имели большие габариты и сложные устройства регистрации, а следовательно, были очень дорогими (более 1000 руб. золотом). Отечественного производства их не существовало, их делали иногда в лабораториях кустарным способом.

Они были совершенно непригодны для слаботочной электротехники, в частности для электрокардиографии, электрических пирометров, газоанализаторов и для контроля с минимальным отставанием некоторых электри-

ческих сигналов, имеющих мощность порядка  $10^{-11}$ — $10^{-12}$  вт и собственную частоту 10 гц и выше. Для этого в гальванометре из постоянного магнита было целесообразно сделать подвижный элемент с зеркальцем минимального веса, а катушку, создающую поле сигнала максимальной напряженности, неподвижной.

В. А. Улитовский предложил вернуться к самой старой схеме, сделав постоянный магнит из японского высококоэрцитивного сплава «Мишима» подвижным, а катушку для создания магнитного поля сигнала (с большим числом витков и с сердечником из пермалоя) неподвижной. Кроме того, для увеличения затухания подвижную систему, подвешенную на двух растяжках, обеспечивающих восстанавливающий момент, оказалось необходимым поместить в жидкость определенной вязкости. Только применение новых специальных материалов позволило разрешить эту задачу.

Т а б л и ц а 1

Короткопериодные гальванометры Физического института ЛГУ

Марка прибора	Собственная частота подвижной системы, гц	Сопротивление катушек, ом	Предельная чувствительность $9 \cdot 10^{-14}$ — $4 \cdot 10^{-13}$	
			а · мм · м	в · мм · м
КПГ-100-I	100	4	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-6}$
КПГ-100-II	100	64	$1 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-6}$
КПГ-100-III	100	1000	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-5}$
КПГ-40	40	10000	$3 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-5}$

Разработка всех деталей была поручена Б. К. Заварихину, который и осуществил оформление двух типов короткопериодного гальванометра с собственной частотой 100 и 40 гц \* (табл.1). Заварихин разработал и катушку с фотобумагой, движущейся перед щелью с заданными скоростями в 25 и 3 см/сек. Это превращало гальванометр в портативный регистрирующий прибор, позволяющий, например, снять кардиограмму без предварительного усиления токов сердца.

\* Б. К. Заварихин. Миниатюрный короткопериодный гальванометр. — В кн.: Микрометаллургия и микротехнология. Сб. под ред. Б. А. Остроумова. Л., 1959.

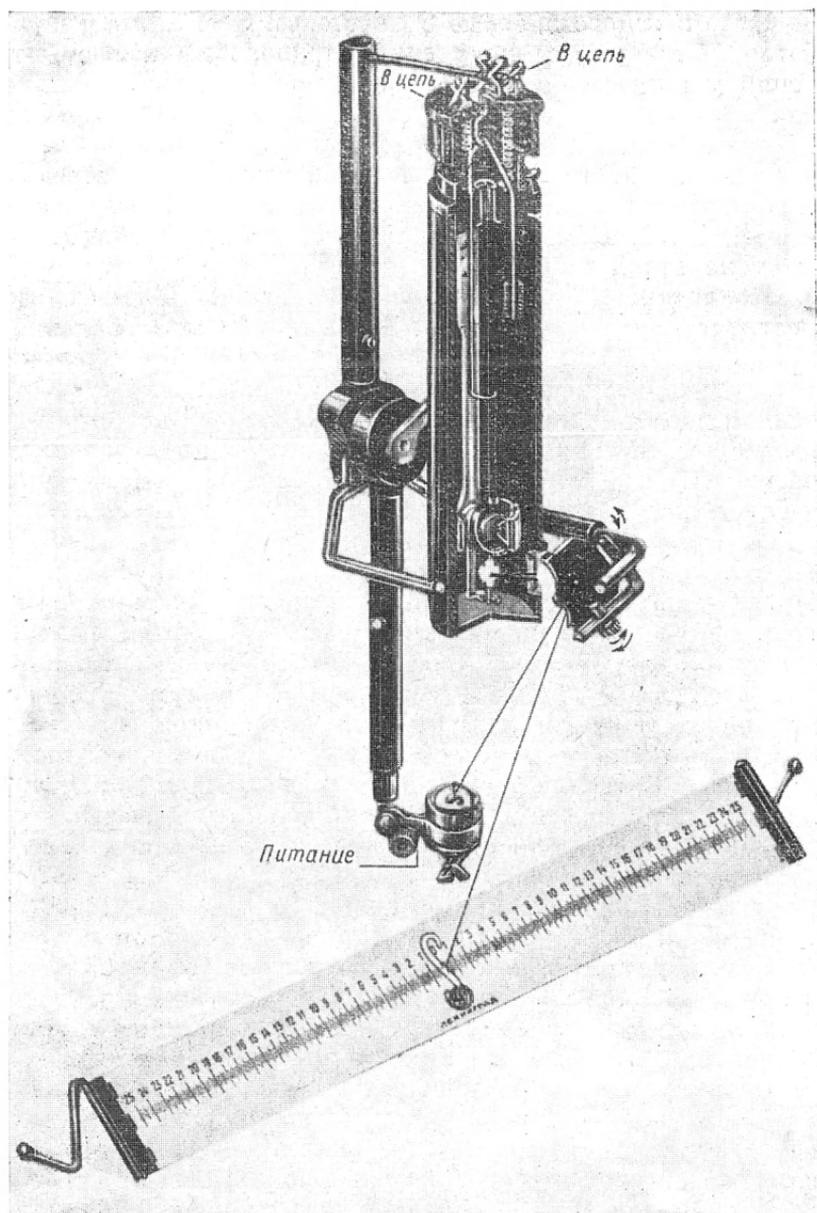


Рис. 2. Устройство гальванометра «Малютка», изготовленного во ВНИИМЕ.

На его основе впервые в Советском Союзе был разработан комплект для получения кардиограмм непосредственно у постели больного, требовавший питания только для лампочки, образующей световой указатель. Образец такого переносного кардиографа был изготовлен в Физическом институте ЛГУ и воспроизведен в мастерских Ленинградского института экспериментальной медицины им. И. П. Павлова. К сожалению, добиться серийного выпуска таких приборов не удалось.

Коллективом сотрудников мастерских Физического института, в частности А. И. Гордиенко, на базе гальванометра КПП-100 был разработан прибор меньшей чувствительности с увеличенной площадью зеркальца и с собственной частотой подвижной системы до 500 гц, пригодный для изучения трехфазного тока промышленной частоты (50 гц). При некоторых изменениях конструкции частоту подвижной системы можно было увеличивать.

Это позволило выпустить упрощенный осциллоскоп «ШОС» для нужд преподавания, в который входили: 1) три короткопериодных гальванометра, дававших лучи трех цветов и рисовавших на экране в функции времени синхронно три цветные кривые электрических сигналов; 2) шестигранная зеркальная развертка, приводимая в равномерное вращение синхронным моторчиком от сети; 3) осветительное устройство, дававшее от одной яркой лампочки три луча, направленные на зеркальца гальванометров сквозь цветные светофильтры, и 4) упругий полупрозрачный цилиндрический экран ( $200 \times 330$  мм), изогнутый по дуге ( $R=300$  мм) с осью, совпадающей с осью развертки. Для питания моторчика и лампочки осветителя прилагался соответствующий трансформатор.

Советские школьники еще до начала Великой Отечественной войны впервые получили возможность увидеть и закрепить в памяти сложные законы переменного и, главное, трехфазного токов в различных цепях.

Выпуск этих примитивных приборов, продолжавшийся до самого начала войны, был реакцией на острую нехватку новой техники в учебном процессе и представлял большую заслугу Алексея Васильевича и его сотрудников. Ни одно учреждение того времени не занималось решением этой задачи, так как не располагало ни новыми специальными материалами, ни новой технологией производства.

Это постоянное внимание к наиболее острым проблемам развития техники, новаторство, оригинальное решение очередных задач были характерными чертами всей деятельности А. В. Улитовского и творческого коллектива, работавшего под его руководством. А. В. Улитовский стремился не только к улучшению параметров измерительных приборов. Он старался учитывать условия, в которых они будут применяться.

Важнейшими элементами электрических схем являются, несомненно, переменные омические сопротивления; поэтому для выполнения экспериментальных работ по физике совершенно необходимо иметь набор переменных реостатов. Во всем мире для этих целей применяют реостаты с ползунком типа Рустрата, в которых на фарфоровый цилиндр плотно, виток к витку навита проволока из сплава высокого сопротивления, достаточно стойкого к нагреванию, поскольку в ней всегда выделяется джоулево тепло. От размеров цилиндра, диаметра проволоки, ее удельного сопротивления и числа витков зависят параметры реостата. Всего труднее изготовлять реостаты многоомные (с большим числом витков тонкой проволоки) и малоомные, рассчитанные на значительные нагрузки с большим выделением тепла (из толстой проволоки и с относительно малым числом витков). В лаборатории А. В. Улитовского были разработаны способы производства всех видов реостатов Рустрата и изготовлены необходимые для этого обмоточные быстроходные станки и штампы для получения нужных деталей установки реостатов, зажимов и ползунков. Производство керамических цилиндров для них всех нужных размеров было организовано на договорных началах на специальных заводах с массовым выпуском по низким расценкам.

А. В. Улитовский изобрел способ изготовления обмотки не из круглой проволоки, а из плоской ленты, толщина которой была в несколько раз меньше диаметра круглой проволоки того же сечения, намотанной на ребро. Например, заменив проволоку диаметром 0.2 мм лентой того же сечения, толщиной 0.04 и шириной около 0.8 мм, можно на той же длине цилиндра уложить в 5 раз больше витков. Это значительно уменьшало габариты схем, в состав которых входили реостаты. Были разработаны станки для получения лент из проволок и для намотки их на ребро, что обеспечивало быструю

поточную сборку реостатов. Для шунтовых малоомных реостатов применялась намотка с рядом шунтов, обеспечивающих плавный переход от одного витка к последующему, запатентованная за рубежом. Важно отметить, что в этих приборах, необходимых для решения самых разнообразных задач, не было ни одного винтика — все крепежные операции осуществлялись запрессовыванием. Гайки клемм были литыми из наиболее подходящего твердого, относительно тугоплавкого дешевого сплава.

Эти реостаты имели огромный спрос, их выпуск осуществлялся сотнями тысяч в месяц.

Ободренный первыми успехами, А. В. Улитовский уже в 1931 г. сосредоточил свое внимание на создании стрелочных электроизмерительных приборов с постоянными шкалами, дававшими показания в практических единицах тока и напряжения, не требовавших нивелировки и не боявшихся толчков и сотрясения. Эта огромная масса приборов находила применение не только в лабораториях или в процессе преподавания, но и во всем многообразии установок производственного и промышленного назначения, составлявших основу новой промышленной техники и успехов всего советского народного хозяйства, взявшего курс на сплошную электрификацию.

Естественно, А. В. Улитовского интересовали в первую очередь градуированные чувствительные приборы малого потребления мощности, применяемые в научно-исследовательских работах и в технике связи. Он начал с детального анализа конструкций шкальных приборов и технологии их изготовления, обеспечивающей их точность и надежность.

Выяснилось, что основным источником погрешностей их показаний является трение острых концов оси подвижной рамки, несущей стрелку (указатель, движущийся по шкале), об агатовые или рубиновые опоры. Восстанавливающий момент, являющийся в них основным элементом сравнения при измерениях, обычно создавался двумя плоскими спиральными пружинами, служившими одновременно и для подведения в рамку измеряемого электрического тока.

В лабораториях обычно применялись приборы первого класса, погрешность которых не превышала 1% от измеряемой величины, и лишь для более точных измерений и проверок служили приборы классов 0.5; 0.2

и редко 0.1 с весьма точно выполненными шкалами большого масштаба.

И изготовление подпятников из твердого камня, и заточка острия у оси, а также уравнивание стрелки, нарушавшей симметрию моментов относительно оси вращения подвижной измерительной рамки, представляли ответственные и трудные операции, требовавшие навыка и мастерства рабочего, собиравшего каждый прибор индивидуально.

Так делалось во всем мире. При этом острие часто обламывалось, затуплялось или упиралось в различные точки агатовой опоры, отчего резко менялось трение, а вместе с тем и вызываемая им погрешность, так называемая вариация. Стрелка останавливалась на некотором расстоянии от того деления, на котором она должна останавливаться при равновесии отклоняющего и восстанавливающего моментов.

А. В. Улитовский пришел к выводу, что, во-первых, необходимо добиться постоянства вариации, для чего радиус кривизны закругления кончика оси следует делать определенной заданной величины, меньше радиуса углубления опоры, так, чтобы две сферические поверхности (вогнутая и выпуклая) соприкасались в одной точке, и, во-вторых, получить определенный минимальный коэффициент трения этих поверхностей. В качестве опоры он стал применять пористые дешевые материалы (идущие на подшипники скольжения), пропитывая и покрывая их тончайшим слоем нового вещества «тефлона», у которого коэффициент трения со сталью почти равен нулю.

