

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



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

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

В. С. Фролов

**Виктор Сергеевич
КУЛЕБАКИН**

1891—1970



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1980

Ф 91 Фролов В. С. Виктор Сергеевич Кулебакин
(1891—1970). М., Наука, 1980, 207 с.

В книге рассказывается о жизни и научной деятельности выдающегося ученого в области электроэнергетики, академика АН СССР, лауреата Государственной премии В. С. Кулебакина. Верный сподвижник Г. М. Кржижановского, Кулебакин разрабатывал план ГОЭЛРО, был пионером использования электроэнергии в самолетостроении, активно участвовал в создании новых факультетов, вузов и НИИ. Мировую известность спискали замечательные работы ученого в области теории автоматического регулирования.

6.4.2.1

Ответственный редактор
академик
А. Ю. ИШЛИНСКИЙ

Владимир Сергеевич Фролов
Виктор Сергеевич Кулебакин

Утверждено к печати редколлегией научно-биографической серии АН СССР

Редактор *В. С. Лунач*

Редактор издательства *Ю. Г. Гордина*. Художественный редактор *И. Разина*

Технические редакторы *О. М. Гуськова, Е. Н. Евтянова*

Корректоры *Н. И. Казарина, В. Г. Петрова*

ИБ № 15435

Сдано в набор 17.09.79. Подписано к печати 14.02.80. Т-02543.

Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1. Гарнитура обыкновенная.

Печать высокая. Усл. печ. л. 10,9. Уч.-изд. л. 11,2. Тираж 13900 экз.

Тип. зак. 2301. Цена 35 коп.

Издательство «Наука» 117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»

121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

© Издательство «Наука», 1980 г.

Ф 20100—007
054(02)—79 107—79 НП 0604020100

О Кулебакине

Недалеко от метро «Динамо», на одном из учебных корпусов Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского установлена мемориальная доска. Золоченные буквы на ее мраморной поверхности повествуют о том, что здесь работал, творил и давал путевку в жизнь не одному выпуску авиационных инженеров выдающийся ученый нашего времени академик Виктор Сергеевич Кулебакин.

От рядового летчика до директора ведущего научно-исследовательского института, от электрика-любителя до действительного члена Академии наук СССР — таковы основные этапы творческого пути Кулебакина. Московское высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана, Московский энергетический институт, Военно-воздушная инженерная академия имени Н. Е. Жуковского — триада известнейших вузов страны, и в истории каждого из них Виктор Сергеевич оставил неизгладимый след.

Верный сподвижник Г. М. Кржижановского, Виктор Сергеевич стоял у руля знаменитого плана ГОЭЛРО. Благодаря его инициативе и кипучей энергии в стране были созданы многие новые научные подразделения: Государственный экспериментальный электротехнический институт (ныне Всесоюзный электротехнический институт имени В. И. Ленина), Институт автоматики и телемеханики (ныне Институт проблем управления), Всесоюзный светотехнический НИПКТИ и др.

Трудно переоценить вклад Виктора Сергеевича в развитие советской авиации. Известны слова В. И. Ленина о профессоре Н. Е. Жуковском как об «отце русской авиации». Виктор Сергеевич Кулебакин может быть с полным основанием назван «отцом авиационной электроэнергетики». Свои многолетние исследования и экспериментальные работы в области применения электричества

на летательных аппаратах В. С. Кулебакин совместно со своими учениками обобщил в капитальной четырехтомной монографии «Электрификация самолетов». Надо сказать, подобного научного труда не знает мировая литература. Недаром эту монографию называют «энциклопедией авиационного инженера».

Самоотверженный труд и талант Кулебакина в суровые годы Великой Отечественной войны приумножали боевые возможности крылатых машин, позволяли нашим славным летчикам осваивать новые типы самолетов и новые приемы стремительных атак.

В мирные дни Кулебакин и ученые его школы, ставшие сами крупными специалистами народного хозяйства и виднейшими учеными, наметили и развили магистральные направления отечественной и мировой науки.

Предлагаемая вниманию читателя книга — первая научная биография академика В. С. Кулебакина. Автор книги — один из многочисленных учеников Виктора Сергеевича. Ему удалось собрать довольно интересный материал, характеризующий В. С. Кулебакина как энергичного и разностороннего ученого, верного патриота нашей социалистической Родины.