Оказалось, что разряд конденсатора через искровой промежуток, образуемый между плоской поверхностью и острием, оплавляет его, придавая острию строго сферическую форму и зеркальный блеск. Острие превращается в микроскопическое выпуклое зеркальце. Радиус кривизны его, определяемый в микроскоп, зависел от вещества острия и от мощности разряда; он достаточно точно поддавался воспроизведению. Заданную форму опоры можно было получать на металле вдавливанием (доли секунды) на небольшую глубину подобного оплавленного разрядом пуансона из предельно твердой стали с радиусом кривизны, большим, чем у зерна. Никакая механическая обработка не могла обеспечить совершенство такой механической пары.

Таким образом, качество и воспроизводимость измерительного прибора значительно возростали, а стоимость его уменьшалась в несколько раз без принципиального изменения конструкции. Однако это не исчерпывало задачу полностью, хотя и давало приемлемое решение в ряде частных практических случаев.

Дело в том, что для обеспечения заданного восстанавливающего момента требовалось исключительно высокое качество плоских спиральных волосков, которые при повороте рамки испытывали бы деформацию в пределах упругости материала без всяких остаточных явлений. До начала 30-х годов эти волоски производственные учреждения получали из-за рубежа.

Работая над завершением задачи, А. В. Улитовский обратил внимание на то, что в первых стрелочных приборах Дебре д'Арсонваля восстанавливающий момент создавался упругостью закручивания растяжек, на которых были подвешены их рамки в магнитном поле и которые подводили ток. Лишь спустя несколько лет, для повышения прочности и чувствительности прибора стали применять рамки на агатовых опорах с устанавливающими их спиральными волосками. Особое внимание он обратил на то, что внутреннее трение в упругой ленточке, служившей в качестве подвеса в зеркальных гальванометрах, при малых углах закручивания всегда почти равно нулю, а отсюда и погрешность отсчетов зависит не от внутреннего трения в подвесе, а главным образом от вязкости воздуха. Так появились стрелочные приборы с градуированными шкалами, рамки которых были подвешены на двух ленточных растяжках, обеспечивающих восстанавливающий момент практически без вариаций.

Для сохранения точности градуировки при колебаниях температуры необходимо, чтобы температурный коэффициент упругости кручения растяжек был равен коэффициенту теплового расширения пластинки, на которой крепились их концы. Для подбора соответствующих материалов потребовалась напряженная исследовательская работа. Существенную помощь коллективу оказал В. А. Буталов. В течение многих лет разработкой растяжек для всего разнообразия приборов занималась сотрудница А. В. Улитовского З. А. Тимофеева, защитившая потом диссертацию на основе полученных результатов.

Разработка в Физическом институте ЛГУ технологии

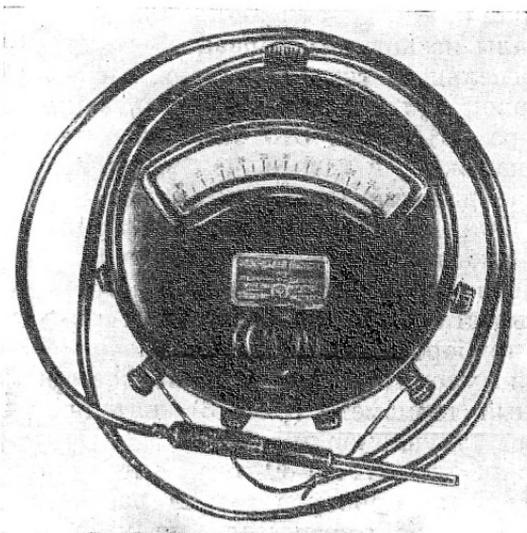


Рис. 3. Кожный термометр на основе стрелочного микровольтметра.

изготовления удешевленных приборов на растяжках еще до Великой Отечественной войны обеспечила поточный выпуск стрелочных приборов всех основных видов: 1) стрелочных нулевых инструментов предельной чувствительности для компенсационных измерений, 2) микроамперметров и вольтметров различных параметров первого класса точности, 3) баллистических приборов, 4) приборов для специальных измерительных схем и т. п. Все они оформлялись в картонных футлярах, похожих по виду на футляры приборов фирмы «Вестон», или в круглых коробках.

Много потребовалось труда, чтобы облегчить вес стрелки и добиться ее уравнивания. Остановились на тончайших стрелках из трубочек специального черного стекла, уравниваемых противовесом оригинальной формы. Число деталей было доведено до минимума. При сборке приборов на растяжках не применялись крепежные детали в виде нарезных винтиков и гаек. Это позволило в мастерских Физического института наладить массовое производство приборов, значительно снизив их себестоимость,

Для различных типов приборов были изготовлены печатные шкалы нескольких образцов, а для каждого прибора с предельной тщательностью изготовлялась таблица поправок путем сличения с показаниями образцового прибора ВНИИМа. Это было значительно быстрее, а главное надежнее и точнее, чем вычерчивание на каждом приборе делений шкалы от руки. Таким образом, показания большой группы приборов приводились к показаниям одного образцового прибора.

На основе стрелочных гальванометров повышенной чувствительности была разработана серия специализированных приборов различного назначения, о которых отчасти было упомянуто выше. Наиболее оригинальными были кожный термометр (рис. 3), катодный вольтметр, электронный секундомер и др.

Физический институт в 30-е годы выпустил много сотен тысяч стрелочных приборов «ф» на растяжках. Однако представителей промышленности не удалось убедить в целесообразности радикального изменения технологии и в необходимости промышленного выпуска приборов «ф». Поскольку же эти приборы не удовлетворяли утвержденным стандартам промышленного производства, они значились лишь как «учебные пособия».

После тяжелых испытаний в военные годы Советское правительство и партия приняли ряд постановлений с целью стимулировать производство средств производства. Это относилось к приборостроению в целом, в частности к выпуску электроизмерительных стрелочных приборов. Ведущему заводу в области электроприборостроения было предложено увеличить их выпуск в течение двух лет в 7 раз. Стало очевидным, что для выполнения этого требования при сохранении прежней технологии (заточенные острия и агатовые опоры) понадобилось бы в несколько раз увеличить число квалифицированных рабочих. Пришлось обратиться к технологии А. В. Улитовского.

Завод был уже оснащен прессами для изготовления футляров горячим прессованием из пластмасс. К 1947 г. на завод перешла З. А. Тимофеева, обеспечившая производство высококачественными растяжками.

В результате постановление правительства об увеличении выпуска приборов заводом было выполнено с честью, а главное — завод впервые начал выпускать стрелочные

гальванометры крупного формата классов 0.5 и выше на растяжках с минимальной вариацией, ставшие образцовыми приборами для метрологических целей. На новые приборы были составлены стандарты; они получили право считаться нормой промышленного производства.

Однако, как только новые приборы были освоены, дальнейшая работа над их усовершенствованием и удешевлением прекратилась; завод начал изготавливать приборы и по своим старым нормам, используя устаревшие детали, со значительными отступлениями от требований А. В. Улитовского.

По истечении 40 лет в различных лабораториях еще можно встретить приборы на растяжках и зеркальные гальванометры в картонных футлярах, которые пережили тяжелые годы войны и теперь еще могут служить для целей преподавания и для научной работы.

## **ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

---

Установки для получения высокочастотных токов большой мощности, служившие для целей дальней беспроводной связи, нашли применение и в технологии. В Нижегородской лаборатории они применялись для удаления остаточных газов в процессе индуктивного прогрева в вакууме деталей мощных электронных ламп. Несколько позднее В. П. Вологдин предложил применять их в процессах поверхностной закалки и горячей обработки металлов.

Однако во всех этих случаях обработке подвергались уже готовые изделия, а проблема применения высокочастотной энергии для получения исходных материалов была поставлена и решена только А. В. Улитовским и его сотрудниками в Физическом институте Ленинградского университета. Они впервые четко поставили вопрос не о распространении электромагнитной энергии на большие расстояния в окружающем пространстве, а, наоборот, о концентрации ее в малых объемах внутри замкнутых высокочастотных установок, предназначенных для плавления различных металлов и новых сплавов особого состава и строения, изготовление которых иным путем невозможно.

Оказалось, что наибольшая концентрация электромагнитной высокочастотной мощности возможна только внутри объема индуктивности колебательного контура, обладающего большой емкостью при минимальном излучении, возбуждаемого в резонанс мощным ламповым генератором наибольшей добротности. Связь между контуром и генератором можно было осуществить при помощи неизлучающего кабеля, лехеровой системы проводов или, наконец, обычного двухпроводного шнура с минимальным активным сопротивлением. Тогда значительную часть мощности лампового генератора можно было передать

в концентрирующий энергию контур, помещаемый отдельно и даже на некотором расстоянии от генератора.

Значительную часть работы по расчету, конструированию и осуществлению таких необычных высокочастотных установок выполнил под руководством А. В. Улитовского его ученик Ю. В. Денисов.\*

Существенными особенностями установок этого типа являются довольно свободный выбор частоты для обеспечения оптимальных результатов и простота схемы лампового генератора, допускающие легкую его настройку в резонанс с рабочим контуром.

Рабочий контур состоял из специального конденсатора и индуктивности. Конденсатор представлял собой пластинку из красной меди, окруженную медным же футляром, отделенным от нее изолятором с большой диэлектрической постоянной и малыми потерями, благодаря чему даже при колебаниях максимальной амплитуды не наблюдалось разогревания конденсатора. Наружная обкладка соединялась подводящим мощность кабелем с заземленной точкой генератора. Это обеспечивало необходимую безопасность. К пластинкам конденсатора непосредственно присоединялась индуктивность из одного витка медной трубки, в толще которой циркулировала охлаждающая вода, подводимая к контуру по заземленной двойной коаксиальной трубке.

Степень концентрации мощности зависит от площади витка, и ее удавалось довести до 50 квт в 1 см<sup>3</sup> при мощности генератора 2—8 квт с длиной волны 15—30 м. Некоторое повышение мощности удалось получить за счет изменения конфигурации электромагнитного поля этого витка присоединением к нему вторичной обмотки в форме плоского кольца, которая, принимая на себя часть общей мощности, увеличивала ее плотность в середине витка.

Так был получен своеобразный новый «инструмент», подобный паяльникам, электродрелям, бензиновым и плазменным горелкам и т. п., способный вызывать превращения непосредственно в толще вещества и создавать новые материалы в достаточных для приборостроения количествах. В разработке и создании необходимых установок

\* Ю. В. Денисов. Трансформатор высокой частоты без самоиндукции рассеяния во вторичной обмотке. ЖТФ, 1939, IX, вып. 3, стр. 222; Электричество, 1940, 6, стр. 56.

активное участие приняли Денисов, Заварижин, Кузьмин, Третьяков и др.

С помощью этого инструмента оказалось возможным решать новые задачи технологии. Прежде всего появилась возможность в лабораторных условиях раскалывать, сваривать и плавить все тугоплавкие металлы, в которых крайне нуждались физики-экспериментаторы. В несколько минут в атмосфере инертного газа плавилась такие металлы, как вольфрам, молибден, тантал. На воздухе они ярко горели. Их можно было плавить и в вакууме — тогда из них выделялись все окклюдированные газы и восстанавливались окислы. Иногда плавка производилась в форме свободных взвешенных больших капель без тиглей — силу тяжести уравнивало взаимодействие между электромагнитным полем тока в индукторе контура и индуктированным током в толще расплавленного металла.

При выключении генератора капли металла, абсолютно свободные от примесей и загрязнений, падали в подготовленные для них подогретые формы и медленно охлаждались. Это была поистине свободная кристаллизация вещества.

Путем плавления тугоплавких веществ, взятых в виде смеси порошков, благодаря новой методике можно было получать такие сплавы, которые не удавалось изготовлять иным способом. Эти работы по новой электрометаллургии, начатые с успехом в Физическом институте и, спустя почти 10 лет, проводившиеся в институте И. П. Бардина, были продолжены А. В. Улитовским во ВНИИМе. Там были сделаны первые попытки так называемой зонной очистки металла от примесей, сыгравшей во всем мире решающую роль в деле получения предельно чистых полупроводниковых материалов: германия, кремния и др.

Уже с первых шагов высокочастотную концентрацию мощности стали активно применять при массовом выпуске дешевых электроизмерительных приборов и реостатов, в производстве целого ряда мелких деталей не холодной обработкой, а штамповкой непосредственно из жидких расплавленных металлов, в том числе из самого дешевого материала — чугуна (вместо фондированной латуни). Так изготавливались ажурные головки клемм, рукоятки, шестеренки и пр.

Для этого был разработан специальный пресс, имевший виток индуктивности рабочего концентрирующего мощ-

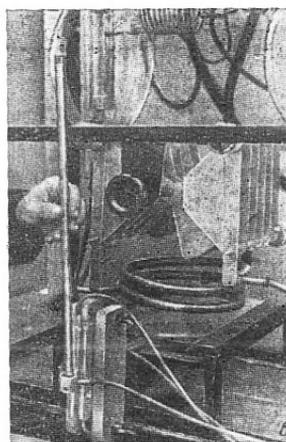
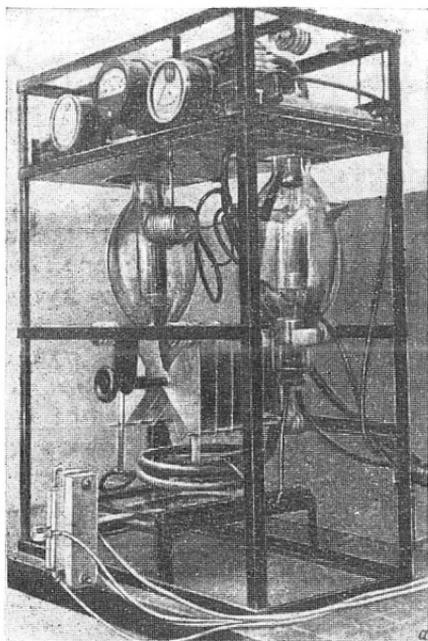


Рис. 4. Первая высокочастотная электропечь с концентрацией мощности.

а — общий вид электропечи;  
б — плавление металла.

ность контура. В середину витка на тугоплавкой пластинке (обычно из нефрита) помещался кусочек исходного материала, например чугуна, под ним располагалась матрица желаемой формы, а над ним — подвижной пуансон.

После включения генератора в течение нескольких секунд чугун плавился. Поворотом ручки пресса пластинка, на которой он лежал, и виток контура отодвигались в сторону, а расплавленная капля чугуна падала в матрицу. Затем опускался пуансон и раздавливал чугун, прижимая его к холодным стенкам матрицы, отчего немедленно с поверхности изделия заданной формы начиналась его кристаллизация. Когда снаружи стенка становилась достаточно твердой, на что требовалось в зависимости от массы чугуна 1—2 сек., обратным ходом пресса готовое по форме, но еще жидкое внутри изделие выбрасывалось в сторону и постепенно полностью отвердевало на воздухе, не задерживая штамповку следующего экземпляра. Такие прессы давали возможность получать в смену до 1000 и более штук готовых деталей.

Гораздо шире и более необходимым оказалось применение высокочастотных установок в тех случаях, когда для решения задач требовалась обработка жаростойких и хрупких металлов и даже изоляторов. Их можно было плавить в миниатюрных блюдечках из тугоплавких металлов в нейтральном газе или в вакууме (рис. 4).

С помощью этих установок оказалось возможным наблюдать химические реакции (между малыми количествами реагентов), происходящие при температуре в несколько тысяч градусов, гибко поддающейся управлению путем изменения настройки генератора.

Поистине это был волшебный инструмент в руках опытного экспериментатора. В письме к одному из сотрудников А. В. Улитовский писал: «Этими печами мы широко пользуемся и в своей лабораторной, и производственной практике. Имеются они и вне нашего (института, — *Б. О.*). Но выпуска не только массового, но даже серийного до сих пор не было. Снабдить ими следовало бы не только исследовательские, но и заводские лаборатории, а иногда и цехи. Польза от их распространения несомненна. При их применении упрощается или ускоряется проверка той или иной технологии».\*

Располагая простыми в управлении высокочастотными установками с концентрацией достаточной мощности, А. В. Улитовский не ограничился изучением тепловых эффектов, которые можно было наблюдать с их помощью, а, перейдя к более низким частотам (к длинным волнам), сделал попытку превратить их мощность в механические колебания — в ультразвук, стремясь выяснить возможность его применения в технологии.

Этими вопросами он начал заниматься только во ВНИИМе и закончить не успел. Среди его сотрудников применением ультразвука заинтересовался А. М. Федотов, который и продолжил эту работу.

Для получения мощных ультразвуковых колебаний были применены все бывшие к тому времени в распоряжении А. В. Улитовского виды генераторов. Для получения наиболее высоких частот он применял пьезокварцевые пластинки, предельно повышая амплитуду их колебаний. Более низкие частоты можно было получить при возбуждении колебаний магнитостриктивных мате-

\* Личный архив Ю. В. Денисова.

риалов, в первую очередь никеля и элинвара, и, наконец, самые низкие частоты колебаний, приближающиеся уже к слышимым звукам, возбуждались просто электромагнитными упругими системами с надлежащей настройкой и повышением мощности. При этом было исследовано действие ультразвука в зависимости от частоты колебаний и его мощности.

В итоге были получены интересные результаты применения ультразвука в жидкости для массовой очистки и поверхностной обработки мелких деталей, помещенных в керосин или в другую жидкость с примешанными к ней частицами абразива. Достаточно было буквально нескольких минут обработки деталей ультразвуком, как за одну операцию отделка поверхности была закончена и оставалось только просушить их потоком воздуха.

Еще более эффективной оказалась роль ультразвука при стирке ветоши, применяющейся для обтирания изделий после обработки. Под действием достаточной мощности ультразвука материал в мыльной воде становился чистым в течение нескольких минут.

В дальнейшем при возбуждении ультразвука в трансформаторном масле от пьезокварца с частотой 400 кгц А. М. Федотовым по указанию А. В. Улитовского были успешно выполнены опыты по очистке кернов электроизмерительных приборов, а затем по пропитке пористых материалов лаками. Позднее метод очистки деталей ультразвуком был введен на часовом заводе в Петродворце.

В процессе работы над применением ультразвука в технологии А. В. Улитовский совместно с А. М. Федотовым и другими сотрудниками получили несколько авторских свидетельств.

В настоящее время А. М. Федотовым разработаны ультразвуковые аппараты для интенсификации обогащительных процессов флотации.

Такова общая характеристика работ А. В. Улитовского в области новой технологии приборостроения. Наибольшее развитие получили его идеи при решении задач: 1) изготовления электропроводов в стеклянной изоляции, 2) получения голой проволоки методом фонтанирования, 3) разработки способов получения листового металла путем его проката в жидкой фазе.

Этим вопросам мы посвятили отдельные главы.

При выполнении различных экспериментов по плавлению металлов, помещенных в стеклянные запаянные снизу трубки, в концентрированном электромагнитном поле высокой частоты А. В. Улитовский обнаружил, что капля расплавленного металла, опускаясь на доньшко трубки, настолько разогревает стекло в месте соприкосновения с ним, что стекло размягчается и приобретает способность вытягиваться в трубочку, заполняемую жидким металлом. Само стекло, как изолятор, в поле высокой частоты не нагревается, поэтому его температура остается ниже температуры расплавленного металла. При высокой температуре большинство металлов заполняет образовавшуюся капиллярную трубочку, не допуская ее превращения в сплошной стерженек. При дальнейшем растяжении во избежание обрыва металлической жилки достаточно своевременно охладить наружное стекло до его полного отвердения. Тогда все растягивающее усилие будет приходиться на стеклянную оболочку, удлинение прекратится и разрыв средней проводящей жилы будет исключен. Для этого на растягиваемый капилляр в то место, диаметр которого соответствует заданию, достаточно направить струйку воды — и тонкий провод в надежной стеклянной изоляции готов.

Диаметр стеклянного капилляра тем меньше, чем быстрее происходит его удлинение и чем выше температура. Оказалось возможным получать тончайшие металлические нити, диаметром в микроны, в стеклянной оболочке любой толщины, от долей микрона до сотых миллиметра. При уменьшенной толщине стенок стеклянные капилляры становятся настолько гибкими, что их можно завязывать в узел, а наружный диаметр их становится в десятки раз

тоньше человеческого волоса, имеющего, как известно, диаметр около 60—80 мкм. При этом электрические свойства изоляции, зависящие, между прочим, от состава стекла, оказались прекрасными, поскольку стекло, растянутое при высокой температуре, является однородным материалом, свободным от дефектов и трещин, обладающим очень высокими механическими свойствами.

Изготовить металлические жилки столь малого диаметра, как полученные из однородного жидкого расплава с защитным слоем из стекла, путем обычного волочения сквозь алмазные глазки невысказимо. Поэтому перед приборостроителями возникла задача спроектировать и осуществить установку, которая могла бы автоматически тянуть литую изолированную стеклом проволоку и наматывать ее на катушку. Все это открывало совершенно изумительные возможности повышения качества приборов и их чувствительности.

Под руководством А. В. Улитовского в разработке методов и аппаратуры литых проводов в стеклянной изоляции принимали участие А. М. Аверин, Ю. В. Денисов, Б. К. Заварихин, В. Г. Красиньков, М. А. Потапов и В. В. Трояновский; последний на основе этих материалов защитил диссертацию. В процессе работы над проблемой А. В. Улитовский и его сотрудники получили целый ряд авторских свидетельств. Существенную помощь им оказал своими советами В. А. Буталов.

В конечном итоге новая технология изготовления проводов в стеклянной изоляции была осуществлена и в опытных, и в производственных условиях путем разработки в разных вариантах установок, состоящих каждая из следующих узлов: 1) генератора высокой частоты со стабилизированным питанием от сети, 2) индуктора в форме замкнутого контура с уплотненным электромагнитным полем, расплавляющего металл в стеклянной оболочке, 3) устройства для охлаждения провода струей воды и 4) автомата для наматывания готового провода на катушку, вращаемую электромоторчиком (рис. 5).

Для получения нужных результатов необходимо было тщательно контролировать режим работы такой установки: потребляемую мощность, амплитуду высокочастотного поля в индукторе, толщину стеклянной изоляции, скорость растягивания и пр. При правильном режиме работы установки скорость получения проволоки в стек-

лянной изоляции доходила до десятков метров в секунду. Ни при одном из известных ранее способов о подобных результатах нельзя было даже мечтать!

Объем исследовательской работы, необходимой для получения продукции нужного качества, выходил за пределы возможностей коллектива, работавшего во ВНИИМе (а позднее и во ВНИИЭПе). Между тем уже первые успехи новой технологии производства электрических проводов обратили на себя внимание специалистов. Лабораторию А. В. Улитовского стали посещать выдающиеся ученые, быстро оценившие открывавшуюся перспективу.

Одними из первых посетили лабораторию академики А. А. Лебедев и И. П. Бардин — директор Института металлов в Москве, давшие блестящие отзывы о достигнутых результатах и сделавшие целый ряд ценных указаний о дальнейшем направлении исследовательской работы.

Особенно важным было заключение И. П. Бардина, который немедленно сделал распоряжение по Институту металлов об изготовлении там соответствующих установок и воспроизведении полученных результатов, поручив это группе П. К. Ощепкова — группе, по его мнению, наиболее инициативной и близкой по духу к идеям А. В. Улитовского, приглашенного в институт по совместительству в качестве консультанта. Эта группа, в состав которой вошли Л. М. Дун, В. Н. Пархачев, В. А. Шпирнов, В. Ф. Солинов, а потом С. Д. Богословский и др., внесла существенный вклад в многочисленные эксперименты с новой проволокой в стеклянной изоляции, которая стала уже находить себе применение.

По указанию И. П. Бардина одна из установок демонстрировалась на Советской выставке в США, другая — на Всесоюзной промышленной выставке в Москве в 1957 г., где была отмечена дипломом 1-й степени. По его же указанию подобная установка в 1962 г. была экспонирована на Выставке достижений народного хозяйства и отмечена большой золотой медалью.\* И. П. Бардину принадлежит и своеобразный термин «микрометаллургия», которым он назвал эту оригинальную отрасль технологии металла.

Чтобы получить наглядное представление о тех возможностях, которые открыла перед приборостроителями литая микропровода в стеклянной изоляции, необхо-

\* П. К. Ощепков. Жизнь и мечта. М., 1967.

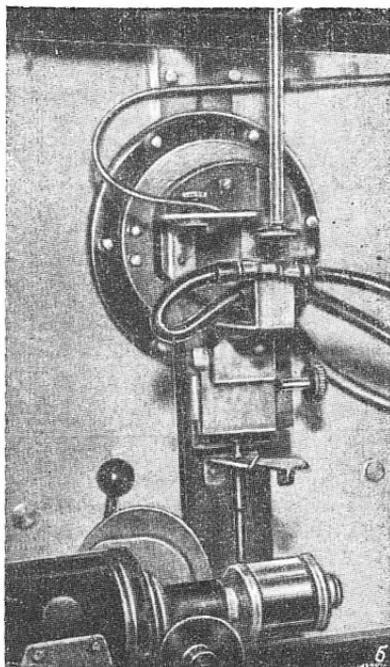
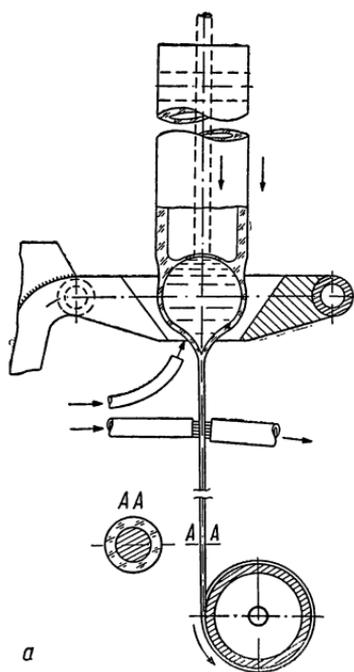


Рис. 5. Схема получения литого микропровода в стеклянной изоляции из капли металла.