Вся жизнь академика Кулебакина, отданная советской науке, делу повышения оборонной мощи нашего государства, может служить хорошим примером для наших молодых ученых.

*Герой Социалистического Труда,
академик
А. Ишминский*

Глава первая

Юношеские годы

Виктор Сергеевич Кулебакин родился 30 (18) октября 1891 г. в Москве. Его отец, Сергей Иванович Кулебакин, перебрался в столицу из подмосковной деревушки, что близ нынешнего города-спутника Раменское Московской области. Отец долгое время был сельским учителем. Сначала он преподавал в школе при Раменской прядильно-ткацкой фабрике, а затем в женской гимназии. Мать Виктора Сергеевича, Феодосия Алексеевна Кулебакина (до замужества Сеницына), тоже родилась в Подмосковье, в городе Богородске (ныне Ногинск), в семье мелкого служащего.

В семье Кулебакиных было четыре сына: Борис, Леонид, Александр и Виктор. Виктор рос тихим, застенчивым мальчиком. Любил заниматься совсем не мальчишечьим делом: собирать цветы. Уже много лет спустя он вспоминал: «Помните, как у Расула Гамзатова,— «есть глаза у цветов...». Удивительно тонко подмечено! Я сизмальства был к ним неравнодушен. Любил составлять букеты, делать из бутонов аранжировку. Кажется, это теперь называется «икэбана». Знаете, и потом, став совсем взрослым, когда я проверял электронную начинку воздушных лайнеров, в разноцветных жгутах самолетных проводов мне временами чудились нежные жилки гладиолусов, гвоздик или маков...»¹

Виктор рано полюбил музыку, и родители поспешили (благо представилась такая возможность) отдать его в Богородскую музыкальную школу. Школа существовала на благотворительных началах, и уроки в ней вели скупавшие тамошние барышни. Однако музыка, так пленявшая мальчика, так сказать, в чистом виде, «без нотных линеек», оказалась тягостной, когда она превратилась в

¹ Наука и жизнь, 1976, № 12, с. 117.

учебный предмет. Нужно было часами разучивать на чужом рояле гаммы, разбирать дизезы, бемоли, прочие атрибуты детской партитуры, постигая азы музыкальной грамоты. Теоретический дух в школе преобладал, и это не способствовало живому интересу малышей. Устав «проверять алгеброй гармонию», Витя Кулебакин запросил пощады. Несмотря на юный возраст, он был весьма самокритичен и скоро понял, что музыка не его конек. Судьба предназначала ему иной путь — тернистый путь ученого, создавшего по существу с нуля новую отрасль науки. Правда, до конца своих дней он сохранил любовь к камерной музыке, сам прекрасно играл, а при случае и довольно приятно подпевал.

Среднее образование Виктор Сергеевич получил в Набилковском коммерческом училище, которое он окончил в 1909 г. с золотой медалью.

Отлично учившемуся юноше педагогический совет горячо рекомендовал поступить в университет. Кулебакин сам не раз помышлял об этом. Вопрос, кем стать — гуманитарием или инженером, давно был решен окончательно и бесповоротно: только инженером! Хотя юноша успешно окончил полный курс наук в коммерческом училище и каждый педагог был о нем самого лестного мнения, Кулебакина неудержимо влекло к технике. В ту пору все более широкое распространение стали находить двигатели внутреннего сгорания. «XX век — начало бензиновой эры», — единодушно предрекали со своих страниц газеты. Автомобиль в ту пору представлялся движущимся аппаратом едва ли не более экзотическим, чем в наши дни орбитальная станция. Кулебакина увлекли полные глубокого смысла и гармонии циклы работы автомобильного мотора. Он сам пробовал построить миниатюрный двухтактный бензиновый двигатель с калильным зажиганием. В университете на продолжение своих конструкторских поделок он рассчитывать вряд ли мог. И Кулебакин принимает решение: идти в Московское техническое училище (ныне МВТУ имени Н. Э. Баумана).

Это училище, основанное в 1830 г. как Московское ремесленное училище «для подготовки ученых мастеров», в 1868 г. было преобразовано в высшее учебное заведение — Московское техническое училище (МТУ). В то время оно было одним из лучших в России высших специальных учебных заведений и могло служить образцом



*В. С. Кулебакин — студент
Московского технического училища
(ныне МВТУ им. Баумана) (1909)*

для других технических школ. В нем хорошо преподавалась механика и механическая технология. Этим и иным дисциплинам в МТУ В. С. Кулебакина учили Н. Е. Жуковский, А. П. Гавриленко, Д. С. Зернов, П. К. Худяков, С. А. Чаплыгин, Н. И. Мерцалов, А. И. Сидоров, Н. А. Шапошников, В. С. Щегляев и другие выдающиеся ученые.