*a* — схема плавления капли; *б* — основной узел установки с водяным охлаждением провода.

димо сделать сравнительный подсчет параметров обмотки из нее и обычной обмотки из тонкого медного провода, например обмотки катушки длиной 60 мм, с средним диаметром примерно 60 мм в 100 слоях, наложенных друг на друга. Если взять провод с наружным диаметром 10 мкм, имеющий металлическую жилу диаметром всего 4 мкм, с изоляцией толщиной 3 мкм, которая будет выдерживать напряжение 200 в и выше, то общее число витков на катушке будет  $6 \cdot 10^5$  при средней длине одного витка 18 см; это дает общую длину провода  $18 \cdot 6 \cdot 10^5$  см, или 108 км, — без обрывов в одном куске! Число, совершенно невероятное для обычной обмоточной технологии. Общий объем медной жилы составит всего  $1.2 \text{ см}^3$ , а ее вес примерно 11 г. Объем стеклянной изоляции будет приблизительно  $6.5 \text{ см}^3$ . Электрическое сопротивление этой обмотки

будет  $1.5 \cdot 10^7$  ом, т. е. 1.5 Мом. Конструкторы, проектирующие приборы и радиотехническую аппаратуру, впервые встретились с таким совершенно своеобразным обмоточным материалом, открывшим новые возможности. Он, естественно, потребовал детального изучения.

Введение в практику проводов в стеклянной изоляции нельзя было рассматривать как простое рационализаторское предложение — оно явилось коренным переломом в производстве. Однако среди производственников и конструкторов появление новых проводов было встречено с большим недоверием и вызвало резкое противодействие. Дело в том, что новые провода действительно имели специфические, только им свойственные недостатки, для ликвидации которых в ряде конкретных практических случаев было необходимо проведение дополнительной исследовательской работы.

Первый недостаток заключался в трудности присоединения этих тончайших, как паутина, проводничков к более массивным частям аппаратуры. Нужно было очистить жилу от стеклянной изоляции и припаять ее к другому проводнику, имея, по существу, тончайшую нить на грани разрешающей способности человеческого глаза.

Немало труда и смекалки понадобилось для выработки надежных приемов обеспечения контакта жилы с массивным проводником при условии сохранения целостности изоляции до самого места контакта. Решение этой задачи послужило основанием для выдачи умельцам авторских свидетельств. Г. А. Нефедьева предложила наиболее удачный способ контактной приварки жилы к массивным деталям с помощью электросварки под тоненькой ленточкой никеля без зачистки изоляции. Кончик микропровода накладывали на деталь, покрывали тонкой никелевой ленточкой и прижимали сварочным электродом, присоединенным к одной из клемм понижающего трансформатора. Другую клемму его присоединяли к массивной медной пластинке, на которой лежала деталь. Ток мгновенно расплавлял никель и стекло изоляции под ним, служащее флюсом, защищающим от окисления контакт, который получается между жилой провода и поверхностью детали. В то же время расплавленная часть ленточки никеля легко отделялась от остальной его массы.

Более серьезное возражение вызвало неодинаковое сопротивление отдельных участков проводника в стеклян-

ной изоляции, являющееся следствием изменения диаметра жилы во время ее вытягивания под влиянием колебаний мощности генератора и незначительных изменений температуры металла, расплавляемого в стекле. Между тем для получения однородной продукции приборостроения требуется более строгое сохранение постоянным сопротивления по всей длине провода, входящего в состав конструируемых приборов.

Были разработаны специальные методы измерения сопротивления провода в процессе его получения и маркировки на приемной бобине. Однако это была лишь паллиативная мера борьбы с неодинаковостью сопротивления. Очевидно, устранение этого недостатка было возможно только при условии обеспечения совершенно равномерного движения при растягивании и наматывании провода на приемную бобину и совершенно равномерной работы всего комплекса приборов, образующих установку для растягивания, иными словами, превращения ее в саморегулирующийся автомат.

В этом направлении сделано было немало. Группа конструкторов и технологов под руководством ученика А. В. Улитовского специалиста по микротехнологии В. Г. Красинькова начала работу по осуществлению одновременной и равномерной подачи в концентрированное электромагнитное поле индуктора как запаянной снизу стеклянной трубки, так и металлического стержня, нижний конец которого в нем плавится и превращается в жилу. Меняя отношение скоростей перемещения этих исходных материалов, они получали возможность задавать по желанию относительные диаметры жилы и оболочки. Такой полуавтомат позволил часами вести непрерывный процесс растягивания и существенно улучшил равномерность сопротивления получаемого провода.

Дальнейшее улучшение качества провода в стеклянной изоляции дала стабилизация питания всей установки и вращения приемной бобины. Была проверена возможность автоматического контроля плотности энергии электромагнитного поля, концентрированного в индукторе, путем помещения в него маленькой контрольной катушки связи. После соответствующего усиления возбуждаемого в катушке тока она могла воздействовать на один из параметров генератора высокочастотной мощности и поддерживать постоянство плотности поля с ничтожной инерционностью.

Спустя несколько лет, один из сотрудников В. Г. Красинькова А. И. Паршин, работая с его полуавтоматом, определил для постоянного тока электропроводность в цепи, состоящей из стержня металла, образующего жилу провода, капли расплавленного металла на его конце, стенки разогретой стеклянной оболочки и водяной струи, ее охлаждающей. Он установил появление в этой цепи электродвижущей силы, обусловленной электрохимическим взаимодействием расплавленного металла с размягченным стеклом.

Эта электродвижущая сила порядка долей вольта, появляющаяся в самом ответственном месте сужения и образования провода в стеклянной изоляции, оказалась наиболее надежным датчиком для контроля протекающего в месте сужения стеклянного капилляра процесса растягивания. Мало того, в цепь этой электродвижущей силы оказалось возможным последовательно вводить от внешнего управляемого источника дополнительную эдс, которая может изменять потребление энергии в области растягивания стекла и управлять им.

В связи с открывшимся рядом новых проблем миниатюризации Алексея Васильевича заинтересовал вопрос о дальнейшем уменьшении диаметра жилы в литых проводах со стеклянной изоляцией, однако результаты опытов с повышением скорости растягивания указали на приближение к естественному пределу, далее которого уже не удавалось сохранить цельность больших участков провода. Однако у отдельных кусков готового провода все же оказалось возможным уменьшить диаметр путем повторного плавления в нем металлической жилы.

К концам небольшого куска провода по возможности с тонкой жилой были приварены два подводящих ток проводника; за один конец он был подвешен высоко над полом, а к другому был прикреплен груз, который провод еще мог выдержать, не обрываясь. Разряд конденсатора, достаточный для расплавления жилы и разогревания оболочки, позволял грузу вызывать дополнительное растяжение в несколько раз. Во столько же раз уменьшалось поперечное сечение жилы, не нарушая электропроводности и контакта с подводящими ток проводниками. Таким способом можно было уменьшить сечение жилы в несколько десятков и даже сотен раз. Диаметр провода уменьшался до долей микрона, а диаметр металлической

жили выходил за пределы разрешающей силы светового микроскопа.

В дальнейшем сотрудники группы В. Г. Красинькова стремились вытягивать провода не минимального диаметра (микроны), а, наоборот, возможно более толстые (насколько это позволяла хрупкость стекла), чтобы расширить область применения их и облегчить включение в схемы уже разработанной аппаратуры.

Производство проводов в стеклянной изоляции постепенно расширялось. Сотрудник А. В. Улитовского инженер М. А. Потапов организовал изготовление медных проводов на заводе «Севкабель» в Ленинграде. В Москве в Институте металлов А. В. Улитовский с группой сотрудников выполнили замечательные эксперименты. Там были осуществлены опыты спекания множества тончайших проводов в стеклянной изоляции в массивные сплошные блоки сечением в несколько квадратных сантиметров, пронизанные по длине множеством параллельных металлических жилок и обладающие своеобразными оптическими свойствами: они поляризовали проходившие сквозь них электромагнитные волны и пр. Если от такого блока алмазной пилой отрезать пластинку перпендикулярно пронизывающему ее потоку металлических нитей, то получится так называемая мозаика — тончайший «растр» из изолированных проводничков с разрешающей силой в несколько микрон. Будучи впаянной в стенку телевизионной передающей трубки, такая мозаика позволяет передавать изображение методом накопления зарядов на отдельных составляющих ее проводниках, если кончики их со стороны пластинки внутри трубки сделать светочувствительными, например путем нанесения слоя цезия с последующим окислением. Намечались и другие применения этих своеобразных материалов сложных искусственных структур в экспериментальной и практической оптике.

Для решения большинства проблем, где находит применение микропровод в стеклянной изоляции, продукция полуавтоматов В. Г. Красинькова и даже первоначальных моделей установок в Институте металлов оказалась достаточно совершенной для удовлетворения первейших нужд производства.

Благодаря разнообразию номенклатуры, малому весу и простым способам применения микропровод в стеклянной изоляции стал особенно необходим в микрорадиотех-

нике и микроэлектронике (счетно-решающих машинах), где трансформаторы и дроссели с громадным числом витков удалось довести до минимальных размеров (до миллиметров), а применение способа спекания избавило от картонных гильз и клеящих веществ. Микропровод с медной жилой с большим успехом был использован при изготовлении рамок минимального веса для особо чувствительных миниатюрных зеркальных гальванометров с внутрирамочным магнитом, например для гальванометра «Малютка» (или «Ф-25»). Дело в том, что на жаростойких оправках рамки можно было подогреть до спекания витков и, таким образом, обходиться без каркаса и без бакелитового лака, которым прежде скрепляли витки между собой.

Чтобы понять и по достоинству оценить вклад, внесенный творчеством А. В. Улитовского в историю развития новой техники, необходимо проследить дальнейшую судьбу внедрения его разработок хотя бы в той области, которая получила свое начало в производстве микропроводов в стеклянной изоляции, была внедрена в производство новых оригинальных приборов с их массовым выпуском и экспортом за границу и установила в конечном итоге мировой советский приоритет.

В Кишиневе последователи А. В. Улитовского З. И. Зеликовский, инженеры В. И. Заборовский, Е. Я. Бадингер, И. М. Сандогуренко, Б. С. Владеско и ряд других энтузиастов новой техники начали экспериментальные работы по внедрению методов А. В. Улитовского на одном из электротехнических заводов. Вскоре был создан даже специальный институт во главе с И. Ф. Дрибенко для всестороннего изучения сопротивлений, сделанных из проводов в стеклянной изоляции, и правильного их использования в приборостроении.

Кишиневский институт занялся изучением методики изготовления таких проводов, предложенной и осуществленной А. В. Улитовским, ее совершенствованием, созданием и конструктивным улучшением установок для изготовления сопротивления, а вместе с тем более тщательным изучением свойств получаемых сверхтонких проводов из резистивных сплавов. Было начато систематическое всестороннее изучение их эксплуатации, наблюдение за их «старением», проводилась разработка методов включения их в схемы и пр. Кроме того, было осуществ-

лено серийное производство новой электроизмерительной аппаратуры на их основе.

В 1961 г. по инициативе Кишиневского НИИЭП состоялась I Всесоюзная конференция, созванная Научно-техническим обществом приборостроительной промышленности Молдавии и посвященная изучению и внедрению в производство литого провода в стеклянной изоляции и приборов, изготавливаемых из него. В ее работе приняли участие 130 делегатов от 40 научно-исследовательских организаций, вузов и производственных учреждений нашей страны и были подведены первые итоги развития идей А. В. Улитовского. Конференция постановила издавать в Кишиневе сборники трудов по изучению приборов этого рода. С 1962 г. сборники стали выходить под редакцией З. И. Зеликовского.

В 1971 г. институт организовал II Всесоюзную конференцию специалистов и опубликовал полный библиографический указатель оригинальных работ в этой области, содержащий свыше 900 наименований. В 1973 г. вышел в свет уже 9-й выпуск сборника, посвященного результатам научно-исследовательских работ в области технологии и эксплуатации микропроводов в стеклянной изоляции. Завод «Микропровод», где впервые началось изготовление аппаратуры из микропроволоки, выпустил более 50 наименований оригинальных приборов.

Такой размах работ в этой области получил признание в широких кругах специалистов. Было положено начало новым оригинальным поисковым работам по созданию приборов специального назначения в медицине и биологии. Проводники с жилой из золота в стеклянной изоляции позволили, например, выполнять измерения электрических потенциалов в различных глубоких точках мозга. Первые опыты в этом направлении делались еще при жизни А. В. Улитовского с проводами, изготовленными им.

Число специалистов, посвятивших свой труд углублению этой новой области техники, быстро возрастает. Оно уже вышло далеко за пределы коллектива непосредственных сотрудников А. В. Улитовского. Ныне эта область развивается быстрыми темпами и специалисты получают все новые и новые результаты своих творческих усилий.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЛИТОЙ ПРОВОЛОКИ БЕЗ ИЗОЛЯЦИИ ФОНТАНИРОВАНИЕМ

---

Уже в первые годы своей деятельности в Физическом институте Ленинградского университета А. В. Улитовский пытался выяснить возможность получения мелких железных деталей, в частности простых гвоздей, непосредственно из расплава. Литые детали из цветных, более легкоплавких, металлов и из чугуна он быстро освоил.

Железо и сталь, нагреваемые на воздухе, окислялись, поэтому для мелких отливок были непригодны. Только отливки из чугуна в миниатюрные керамические кокили оказались более удачными. Вскоре прямо из жидкого металла были получены гвоздики для прибивания дранок при штукатурке деревянных стен. Эти первые чугунные литые гвоздики, как вспоминает В. Д. Тимашев, вызывали буквально восхищение у Алексея Васильевича и его сотрудников. Для первых опытов этот сорт гвоздей был выбран потому, что именно их отсутствие в продаже задерживало строительство пристройки к зданию Физического института, предназначенной для расширения мастерских. Поэтому А. В. Улитовский и его сотрудники с большим удовлетворением пробовали заколачивать эти гвозди в стены и восхищались их жесткостью — в отличие от обычных проволочных гвоздей они сгибались с большим трудом.

Стоимость таких самодельных гвоздей, конечно, значительно превосходила цену гвоздей из проволоки. Хотя число операций изготовления их из жидкого металла было доведено до минимума, однако производительность нового процесса не могла конкурировать с производительностью мощных автоматов на гвоздильных заводах тяжелой промышленности, выполнявших последовательно во много раз большее число операций, чем при литье гвоздей.

Автоматизированная технология стали вобрала в себя тысячелетний опыт всего человечества и была органически связана со всеми отраслями народного хозяйства. Нужны многие годы творческого труда конструкторов и инженеров, чтобы новая технология смогла конкурировать с общепринятой.

Подобное состояние переживала, например, технология производства стеклянной посуды, которую ныне получают при высокой температуре непосредственно из расплавленного стекла. Эту аналогию А. В. Улитовский неоднократно приводил, поясняя смысл и своеобразие тех технологических задач, которые он пытался решить.

Хотя готовые детали (гвозди, заклепки и пр.), изготовленные из расплавленного металла, и не могли на первых порах конкурировать с производимыми посредством обработки металла в твердом состоянии, однако можно было надеяться, что со временем путем автоматизации и совершенствования технологии и аппаратуры производительность нового метода достаточно возрастет. Как показал опыт, первоначально следовало ставить вопрос не об изготовлении деталей из металлов в жидкой фазе, а о подготовке для этого промежуточных исходных материалов в наиболее удобной для их окончательной обработки форме (листы, лента, проволока и пр.), допускающей в дальнейшем применение упрощенных приемов штамповки,ковки, резания и сварки. Увеличение номенклатуры таких новых материалов, которые промышленность еще не выпускала, уже значительно расширяло и возможности приборостроения. Достаточно напомнить хотя бы о получении из металла в жидкой фазе за одну операцию литых проводов в стеклянной изоляции с минимальными затратами труда, средств и времени.

В первую очередь необходимо было решить задачу получения из самых разнообразных металлов и сплавов в жидкой фазе простой проволоки всевозможных диаметров, пригодной для быстрого изготовления мелких деталей при минимальной затрате труда.

Опыт с жидкой штамповкой показал, что деталь, выкинутая автоматом из формы, никогда не бывает полностью отвердевшей. Внутри еще остается металл в жидком состоянии, кристаллизующийся постепенно, по мере отдачи теплоты плавления в окружающую среду. Наружный слой, закристаллизовавшийся при соприкосновении с хо-

лодной стенкой формы, служит для внутренних слоев как бы оболочкой.

В природе функции стенки, ограничивающей жидкость от внешней среды, выполняет поверхностное натяжение; оно препятствует, например, тонкой струйке жидкости, вытекающей из малого отверстия, разбрызгиваться во все стороны. В случае расплавленного металла оно способствует кристаллизации, когда тонкий наружный слой жидкой струи отдаст в окружающую среду свою теплоту плавления. В каждом поперечном сечении струи образуется радиальный поток тепла от внутренних слоев к наружным, вызывающий в обратном направлении постепенную кристаллизацию металла до полного отвердевания струи. Она, таким образом, без соприкосновения с другими телами, без внешнего механического воздействия превращается непосредственно в проволоку. Площадь и форма сечения проволоки зависят от сечения струи в момент начала кристаллизации, т. е. от площади и формы отверстия, сквозь которое струя вытекает, если металл не перегрет и скорость истечения соответствует скорости отдачи тепла в окружающее пространство путем конвекции частичками среды и излучения. При такой скорости истечения натяжение поверхностного слоя неустойчиво и допускает разделение струи на отдельные капли, поэтому необходимо быстрое охлаждение поверхностной пленки для ускорения начала кристаллизации. Нужная скорость истечения устанавливается давлением в тигле, в котором плавится металл. В конечном счете этим способом оказывается возможным получить проволоку лишь небольшого диаметра. В таком случае количество теплоты плавления в ней не велико и оно быстро удаляется сквозь поверхностный слой металла, пока еще струя сохраняет желаемую форму.

Эти соображения легко было проверить экспериментально. Первые опыты были выполнены с расплавленным алюминием фонтанированием его под давлением в воздух. Как известно, на воздухе расплавленный алюминий мгновенно покрывается тончайшим молекулярным слоем корунда, защищающим металл от дальнейшего окисления и упрочняющим его поверхностный закристаллизовавшийся слой. Это дает возможность получать алюминиевую проволоку толщиной от 0.1 до 1.5 мм и немногим более.

Отвердевшая алюминиевая струя движется сначала по инерции, далее под влиянием сопротивления воздуха замедляет свое движение, принимая причудливые формы, но не обрываясь, и постепенно опускается вниз под действием силы тяжести. Получается так называемая путанка, напоминающая по внешнему виду металлическую вату из одного куска проволоки одной толщины (как нитка шелка в коконе шелкопряда).

Таким образом, задача получения проволок без изоляции за одну операцию из жидкого металла принципиально была решена. Однако для практического применения проволоки нужно было выполнить немало дополнительных экспериментальных и теоретических исследований, учитывая, что металлы в твердом и в расплавленном состояниях резко различаются по своим физическим параметрам. Кроме того, механические свойства проволоки, полученной из жидкого металла фонтанированием, существенно отличались от свойств проволоки, протянутой сквозь глазки в волоочильной доске в твердой фазе. Действительно, сам процесс волочения придает некоторое своеобразие внутренней структуре металла: с одной стороны, металл сжимается, уплотняясь с боков, и в результате возникает явление наклепа, а с другой стороны, волочение придает металлу продольную анизотропию, существенно увеличивая прочность проволоки на разрыв, повышает ее вязкость и мелкокристалличность. Структура проволоки, получаемой фонтанированием, приобретает радиальную анизотропию, потому что кристаллизация внутри происходит в твердых стенках при пониженном давлении в соответствии с градиентом температуры.

Этот способ изготовления проволоки заслуживает особого внимания, так как пригоден для всех металлов, не поддающихся волочению по своей хрупкости (висмут, чугун) или по своей мягкости (свинец). Он универсален.

Даже первые опыты показали, что пониженная вязкость отвердевшего металлического фонтана делает его незаменимым исходным материалом для порошковой металлургии — проволоки из хрупких металлов рассыпаются в порошок при легких ударах и при растирании в ступках, при этом сохраняются необходимая химическая чистота зерна и его требуемые размеры.

Разнообразие механических и физических параметров у разных металлов и сплавов их между собой, представляю-

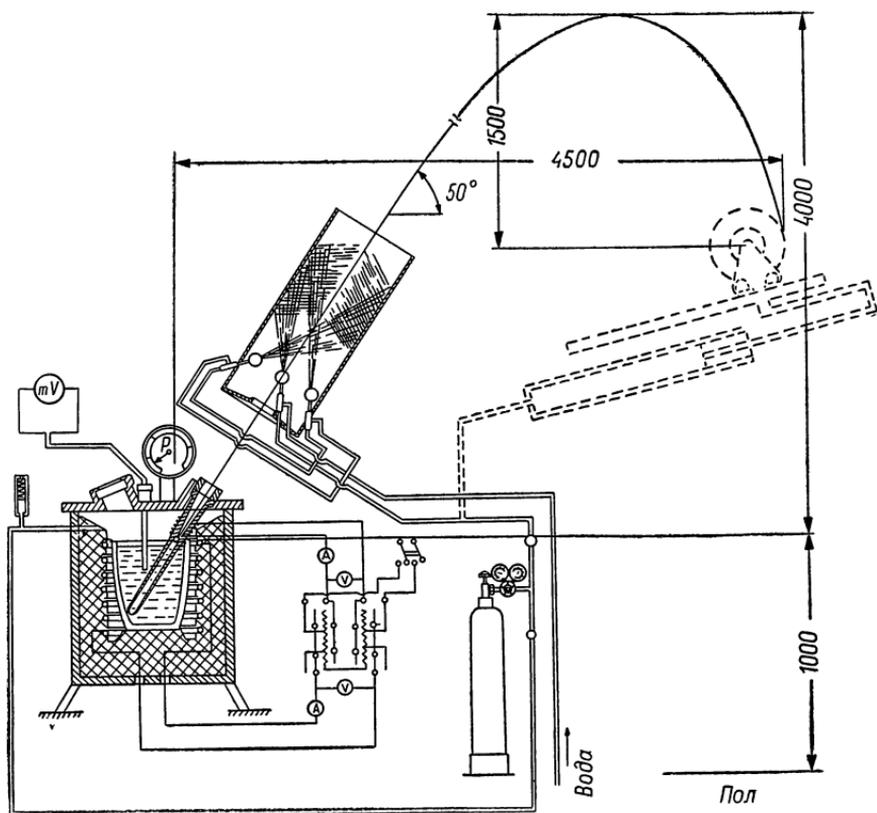


Рис. 6. Установка ЭЛУФ-1 для фонтанирования путанки, разработанная в Институте металлов им. акад. И. П. Бардина в Москве.

щих интерес для новой техники, естественно, побудило А. В. Улитовского заняться их углубленным экспериментальным и теоретическим изучением с целью применения фонтанирования для получения проволоки не только в воздухе, но и в различных средах (парах воды, инертных газах и жидкостях). Экспериментальные исследования развернулись наиболее широко в Москве в Институте металлов, где была построена специальная установка ЭЛУФ-1 (рис. 6), позволявшая получать путанку из разных сплавов.

В течение 1956—1958 гг. было выполнено более 300 различных опытов фонтанирования, в процессе которых

Т а б л и ц а 2

Основные параметры процесса скоростного фонтанирования различных сплавов, осуществленного на установке ЭЛУФ-1 для получения тонкой литой проволоки — путанки

Металл и сплав	Диаметр дюзы (проволоки), мм	Температура металла, °С	Давление в автоклаве, атм.	Начальная скорость струи, м/сек.	Высота фонтана, м	Угол наклона струи к горизонту, градусы	Длина отрезков проволоки, м
Алюминий чистый	0.1—0.2 0.3—0.4 0.5—0.6	700—720 680—700 660—680	3.5—4.0 2.5—3.5 2.0—2.5	11—12 10—11 9—10	1.5—2.0 2.0—3.0 3.0—4.0	55—60 50—55 45—50	0.5—3.0 0.3—2.0 0.2—1.0
Алюминиевый сплав АЛ12	0.5	670—700	2.5—3.5	8—9	2.5—3.5	60—65	0.4—0.2
Магний чистый	0.3—0.6	700—730	1.0—1.5	12—14	2.5—3.5	45—50	0.1—0.5
Медь чистая	0.5	1120—1150	6—8	6—7	2.0—2.5	65—70	0.5—0.8
Медный сплав (АЛ—30% М — ост.)	0.5	850—880	3—4	8—10	2.0—2.5	60—65	0.4—0.2
Латунь ЛВ0	0.5	1000—1050	4.5	6—8	2.5—2.8	65—70	0.05—0.2
Бронза алюминиевая Бра5	0.5	1080—1100	6—8	6—7	2.0—2.5	65—70	0.2—0.8
Цинк чистый	0.3—0.5	430—450	3—3.5	7—8	2.5—3.0	55—60	0.2—0.5
Цинковый сплав	0.5	400—420	3—3.5	6—7	2.0—2.5	55—60	0.1—0.3
Свинец	0.08—0.50	330—370	3—6	5—7	1.0—2.5	65—70	0.5—5.5

Примечания. 1. Длительность однократного процесса фонтанирования составляет 3—10 мин. (тигель типа ТГ-3). 2. Для получения проволоки меньшего диаметра давление в автоклаве и температура металла поддерживаются на верхнем пределе. Температура дюзы должна быть на 10—20° С выше температуры металла. 3. При получении вместо литой проволоки металлического порошка повышается давление (в 1.5—2 раза) или температура (на 30—50° С). 4. Диаметр проволоки, как правило, на 0.01—0.03 мм меньше диаметра дюзы. 5. Длина отдельных отрезков проволоки колеблется от 0.3 до 3.0 м для пластичных металлов и от 0.5 до 0.2 м — для хрупких сплавов. Длина проволоки увеличивается при уменьшении диаметра дюзы или уменьшении давления.