Московское техническое училище пользовалось репутацией прекрасного высшего учебного заведения не только в России, но и за рубежом. Успехи МТУ в сочетании теоретического образования с практическими навыками были отмечены жюри Международной филладельфийской выставки 1876 г., на которой училище выступало в качестве экспонента. МТУ экспонировало там коллекции инструментов и образцов для обучения столярно-модельному, токарному, слесарному и кузнечному мастерству, коллекции чертежей и проектов, изготовленных студентами, модель паровой машины «с параллелограммом и регулятором акад. Чебышева», изготовленную студентами, и ряд других предметов. Эти экспонаты показали, что наряду с прекрасной для своего времени теоретиче-

ской подготовкой студенты МТУ получают весьма серьезные практические навыки в мастерских училища.

Экспонаты произвели большое впечатление на посетителей выставки в Филадельфии, особенно на тех, кто имел отношение к техническому или профессиональному образованию. Хорошая постановка практических занятий в мастерских осталась традицией училища. Виктор Сергеевич впоследствии рассказывал автору, что работы в мастерских выполнялись студентами, в том числе и им самим, с особым усердием, хотя и не обходились без физического напряжения и протекали в чисто заводских условиях, менее приятных, чем посещение лекций и других видов учебных аудиторных занятий.

Поступая в Московское техническое училище, Кулебакин не думал посвятить себя электротехнике. Само слово «электротехника» в 90-х годах прошлого века только начинало входить в обиход. Преподавание ее до 1898 г. в МТУ совсем не велось. Лишь в курсе физики профессора В. С. Щегляева (лично интересовавшегося электричеством и магнетизмом) эти разделы были представлены сравнительно полно и содержали не только изложение чисто физических вопросов, но и ряд таких материалов (электрические измерения, генерирование тока, применение электрической энергии), которые относились уже к области электротехники, переживавшей в то время период бурного подъема.

Между тем время шло. Крупные успехи электротехники обеспечивали ей все более важное и прочное место в технике. В практику вошел трехфазный переменный ток, были осуществлены первые передачи электрической энергии на расстояние (например, Лауффен-Франкфуртская передача 1891 г., созданная при участии М. О. Доливо-Добровольского). Все шире развевалось строительство городских и заводских электростанций. Одна за другой сооружались трамвайные линии. Начиналось применение электрического привода в промышленности, который стал успешно и быстро внедряться после изобретения асинхронного трехфазного двигателя. В последнем десятилетии прошлого века электричество нашло широкое распространение и в промышленной технологии: оно получило весьма большое применение в электротехнических, электрометаллургических и электротермических процессах.

Расширение сфер применения электричества и развитие строительства электрических станций потребовали создания электропромышленности: производства машин, аппаратов, приборов и других изделий и материалов, необходимых для сооружения электростанций и применения электроэнергии для практических целей. Эти большие сдвиги не могли не найти отклика в высшей школе. Нужно было начать подготовку инженеров, способных работать в области электроэнергетики и электротехники. В 80-х годах прошлого века в Западной Европе ввели специализацию по электротехнике и даже отдельные специальные высшие электротехнические школы. В 1886 г. и в России было организовано первое высшее учебное заведение такого рода — Телеграфное училище в Петербурге. Позже его преобразовали в Электротехнический институт (ныне Электротехнический институт имени В. И. Ульянова-Ленина).

В основном Электротехнический институт обеспечивал кадрами высококвалифицированных специалистов предприятия электрической связи — телеграфа и телефона, а позднее и радио. Что же касается подготовки инженеров для электрических станций и применения так называемых сильных токов, то она в 80—90-х годах в России вообще не велась; потребность в специалистах этого рода удовлетворялась в значительной степени за счет привлечения инженеров из-за границы.