выяснилось, что качество путанки зависит от правильного соотношения следующих параметров: диаметра отверстия — дюзы, температуры плавления металла, скорости истечения (давления внутри автоклава), тепловых констант металла (теплоемкости, теплопроводности, теплоты плавления).

Отличительной особенностью творчества А. В. Улитовского являлось его настойчивое требование доводить поисковую работу до определенного этапа, когда уже выяснялась ее практическая применимость, и делать сводку результатов, чтобы можно было на этой основе планировать дальнейшие исследования. В московской группе наступил такой этап и позволил сформулировать ряд важных практических выводов. Наглядную сводку их сделал для А. В. Улитовского инженер В. А. Шпирнов (табл. 2).

К этому времени еще не было теории процесса отвердевания жидкой струи из расплавленного металла, не было также возможности оценить данный процесс и в количественном отношении, необходимом для инженерных расчетов и проектирования аппаратуры. К решению этой проблемы А. В. Улитовский привлек специалиста по термогидродинамике проф. Г. А. Остроумова, который выяснил функциональные зависимости параметров, определяющих этот процесс в квазистационарном случае равномерного движения струи в охлаждающей среде.\*

Таким образом, были получены основные отправные данные для технических расчетов и даже для решения обратной задачи уточнения по данным эксперимента численных значений тепловых параметров различных металлов, в том числе хрупких и тугоплавких, экспериментировать с которыми обычными приемами лабораторной техники затруднительно.

Следует отметить, что в 1950 г. достигло уже ощутимых результатов производство нитей из стекла, кварца и пластмасс. Успешно работали заводы, выпускающие стеклянную вату, капроновые и подобные им нити из пластмасс, находившие непрерывно растущий спрос. В этих производствах широко применялся метод выдавливания

\* Г. А. Остроумов. К теории тепловых процессов при жидком волочении проволоки в стационарном режиме. ЖТФ, 1959, ХХІХ, вып. 2, стр. 239.

горячего жидкого вещества сквозь микроскопические дюзы в охлаждающую среду. Соответственно возраставшей номенклатуре изделий из такого искусственного волокна быстро менялись, совершенствовались, усложнялись и способы его изготовления. Однако все они характеризовались тем, что тонкие нити из жидкой фазы этих веществ отвердевали в аморфном состоянии без кристаллизации и могли при этом значительно растягиваться, не обрываясь, в то время как жидкая струя металла отвердевала только при кристаллизации.

Полученных данных было достаточно для того, чтобы перейти к опытам уже в промышленных масштабах. Инженерами С. А. Москвиным и В. Я. Свищевым была построена в Институте металлов по заданию А. В. Улитовского вторая установка большей мощности УФП-5 (табл. 3).

Проволока в стеклянной изоляции представляла собой замечательный случай совмещения обоих видов отвердевания: стеклянная оболочка постепенно затвердевала, в то время как жидкий металл в ней еще не кристаллизовался. Только при внезапном охлаждении водой стекло застывало, и металлическая жила быстро кристаллизовалась в мелкие кристаллики металла, зажатые в стеклянную оболочку. Это придавало проводу в стеклянной изоляции изумительные свойства, делавшие его незаменимым в приборостроении.

В своей деятельности А. В. Улитовский не раз обращался к изучению особенностей тонких нитей и способов их получения. Он был убежден, что связь между отдельными атомами в сплошных кусках вещества и в форме тончайших нитей не тождественна, на что указывало возрастание прочности с уменьшением диаметра нити. Приборостроители широко пользовались этой особенностью тонких нитей. Насколько близко А. В. Улитовский подошел к современным представлениям, видно из статьи А. Келли.\* А. В. Улитовский считал необходимым пользоваться этим свойством тонких нитей в технике для изготовления из них толстых, но легких канатов, выдерживающих нагрузки, в десятки раз превышающие прочность канатов, выпускаемых промышленностью.

\* А. Келли. Волокнисто-упрочненные металлы. В кн.: О чем думают физики, № 8, М., 1972.

Т а б л и ц а 3

Технические данные установок УФП-5 и УФП-1

	УФП-5	УФП-1
Объем тигля, кг . . . . .	10	0.8
Температура металла в тигле, °С . . . . .	710—750	675—720
Среднее давление в автоклаве, атм . . . . .	3.5	2—4
Диаметр литой фонтанированной проволоки, мм . . . . .	0.1—0.5	0.1—0.8
Начальная скорость струи у выхода дюзы, м/сек. . . . .	10—12	9—12
Угол наклона струи к горизонту, град. . . . .	50—55	50—60
Длительность процесса фонтанирования одного цикла (в среднем), мин. . . . .	10—15	3—10
Высота фонтана, м . . . . .	2—5	2—4
Максимальное количество отверстий, размещающихся в дюзе . . . . .	37	7
Мощность электропечей, квт:		
а) для плавки металла . . . . .	2.5	1.0
б) для обогрева дюзы . . . . .	1.5	0.3
Габаритные размеры автоклава, мм:		
а) диаметр . . . . .	410	220
б) высота . . . . .	450	280
Размер тигля (графито-шамотного, ГОСТ 3782-47), мм:		
а) диаметр . . . . .	210	100
б) высота . . . . .	260	120
Высота помещения для работы на установке, м . . . . .	6—7	5—6
Площадь помещения, м <sup>2</sup> . . . . .	4×6	3×6
Максимальное давление, на которое рассчитаны корпус и другие элементы автоклава, атм . . . . .	15	20
Количество откидных болтов (крепления крышки) . . . . .	6	3

Таким образом, наметились два направления в способах применения путанки: вязкие вещества указывали на дальнейшее уменьшение ее толщин и упрочнения наклепом, хрупкие — давали простейшие пути изготовления порошков для металлокерамики и нужд синтетической химии. Порошки из путанки имели более мелкую структуру, химически были однороднее и чище, чем порошки из металла, полученного путем жидкого проката, однако их изготавливали в небольших количествах. Путанка оказалась весьма пригодной для армирования изделий из пластмасс, резины

и стекла. Автомобильные шины, армированные этой дешевой проволокой, служили дольше, чем шины, армированные волокнистыми веществами из органических материалов.

Благодаря успешной деятельности ученика А. В. Улитовского С. Д. Богословского стало возможным получение больших количеств путанки из металла путем одновременного его фонтанирования из нескольких дюз. Им же была разработана установка для ускоренного получения порошков из хрупких металлов фонтанированием с одновременным превращением ускоренно отвердевшей проволоки в порошок под действием направленной на нее мощной струи воздуха или другого газа.

Еще в Физическом институте Ленинградского университета А. В. Улитовский пытался осуществить различные способы обработки металлов в процессе отвердевания их жидкой фазы с минимальной затратой энергии. После весьма удачного внедрения в технологию приборостроения штамповки металлических деталей из расплава он начал исследовать возможности получения полуфабрикатов из металлов и сплавов в форме лент и листов для изготовления специальных элементов приборов и установок.

Успех штамповки из расплава подсказал способ получения небольших количеств тонкой жести или пластинок заданной толщины путем проката небольших порций металла в расплавленном состоянии в условиях лаборатории. Достаточно было пропустить расплавленный металл при температуре, близкой к температуре отвердевания, между двумя холодными валками, как на участках его поверхности, соприкасающихся с холодной поверхностью валков, отнимавшей теплоту плавления, началась кристаллизация и отвердевание металла. Главное отличие такого жидкого проката от проката металла в твердом состоянии (хотя и размягченного в нагревательной печи) обычным прокатным станом заключается в том, что для придания слою необходимой толщины почти не требуется затраты усилий на его сжатие и оно осуществляется всего за одну операцию (почти мгновенно).

Первая установка проката имела легкую конструкцию на каркасе из уголкового железа (рис. 7), которая была во много раз проще обычных линий листового проката. Отвердевший лист по выходе из валков продолжает охлаждаться на воздухе или подвергается охлаждению водой. Поскольку охлаждающие валки должны быстро отнимать

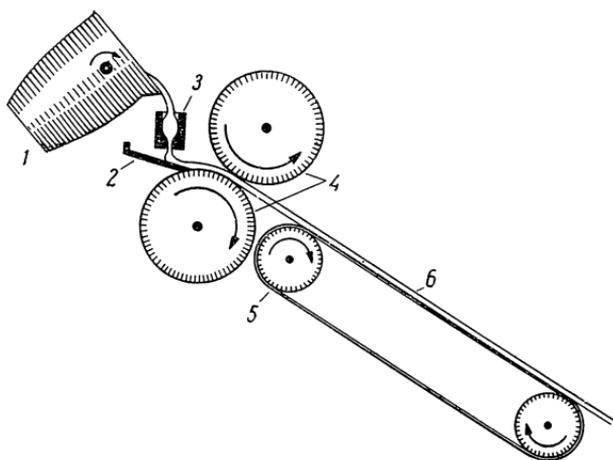


Рис. 7. Схема жидкого проката металла по методу А. В. Улитовского.

1 — тигель с жидким металлом; 2 — лоток; 3 — дозирующее очко; 4 — валки; 5 — транспортер; 6 — лента, полученная жидким прокатом.

теплоту плавления от жидкого металла, их целесообразно было делать не сплошными, а пустотелыми из теплопроводного материала, например алюминия или меди, с внутренним охлаждением. С этой целью в полость валка через концы осей его вращения направляли охлаждающую воду так, чтобы струи ее попадали как раз на те участки поверхности валков, которые первыми соприкасаются с жидким металлом.

А. В. Улитовскому принадлежит остроумный способ охлаждения валков не холодной, а кипящей водой, которую вводили под давлением так, чтобы она омывала стенку валка. Тогда с наружной стороны стенка валка отнимает у жидкого металла его теплоту плавления, а с внутренней стороны того же участка стенка должна будет отдавать кипящей воде скрытую теплоту ее испарения, которая во много раз больше теплоты плавления твердых веществ. Таким образом, регулируя подачу воды, легко установить квазистационарный тепловой режим, который будет и на наружной поверхности валков поддерживать температуру кипящей воды, т. е. обеспечивать быструю начальную кристаллизацию прокатываемого металла, едва только он коснется поверхности валков.

Поскольку при этой технологии соприкасаться с поверхностью валка будет, по существу, отвердевшая поверхность металла, которая уже приняла форму тонкого листа или ленты, то, придавая поверхности валков желаемый (не слишком глубокий) рельеф, можно воспроизводить его и на прокатываемом металле, так как внутренние слои его будут отвердевать последними, когда наружный рельеф уже закристаллизуется.

Первая установка проката, осуществленная сотрудниками мастерских Физического института, позволила выполнить ряд ориентировочных экспериментов и практически подтвердить изложенные выше соображения. С помощью этой установки были получены тонкие ленты алюминия, свинца, олова, бронзы и хрупких металлов повышенной чистоты, легко превращавшиеся в мелкий порошок для экспериментов по порошковой металлургии. Несмотря на то что ленты и пластинки изготовлялись лишь небольшой длины, определявшейся емкостью тигля, в котором производилось плавление, возможности научных исследований в лабораторных условиях расширились.

Особенно ценными оказались эксперименты с чугуном, легкоплавкость, текучесть и механические параметры которого весьма подходили для обработки и жидким прокатом в форме лент, и фонтанированием в форме проволоки. Это было самое дешевое сырье, отличавшееся значительным разнообразием свойств в зависимости от его сорта (серый, белый, ковкий, твердый и пр.).

Удачные эксперименты в лаборатории, естественно, привели А. В. Улитовского к мысли о возможности производства листового чугуна в промышленных условиях. Он стремился получить большие количества чугуна путем непрерывного разлива жидкого металла прямо из вагранок в валки в форме листов значительной ширины. Улитовский пытался осуществить свой замысел на нескольких чугунолитейных заводах близ Ленинграда, однако это требовало уточнения методики, изготовления валков нужной величины и конструкции с управляемой скоростью их вращения и охлаждением изнутри, а также и последующего интенсивного охлаждения прокатанного металла. Это влекло за собой разработку ряда приспособлений и вспомогательных механизмов применительно к условиям завода, т. е. вложение определенных материальных средств,

расходование материалов и привлечение людей. Интересы руководителей чугунолитейных заводов были далеки от интересов группы Улитовского, которому так и не удалось организовать получение листового проката в условиях завода в Ленинграде.