В конце 90-х годов прошлого века подготовка отечественных электротехников стала безусловно необходимой. Сильно возрос интерес к электротехнике. В основных специальных учебных заведениях, готовивших инженеров-механиков, в последние годы XIX в. начало вводиться преподавание электротехники, сначала в факультативном порядке. Высшие технические учебные заведения создают, кроме факультативных курсов, лаборатории электротехники, в которых также факультативно работают отдельные студенты. Так, в Петербургском технологическом институте специальный курс и лабораторный практикум были начаты в 1893 г. (А. А. Воронов), в Рижском политехническом институте — еще в конце 80-х годов (Н. М. Озмидов), в Харьковском технологическом институте — в 1898 г. (П. П. Копняев), в МТУ — с 1899 г. (Б. И. Угримов), в Киевском политехническом институте — с 1901 г. (Н. А. Артемьев). Эти необязательные

курсы привлекали на первых порах относительно небольшое число слушателей, но эти слушатели проходили электротехнику систематически, проявляя к ней глубокий интерес. Постепенно стали читаться отдельные специальные электротехнические предметы (электрические станции, электрическая тяга, электрические машины), но в факультативном или эпизодическом порядке.

Однако жизнь, как уже отмечалось, диктовала необходимость введения обязательных электротехнических дисциплин. Если теоретический курс электричества и магнетизма в высших технических учебных заведениях могли читать физики, то для преподавания практических предметов, таких, как электрические станции и сети, электрические машины, электрические измерения, электрическая тяга и т. п., нужно было подготовить специалистов из окончивших русские высшие специальные учебные заведения. Министерство народного просвещения, в ведении которого находились технологические институты и Московское техническое училище, предоставило советам этих учебных заведений возможность выбрать из лучших студентов, интересующихся электротехникой и успешно оканчивающих институт, достойных кандидатов и послать их за границу для изучения новой в то время отрасли — электротехники. Кстати, Совет МТУ признал достойным кандидатом из выпускников 1898 г. К. А. Круга — будущего учителя Кулебакина и крупнейшего специалиста в области электроэнергетики. Выбор пал на него и потому, что, еще будучи студентом четвертого и пятого курсов, он сверх обязательного учебного плана механического отделения занимался в физической лаборатории МТУ, а также участвовал в проектировании электрического освещения некоторыми техническими конторами. В конце 90-х годов прошлого века такие конторы уже существовали в Москве и занимались устройством электрического освещения в театрах, гостиницах и иных помещениях общественного пользования. К. А. Круг был направлен на два года в Германию для подготовки к преподаванию электротехники и для ознакомления с состоянием электротехнической промышленности за рубежом.

По возвращении в Москву К. А. Кругу не сразу удалось начать преподавание электротехнических дисциплин. Само МТУ к этому подготовлено не было, его лабораторная база в области электротехники была весьма слабой.

Но курс общей электротехники, который для всех студентов-механиков читал профессор Б. И. Угримов, был обязательным. К. А. Круга зачислили лаборантом при физическом кабинете МТУ и преподавателем физики. За пять лет работы в этой должности он положил много труда на усовершенствование и расширение физического практикума, который проводился в специально построенном здании физического института МТУ. В этом ему оказывали посильную помощь отдельные студенты и прежде всего Кулебакин.

Студент Кулебакин принял также активное участие в работе Московского политехнического общества, созданного группой преподавателей МТУ и ставшего общественной трибуной для обсуждения различных технических вопросов, в частности и электротехнических. Общение с другими специалистами-электриками, несомненно, сыграло в жизни Виктора Сергеевича большую роль.

1905 год, всколыхнувший всю общественную и политическую жизнь страны, имел особое значение для высшей школы. Она получила так называемую автономию, в результате чего удалось, воспользовавшись временным ослаблением опеки со стороны Министерства народного просвещения, перестроить учебные планы и ввести предметную систему. Была организована специализация по электротехнике на базе той общенаучной и общетехнической подготовки, которая давалась на механическом отделении училища. Специализация заключалась в том, что студенты, желавшие посвятить себя этой отрасли техники, должны были прослушать некоторые электротехнические дисциплины и сдать по ним зачеты, выполнить установленный комплекс лабораторных работ, а в качестве темы дипломного проекта избрать вопрос электротехнического характера (например, проектирование центральной электрической станции, электрического трамвая и т. п.). Вся организация специализации пала на К. А. Круга, который сумел весьма быстро провести необходимые для этого мероприятия и развернуть преподавание.

Таким образом, 1905 год является годом рождения московской школы электротехники. Основание ее — плод трудов и инициативы К. А. Круга, остававшегося до самой смерти ее научным руководителем и вдохновителем.

В 1915 г. группа «специализация по электротехнике» была преобразована в МТУ в электротехническое отделение. Работа его в полном масштабе развернулась лишь после Великой Октябрьской социалистической революции; когда на его базе был создан факультет.

1905—1917 годы были периодом становления и совершенствования подготовки электриков в МТУ. В это время (с 1902 г.) функционировал электромеханический факультет Петербургского политехнического института, объединивший большую группу ученых и инженеров. Возможности для развития специализации в МТУ были весьма ограниченными, но там появился ряд лабораторий, к преподаванию были привлечены видные специалисты — Н. И. Сушкин, Б. И. Угримов, О. А. Пешель, К. И. Шенфер.

В высших учебных заведениях того времени кафедр как основной научно-учебной и организационной единицы еще не было. Коллектив преподавателей электротехнической специализации МТУ вполне соответствовал современному понятию «кафедра». Под общим руководством К. А. Круга В. С. Кулебакин работал над методическими, учебными и научными проблемами. Он сразу же влился в коллектив, спаянный общей любовью к науке и преданностью делу подготовки инженеров-электриков.

К 1908 г. на основе лекций, которые К. А. Круг читал на специализации по главнейшим предметам и по теории переменных токов, а также по материалам, относящимся к физическим основам электротехники, был создан курс «Основы электротехники», и с этого года началось его преподавание. К нему были постепенно привлечены многие из учеников К. А. Круга — сотрудники кафедры теоретических основ электротехники, в том числе и Виктор Сергеевич Кулебакин.

В 1915 г. после двукратного ходатайства МТУ перед Министерством народного просвещения о преобразовании училища в высшую школу политехнического типа и создания в нем новых отделений, в частности электротехнического, такое разрешение было наконец получено. Преподавание электротехники в МТУ к этому времени уже было достаточно развито; число и квалификация преподавателей, привлеченных к ведению занятий, позволяли реализовать это решение. На созданном электротех-

ническом факультете в МТУ был установлен штат профессоров. В этом звании были утверждены Н. И. Сушкин, Б. И. Угримов, К. И. Шенфер, а К. А. Круг, кроме того, и в должности декана. Однако шла первая мировая война и реализация мероприятий по расширению высшей школы была практически невозможной. Электротехнический факультет существовал лишь на бумаге, т. е. формально. Развернуть работу факультета в полном масштабе удалось лишь после Великой Октябрьской революции.

Примерно в те же годы, когда начались первые опыты по успешному применению электрических приборов, занялась и заря воздухоплавания. 6 сентября (25 августа) 1898 г. на X съезде русских врачей и естествоиспытателей с большим успехом выступил профессор Николай Егорович Жуковский. Он произнес тогда пророческие слова: человек не имеет крыльев, но «он полетит, опираясь не на силу своих мускулов, а на силу своего разума»². В те же годы русский ученый-изобретатель Александр Степанович Попов установил первую в мире радиосвязь между аэростатом и землей. Стали проводиться демонстрационные полеты «летательных аппаратов тяжелее воздуха».

Эти события не могли пройти мимо любознательного студента МТУ Виктора Кулебакина. Наряду с электротехникой его начинают все более увлекать актуальные проблемы воздухоплавания. У студента возникает мысль: а нельзя ли соединить вместе электротехнику и аэромеханику? Надо сказать, что эта идея давно волновала некоторых изобретателей. Еще в 1869 г. русский ученый-электрик Александр Николаевич Лодыгин (1847—1923) разработал проект вертолета с электрическим двигателем и предложил его для реализации военному министерству. Электролет Лодыгина должен был иметь два воздушных винта, приводимых в движение каждый отдельным электродвигателем. Один воздушный винт (несущий), расположенный на верхней части вертолета и вращающийся вокруг вертикальной оси, предназначался для создания подъемной силы, другой (движущий), вращающийся вокруг горизонтальной оси,— для движения аппарата в горизонтальной плоскости. Отклонение оси вращения вин-

² Шестерикова Л. Даты истории отечественной авиации и воздухоплавания. М., 1953, с. 35.

тов должно было обеспечивать управление аппаратом. Кроме того, возможность менять угол вращения оси несущего винта должна была, по мнению изобретателя, помочь созданию дополнительной тяги для поступательного движения электролета.