В период Великой Отечественной войны, когда основные металлообрабатывающие предприятия страны были перебазированы глубоко на Восток, возникла острейшая необходимость в их размещении, а следовательно, в железной кровле, которую можно было заменить прокатом листового чугуна, изготовленного по ускоренному методу А. В. Улитовского.

Е. Г. Николаенко, руководивший работами по жидкому прокату листового чугуна в Одессе на заводе сельскохозяйственных машин, стал получать со всех концов страны запросы о высылке чертежей прокатных установок и указаний по их эксплуатации. Благодаря его группе, размножившей чертежи наиболее удачных вариантов установок и инструкции, десятки заводов освоили получение жидкого проката чугуна по новой технологии.

Однако внедрение нового кровельного материала встретило возражения со стороны строителей. Дело в том, что значительная его жесткость и даже свойственная чугуну хрупкость исключали возможность пользоваться привычной технологией крепления кровли путем соединения отдельных листов загибанием их в закрой и прибивания к опалубке гвоздями. Приходилось пользоваться приемами крепления на манер черепитчатых крыш, допускавшими применение листов большей толщины. Вошло в обычай даже называть чугун жидкого проката «чугунная черепица». Это, естественно, удорожало кровельные работы и вызывало разочарование. Однако острая нужда в какой-нибудь кровле и для предприятий, и для жилых домов заставляла с этим мириться.

В конце 1946 г. А. В. Улитовский побывал в Одессе и принял активное участие в работах Е. Г. Николаенко и его сотрудников, направленных на повышение качества получаемого проката. В частности, там были проведены опыты по созданию более тонких и гибких листов из так называемых ковких чугунов путем дополнительного проката и обжаривания их в горячем состоянии в дополнительном прокатном стане обычного типа значительной мощности. В результате были получены листы металла, по своим

свойствам более близкие к кровельному железу. Однако получение их настолько усложняло технологию, требовало таких затрат и таких мощностей для осуществления добавочной операции твердого проката, а кроме того, и столь значительного расширения производственной площади, что на дополнительный прокат не всегда можно было решиться.

Следует сказать, что и по другим причинам новая технология имела среди производителей немало противников, которые не без основания указывали, например, на меньшую по сравнению с доброкачественным кровельным уральским железом устойчивость чугунного листового проката против коррозии. Однако выяснилось, что окрашенный чугунный лист не уступает обычному окрашенному железу по устойчивости к влаге и атмосферным воздействиям. Во всяком случае, экономия времени, необходимого на прокат жидкого чугуна, простота и дешевизна его в достаточной мере оправдывали широкое применение литого чугуна в качестве заменителя листового железа.

Е. Г. Николаенко широко развернул экспериментальные исследования по улучшению технологии жидкого проката. За выполнение этих работ Постановлением Совета Министров СССР от 14 III 1951 г. Е. Г. Николаенко, К. Т. Гетману и А. В. Улитовскому была присуждена Государственная премия II степени. В дальнейшем Е. Г. Николаенко организовал Научно-исследовательский институт специального литья (НИИСЛ) для всестороннего изучения жидкого проката не только чугуна, но и ряда цветных металлов.

Появилась возможность решать задачи изготовления тонких листов и лент из других труднодеформируемых многокомпонентных сплавов, например сплавов для припоев, и организовать их массовое производство. Была разработана технология непрерывного получения ленты из кремнемедного сплава, который в виде порошка применяется в качестве катализатора в химической промышленности. В развитие идей А. В. Улитовского сотрудниками института были разработаны дальнейшие новые оригинальные процессы производства жидкого проката, получено 6 авторских свидетельств, уточняющих важные детали. Среди энтузиастов нового дела, работавших в институте с первых дней его организации, следует назвать

инженеров Д. И. Ясского, В. В. Барсукова, А. Н. Степанова, Б. Я. Яровинского, Е. Е. Микотина, П. Царева.

После победы над фашистской Германией с поразительной быстротой стала возрождаться металлургическая промышленность, восстанавливались и расширялись старые листопрокатные заводы, строились новые. Началось бурное развитие сельскохозяйственного машиностроения, транспорта. Все это выдвигало новые задачи, причем выполнение многих из них было возможно с помощью жидкого проката ускоренными темпами.

Творческая инициатива коллектива НИИСЛа была направлена на решение первоочередных проблем. К этому времени сотрудниками института был накоплен уже богатый производственный опыт и глубокие теоретические знания, необходимые для дальнейшего развития идей А. В. Улитовского. В лабораториях работали высококвалифицированные литейщики с широким научно-техническим кругозором. Институт проводил немало дискуссий, конференций по общим и частным проблемам производства проката.

В 1965 г. в Днепропетровске состоялось совместное заседание прокатной, металловедческой и экономической секций Украинского НТО черной металлургии, на котором было принято следующее решение.

### «Р е ш е н и е

совместного заседания прокатной, металловедческой и экономической секций Украинского НТОЧМ по вопросу „Проблема производства тонкого чугуна методом бесслитковой прокатки“.

«1. В Советском Союзе благодаря работам профессора А. В. Улитовского и инженера Е. Г. Николаенко впервые разработан новый технологический процесс — получение тонких металлических листов непосредственно из жидкого металла (бесслитковая прокатка).

Получение листов непосредственно из жидкого металла соответствует современному направлению технического прогресса в металлургии. . .

«2. Созданы достаточно совершенные конструкции машин бесслитковой прокатки чугуна листов и установлены основные технологические параметры процесса, обеспечивающие его стабильность. . .

«3. Произведенные исследования по прокатке чугунного листа, а также металловедческие исследования показывают, что качество чугунного листа может быть существенно улучшено путем дополнительной пластической деформации. Процесс холодной прокатки отожженных чугунных листов опробован в заводских условиях. Достигнутые улучшения механических свойств и состояния поверхности чугунного листа позволяют расширить область его применения (машиностроение и другие отрасли народного хозяйства). . .

«8. Считаю необходимым дальнейшую разработку новых вариантов процесса (обезуглероживание чугунного листа, формирование листов из жидкой стали и цветных металлов, производство фасонных изделий в валках-кристаллизаторах и др.).

«9. Для ознакомления широких научно-технических кругов с вопросами производства чугунного листа признать весьма желательным опубликование соответствующих материалов в печати.\*

Доклады и выступления этого совещания были опубликованы в „Трудах Украинского НТО черной металлургии“ в 1957 г.».

Таким образом, еще при жизни А. В. Улитовского были отмечены успехи, достигнутые им и его последователями в деле внедрения идей ученого в основные отрасли народного хозяйства, а также их роль в дальнейшем прогрессе новой техники.

\* Тр. Украинского НТО черной металлургии, т. 5. Днепропетровск, 1957.

## ПАТЕНТЫ, АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И СТАТЬИ А. В. УЛИТОВСКОГО\*

---

### П а т е н т ы

- 2920 Способ изготовления электрических нагревательных приборов. 18 VII 1924 г. (31 V 1927 г.). БИ, 1927, № 5, с. 89.
- 2921 Способ изготовления металлической оболочки для электрических нагревательных приборов. 18 VII 1924 г. (31 V 1927 г.). БИ, 1927, № 5, с. 89.
- 12090 Прибор для анализа газов. 16 I 1925 г. (31 XII 1929 г.). М. М. Глаголев. БИ, 1929, № 12, с. 130.
- 3131 Электроизмерительный регистрирующий прибор. 13 II 1925 г. (30 VI 1927 г.). БИ, 1927, № 6, с. 101.
- 5370 Электрический измерительный прибор электромагнитного типа. 23 XII 1925 г. (31 V 1928 г.). В. А. Паршин, Ю. Д. Соколов-Вишневикий. БИ, 1928, № 5, с. 721.
- 4697 Приспособление для отливки металла в формы под давлением, получающимся при взрыве газов. 24 II 1926 г. (29 II 1928 г.). В. А. Паршин. БИ, 1928, № 2, с. 251.
- 4924 Переключатель для электроизмерительных приборов. 24 II 1926 г. (31 III 1928 г.). В. А. Паршин, БИ, 1928, № 3, с. 400.
- 9971 Трансформатор однофазного тока, предназначенный для поддержания величины вторичного напряжения постоянным. 22 VI 1927 г. (29 VI 1929 г.). БИ, 1929, № 6, с. 832.
- 11175 Трансформатор, предназначенный для поддержания постоянной величины вторичного напряжения. 22 VI 1927 г. (30 IX 1929 г.). БИ, 1929, № 8, 9, с. 1393.
- 13144 Приемник электрического газоанализатора. 22 VI 1927 г. (31 III 1930 г.). БИ, 1930, № 3, с. 108.
- 14512 Волосной гигрометр. 22 VI 1927 г. (31 III 1930 г.). М. Д. Языков. БИ, 1930, № 3, с. 147.
- 14513 Способ измерения величин, зависящих от физических свойств жидкостей, газов, паров и пр. 22 VI 1927 г. (31 III 1930 г.). БИ, 1930, № 3, с. 147.

\* Патенты и авторские свидетельства расположены в хронологическом порядке, по датам заявок. В скобках обозначена дата опубликования. Перед описанием дан номер патента или свидетельства. Фамилии соавторов, а также год, номер и страница Бюллетеня изобретений (БИ) приведены в конце описания.

- 14514 Способ измерения магнитных величин. 22 VI 1927 г. (31 III 1930 г.). БИ, 1930, № 3, с. 147.
- 15645 (Доп. к № 14512). Волосяной гигрометр. 22 VI 1927 г. (30 VI 1930 г.). М. Д. Языков. БИ, 1930, № 6, с. 402.
- 19704 Способ изготовления электрических нагревательных приборов. 27 III 1928 г. (31 III 1931 г.). В. А. Паршин. БИ, 1931, № 3, с. 176.
- 11641 Приемник для газоанализатора. 05 VII 1928 г. (30 IX 1929 г.). М. Д. Языков. БИ, 1929, № 8, 9, с. 1408.
- 11642 Газоанализатор. 05 VII 1928 г. (30 IX 1929 г.). М. Д. Языков. БИ, 1929, № 8, 9, с. 1408.
- 17837 Приемник электрического газоанализатора. 05 VII 1928 г. (30 IX 1930 г.). М. Д. Языков. БИ, 1930, № 9, с. 240.
- 1361929 Installation pour la fabrication d'un fil métallique micro-métrique isolé su verre, directement à partir du métal fondu. République Française. 01 III 1963. (20 IV 1964). ВОРІ, 1964, N 22, p. 6222. Заявитель — Институт металлургии им. А. А. Байкова, СССР.
- 427939 Anlage zur Herstellung von glassisoliertem Feinstdraht ummittelbar aus flüssigem Metall. Schweizerische Eidgenossenschaft. 12 IX 1963. (15 I 1967). W. N. Parkhatschew. РММР, 1967, N 2, p. 31. Заявитель — Институт металлургии им. А. А. Байкова, СССР.

#### Авторские свидетельства

- 32406 Приемник электрического газоанализатора. 22 VI 1927 г. (30 IX 1933 г.). М. Д. Языков. БИ, 1933, № 9, с. 80.
- 25996 Тело накала для электрических ламп. 23 VIII 1929 г. (30 IV 1932 г.). БИ, 1932, № 3, 4, с. 134.
- 28564 Электрический проволочный реостат. 30 VIII 1929 г. (31 XII 1932 г.). Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1932, № 12, с. 74.
- 28948 Электрическое проволочное сопротивление для реостатов и нагревательных приборов. 26 IX 1929 г. (31 I 1933 г.). БИ, 1933, № 1, с. 65.
- 28565 Способ изготовления электрических сопротивлений. 10 VII 1930 г. (31 XII 1932 г.). А. А. Архангельский. БИ, 1932, № 12, с. 74.
- 28553 Электрический высокоомный проводник. 14 VIII 1930 г. (31 XII 1932 г.). А. А. Архангельский. БИ, 1932, № 12, с. 74.
- 28554 Электрический высокоомный проводник. 14 VIII 1930 г. (31 XII 1932 г.). А. А. Архангельский. БИ, 1932 г, № 12, с. 74.
- 28566 Переключатель, преимущественно для электрических сопротивлений. 29 IX 1930 г. (31 XII 1932 г.) Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1932, № 12, с. 71.
- 24919 Электрический проволочный реостат. 19 X 1930 г. (31 I 1932 г.). В. И. Прус-Жуковский. БИ, 1932, № 1, с. 84.
- 28567 Электрическое проволочное сопротивление. 19 X 1930 г. (31 XII 1932 г.). В. А. Бальцерович, Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1932, № 12, с. 74.