Царское военное ведомство отказало изобретателю в поддержке, но он в течение многих лет продолжал работу и представил еще один проект летательного аппарата с электродвигателем. Спустя несколько лет Технический комитет рассмотрел наконец проект Лодыгина и вынужден был констатировать, что: «1. Летательный аппарат по типу, предлагаемому инженером-электриком Лодыгиным... будет в состоянии принести известную пользу делу военной авиации. 2. В теоретических соображениях г-на Лодыгина и общих расчетах его аппарата несообразностей и неправильностей не имеется»³.

К разработке проекта вертолета в 1904 г. приступил и профессор Н. Е. Жуковский. В его аппарате предполагалась установка трех воздушных винтов: двух несущих с вращением вокруг вертикальных осей и одного движущего с вращением вокруг горизонтальной оси.

К сожалению, проекты А. Н. Лодыгина и Н. Е. Жуковского, равно как и другие, осуществлены не были, так как царское правительство отказывало ученым и изобретателям в средствах, необходимых для постройки летательных аппаратов. Но, несмотря на это, разрабатываемые русскими людьми конструктивные схемы вертолетов сыграли положительную роль — они двигали вперед русскую авиационно-техническую мысль.

Большое значение для развития авиации в России имели успехи отечественного планеризма. В 1876 г. изобретатель самолета А. Ф. Можайский построил и испытал буксируемый воздушный змей-планер. Постройка и полеты дали А. Ф. Можайскому возможность решить ряд вопросов, связанных с проектированием и испытаниями первого в мире самолета. Немалое влияние на дальнейшее развитие планеризма в России оказал Воздухоплавательный кружок, созданный Н. Е. Жуковским. В него сразу же по прибытии в МТУ вступил Кулебакин. Членами этого кружка — студентами и инженерами — было построено несколько планеров весьма оригинальных.

³ ЦГВИА, д. 13462, л. 364—365.



*В. С. Кулебакин в форме пилота-авиатора
Военно-Воздушного Флота (1915)*

нальной конструкции. Из кружка впоследствии вышли многие инженеры-самолетостроители и конструкторы, с энтузиазмом трудившиеся над созданием новых отечественных самолетов. Плодотворные работы передовых русских людей в области конструирования планеров, вертолетов и самолетов были бы, конечно, немислимы, если бы они не опирались на строго научные положения, на законы аэродинамики. Законы, определяющие поведение тела в воздушном потоке, ныне известны и школьнику. Тогда же «наука летания» еще только начинала складываться.

В главных капиталистических странах в начале XX в. промышленность достигла заметных успехов. Особенно далеко шагнуло автомобилестроение. В США, Англии, Франции уже насчитывались десятки тысяч автомобилей различных типов, на которых устанавливался легкий бензиновый двигатель. Совершенствовался также паровой двигатель, устанавливаемый главным образом на морских судах. Кулебакин еще в гимназии мастерил маленький бензиновый моторчик. Правда, в те годы «приделать»

моторчику крылья, т. е. сделать летательный аппарат, он еще не помышлял. А между тем конструкторы-аэромеханики на основе опыта автомобилестроителей уже могли создать облегченный бензиновый двигатель для самолета. Американцы братья Райт поначалу, как и А. Ф. Можайский, построили планер и совершили на нем несколько полетов. Затем, сохранив основные черты конструкции планера, они разработали проект самолета, для которого был построен бензиновый двигатель автомобильного типа мощностью 12—15 л. с. Взлетно-посадочным устройством служили прикрепленные под крыльями два деревянных полоза. Пилот располагался лежа на нижнем крыле.

В декабре 1903 г. постройка самолета была закончена. Первое испытание, проведенное 14 декабря, оказалось неудачным: при взлете самолета поломался полог. Через три дня самолет несколько раз отрывался от земли и находился в воздухе 12—59 сек. В дальнейшем братья Райт совершенствовали свой самолет, добившись продолжительности его полета в течение 30 мин. и более. Однако самолет конструкции братьев Райт не сыграл ожидаемой роли в развитии авиации. Характеризуя его, Н. Е. Жуковский указывал, что «этот тип оказался не особенно удачным и не получил распространения»⁴.