- 27129 Электрическое сопротивление. 24 XII 1930 г. (31 VII 1932 г.). А. А. Архангельский. БИ, 1932, № 7, с. 73.
- 34652 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 31 VII 1931 г. (28 II 1934 г.). БИ, 1934, № 2, с. 84.
- 39262 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 31 VII 1931 г. (30 XI 1934 г.). Д. В. Тимашев. БИ, 1934, № 10, 11, с. 120.
- 32019 Электрический проволочный реостат. 13 XI 1931 г. (30 IX 1933 г.). В. И. Прус-Жуковский. БИ, 1933, № 9, с. 70.
- 32627 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 13 V 1932 г. (31 X 1933 г.). Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1933, № 10, с. 57.
- 33610 Подвижной контакт для электрических проволочных реостатов. 13 V 1932 г. (31 XII 1933 г.). Н. Г. Левицкий-Рогаль, С. Г. Песоцкий. БИ, 1933, № 12, с. 72.
- 32628 Приспособление для установки подвижной системы в измерительных приборах. 25 IX 1932 г. (31 X 1933 г.). Н. Г. Левицкий-Рогаль, И. А. Сергеев, Д. В. Тимашев. БИ, 1933, № 10, с. 57.
- 32629 Приспособление для установки подвижной системы подвижного измерительного прибора в вертикальном направлении. 25 IX 1932 г. (31 X 1933 г.). Н. Г. Левицкий-Рогаль, И. А. Сергеев, Д. В. Тимашев. БИ, 1933, № 10, с. 57.
- 33617 Электрический нагревательный прибор индукционного типа. 02 I 1933 г. (31 XII 1933 г.). А. А. Александров, Ю. В. Денисов, Н. А. Кузьмин, П. Н. Третьяков. БИ, 1933, № 12, с. 73.
- 42630 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 18 II 1933 г. (30 IV 1935 г.). БИ, 1935, № 4, с. 66.
- 42203 Арретирующее приспособление к магнитоэлектрическому измерительному прибору. 29 VI 1934 г. (31 III 1935 г.). Л. Н. Еленский, Н. Г. Левицкий-Рогаль, И. А. Сергеев, Д. В. Тимашев. БИ, 1935, № 3, с. 80.
- 42305 Способ измерения малых линейных величин. 29 VI 1934 г. (31 III 1935 г.). В. Я. Синевич, Б. Г. Туболкин. БИ, 1935, № 3, с. 82.
- 42306 Устройство для измерения малых величин. 29 VI 1934 г. (31 III 1935 г.). В. С. Агеев, Г. А. Девятков, А. Н. Обрам, В. Я. Синевич. БИ, 1935, № 3, с. 82.
- 42710 Устройство для взвешивания микрогрузов. 29 VI 1934 г. (30 IV 1935 г.). С. А. Кузнецов, В. Я. Синевич. БИ, 1935, № 4, с. 68.
- 43161 Прибор для измерения малых линейных величин. 29 VI 1934 г. (31 V 1935 г.). В. С. Агеев, Г. А. Девятков, Б. К. Заварихин, В. Я. Синевич. БИ, 1935, № 5, с. 86.
- 45000 Устройство для измерения малых электрических величин. 29 VI 1934 г. (30 XI 1935 г.). БИ, 1935, № 11, с. 81.
- 43162 Прибор для измерения малых линейных величин. 29 VI 1934 г. (31 V 1935 г.). В. Я. Синевич, Б. К. Заварихин. БИ, 1935, № 5, с. 86.
- 44993 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 21 XI 1934 г. (30 XI 1935 г.). Л. Н. Еленский, Н. Г. Левицкий-

- Рогаль, И. А. Сергеев, Д. В. Тимашев. БИ, 1935, № 11, с. 81.
- 44997 Приспособление для отсчета показаний измерительных приборов. 21 XI 1934 г. (30 XI 1935 г.). Л. Н. Еленский, Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1935, № 11, с. 81.
- 73286 Магнитоэлектрический зеркальный гальванометр. 21 XI 1934 г. (31 I 1949 г.). Л. Н. Еленский, Н. Г. Левицкий-Рогаль, И. А. Сергеев, Д. В. Тимашев. БИ, 1949, № 1, с. 28.
- 73660 Электрическое проволочное сопротивление. 13 XI 1936 г. (30 IV 1949 г.). А. Я. Вельбель, Б. К. Заварихин, Н. Г. Левицкий-Рогаль. БИ, 1949, № 4, с. 23.
- 98877 Способ прокатки металла непосредственно из жидкого состояния. 22 IX 1937 г. (11 XI 1954 г.). Ю. В. Денисов, П. Н. Третьяков. БИ, 1954, № 9, с. 18.
- 51950 Способ изготовления металлических изделий прессованием непосредственно из жидкого металла. 20 VI 1937 г. (31 X 1937 г.). Ю. В. Денисов, О. В. Каратыгин, Ф. Н. Козыренко, Н. Г. Левицкий-Рогаль, И. А. Сергеев, П. Н. Третьяков. БИ, 1937, № 10, с. 23.
- 57902 Способ прокатки металла непосредственно из жидкого состояния. 20 VI 1937 г. (30 IX 1940 г.). И. Ф. Васильев, П. Карпов, Н. Г. Левицкий-Рогаль, М. И. Морозов, И. А. Сергеев, П. Н. Третьяков, Г. Е. Шац. БИ, 1940, № 9, с. 23.
- 67458 Устройство для бесслитковой прокатки. 28 VII 1944 г. (31 XII 1946 г.). Е. Г. Николаенко. БИ, 1946, № 11, 12, с. 31.
- 72290 Способ сварки изделий током высокой частоты. 08 VI 1946 г. (31 VIII 1948 г.). С. Д. Богословский, П. Г. Степанов, Б. Д. Стратьев. БИ, 1948, № 8, с. 18.
- 73450 Магнитоэлектрический зеркальный гальванометр. 24 XI 1947 г. (31 I 1949 г.). А. Б. Аренков. БИ, 1949, № 1, с. 29.
- 83580 Магнитоэлектрический измерительный прибор. 12 I 1948 г. (31 VII 1950 г.). Б. К. Заварихин. БИ, 1950, № 7, с. 40.
- 76896 Центробежный способ получения отбеленных отливок чугуна. 23 I 1948 г. (21 VI 1962 г.). Н. М. Аверин, В. С. Берсенев. БИ, 1962, № 12, с. 84.
- 83579 Зеркальный гальванометр. 12 III 1948 г. (31 X 1951 г.). БИ, 1951, № 10, с. 21.
- 84733 Способ получения микроленг и микротрубок. 01 IV 1948 г. (04 I 1965 г.). Н. М. Аверин. БИ, 1965, № 1, с. 108.
- 161478 Способ изготовления металлических микротрубок. 01 IV 1948 г. (19 III 1964 г.). Н. М. Аверин. БИ, 1964, № 7, с. 57.
- 165524 Способ получения микроизделий путем переяжки. 01 IV 1948 г. (12 X 1964 г.). Н. М. Аверин, Ю. В. Денисов. БИ, 1964, № 19, с. 31.
- 161325 Способ изготовления металлической микропроволоки. 01 IV 1948 г. (19 III 1964 г.). Н. М. Аверин. Б. И., 1964, № 7, с. 14.
- 73435 Способ намотки катушек из тонкой металлической ленты, изолированной стеклом и поставленной на ребро. 05 VI 1948 г. (31 I 1949 г.). Ю. В. Денисов. БИ, 1949, № 1, с. 32.

- 80428 Устройство для разгрузки опор подвижной системы измерительного прибора. 10 II 1949 г. (31 I 1950 г.). БИ, 1950, № 1, с. 38.
- 128427 Способ непрерывного изготовления микропроводов в стеклянной изоляции. 08 IX 1950 г. (15 V 1960 г.). А. И. Авраменко, И. М. Маянский. БИ, 1960, № 10, с. 14.
- 99412 Подъёмник для измерительных приборов. 10 III 1953 г. (25 II 1955 г.). Х. В. Кавос, М. А. Лаврухин, А. М. Федотов. БИ, 1954, № 12, с. 20.
- 100288 Способ шлифования и полирования. 22 IX 1953 г. (05 IX 1955 г.). П. И. Катичева, А. М. Федотов. БИ, 1955, № 4, с. 51.
- 104848 Способ изготовления электрических сопротивлений. 18 I 1954 г. (25 II 1957 г.). М. А. Потапов, В. В. Трояновский. БИ, 1956, № 12, с. 22.
- 109493 Способ изготовления проволоки. 09 II 1956 г. (25 II 1958 г.). В. В. Трояновский. БИ, 1957, № 12, с. 63.
- 114718 Способ изготовления электрических сопротивлений из микропроводов. 27 XI 1956 г. (31 VIII 1958 г.). В. В. Трояновский. БИ, 1958, № 8, с. 29.

#### Статьи

1. Физические основы технологии жидкого металла. — Сталь, 1937, № 11, с. 99—111.
2. Физические основы технологии металлов в жидком состоянии. — Металлург, 1937, № 11 (95), с. 65—81.
3. Микротехнология в электроприборостроении. — В кн.: Научно-техническое совещание работников промышленности, деятелей науки и техники, вып. 7. Л., 1951, с. 6.
4. Тонкая проволока в сплошной стеклянной изоляции и возможности ее применения. — Приборы и техника эксперимента, 1957, № 3, с. 115—117.
5. Состояние и перспективы развития процесса производства тонкого листа формированием непосредственно из жидкого металла. — В кн.: Чугунный лист. Тр. Всес. совещ. М., 1956, с. 5—7 (Совм. с Е. Г. Николаенко).
6. Обзор некоторых достижений ленинградской промышленности в технологии приборостроения. — В кн.: Приборостроение. Под ред. В. О. Арутюнова. М., 1957, с. 32—43. (Совм. с П. И. Буловским и др.).

#### ЛИТЕРАТУРА

- 
1. Богословский С. Д. Талант экспериментатора. — Изобретатель и рационализатор, 1963, № 11, с. 26—28.
  2. Карандеев К. Б. Гальванометры постоянного тока. Львов, 1957.
  3. Остроумов Б. А. Микрометаллургия. — Наука и жизнь, 1960, № 8, с. 10—16.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

	Стр.
На заре советского физического приборостроения . . . . .	5
Жизненный путь А. В. Улитовского . . . . .	17
Зеркальные гальванометры и другие электроизмерительные приборы . . . . .	37
Высокочастотные методы технологии и новые материалы в приборостроении . . . . .	58
Литой провод в стеклянной изоляции . . . . .	64
Получение литой проволоки без изоляции фонтанированием . . . . .	74
Жидкий прокат металлов . . . . .	84
Патенты, авторские свидетельства и статьи А. В. Улитовского . . . . .	91
Литература . . . . .	95

**Борис Андреевич Остроумов**

**АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ УЛИТОВСКИЙ**

*Утверждено к печати*

*Редколлегией серии «Научно-биографическая литература»*

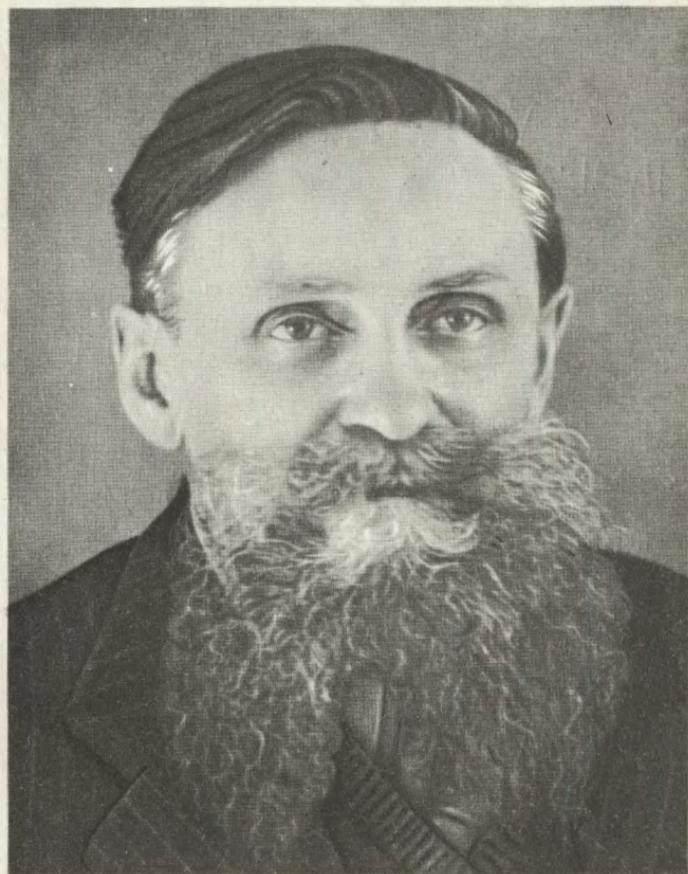
Редактор издательства *Т. И. Сушкова*. Художник *Д. С. Данилов*  
Технический редактор *Г. А. Бессонова*. Корректор *К. С. Фридлянд*

Сдано в набор 16/X 1974 г. Подписано к печати 26/II 1975 г. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага № 2. Печ. л. 3=5,04 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 5.3.  
Изд. № 5480. Тип. зак. № 1555. М-03886. Тираж 4100. Цена 32 коп.

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

---

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



Б. А. ОСТРОУМОВ

**Алексей Васильевич  
УЛИТОВСКИЙ**

32 коп.



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»**  
**ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**