Н. Е. Жуковский в ту пору занимал должность профессора кафедры механики в Московском техническом училище и университете. В МТУ произошла первая встреча Кулебакина с Н. Е. Жуковским. Кулебакина всегда поражала многоплановость научной деятельности своего учителя. Жуковский занимался одновременно большим количеством проблем механики. Его интересовали, например, явления, происходящие при движении подпочвенных вод; прочность велосипедного колеса; движение газов, выходящих из дымовых труб; хвосты комет; снежные заносы; прядильное веретено; устройство для просеивания муки в мукомольном производстве и многое другое. Николай Егорович создал теорию гидравлического удара в водопроводных трубах и разработал методы использования силы ветра. Он исследовал сцепной тяговый аппарат для железнодорожных вагонов. Множество

⁴ Жуковский Н. Е. Теоретические основы воздухоплавания. М., 1953, ч. II, с. 27.

сложных вопросов науки и техники благодаря исследованиям ученого получили исчерпывающее теоретическое истолкование.

Но при всей многогранности творческой деятельности Н. Е. Жуковского главным в ней была разработка проблем гидро- и аэродинамики, вызванных к жизни потребностями зарождавшейся авиационной техники. Надо было исследовать и объяснить причины возникновения подъемной силы крыла самолета, дать методику расчета этой силы. Надо было создать теорию полета самолета. И в этой области Жуковскому активно помогал Виктор Сергеевич Кулебакин. Он тщательно проштудировал рекомендованные учителем научные работы, имевшиеся в библиотеке МТУ. Надо сказать, в нашей стране усилиями М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева, А. Ф. Можайского, М. А. Рыкачева и других ученых к тому времени было сделано не так уж мало в области теоретического обоснования возможности полета различных летательных аппаратов. Однако стройной теории крыла и воздушного винта, а также общей теории полета и маневрирования самолета еще не существовало.

Ее созданию мешало господство в науке некоторых ошибочных гипотез (научных предположений). Делались попытки объяснить подъемную силу пластинки, движущейся в воздухе, на основе так называемой ударной теории Ньютона, при помощи которой, как оказалось впоследствии, нельзя было определить действительную величину подъемной силы крыла, так как эта теория приводила к неверным числовым результатам. В частности, применение формулы Ньютона в первоначальных расчетах Можайского лишало его возможности прийти к верным выводам. Впоследствии Можайский отказался от пользования формулой Ньютона. Кулебакин ищет новые подходы к проблеме, на ходу осваивая еще не ставшие привычными термины: «поляр», «угол атаки», «турбулентность воздушных потоков».

Найти искомый ответ, по глубокому убеждению Жуковского, можно было только путем проведения многих опытов, путем накопления необходимых фактов. Кулебакин, как и другие члены кружка, после занятий подолгу засиживается в мастерской МТУ. Там создавалась установка, имитирующая обтекание заостренных и тупоносых тел в воздушном потоке. Теперь бы мы назвали ее ма-

лой аэродинамической трубой. Получены первые практические результаты, которые Кулебакин оформил в виде первого в своей жизни научного отчета. Впоследствии они вошли в приложение одной из работ учителя. Однако работа Жуковского «К теории летания» и предложенный им новый метод широкого проведения экспериментальных исследований были встречены реакционной частью ученых Московского университета неодобрительно и расценивались как посягательство на «чистую» науку. Эти люди были против отхода от отвлеченных узко теоретических исследований ради «чистой» науки и привлечения науки на службу потребностям общества и прогресса техники. Предложение Жуковского приобщить к этому делу как можно больше энергичной молодежи было отклонено.

А между тем, просматривая иностранные научные журналы, Кулебакин видел, что работы учителя начинают получать всемирное признание. Труд Жуковского «О парении птиц» лег в основу новой науки — динамики полета. По традиции, вычитывая корректуру этой работы своего учителя, Кулебакин выделил для себя следующие строки: «Парением называется такой вид полета птицы, при котором она не машет крыльями. Существуют два рода парения: парение с теряемой высотой, или скольжение птицы по воздуху, и парение с сохраняемой, или выигрываемой, высотой. Второй род, который, собственно, и называется парением, обуславливается довольно значительной массой птицы и существованием ветра...»⁵. Таким образом, сделал для себя вывод Кулебакин, энергия для полета без снижения может быть получена лишь в том случае, если воздушная среда движется. Иначе говоря, птица может найти источник внешней энергии для парящего полета лишь тогда, когда имеется восходящий поток воздуха или когда скорость ветра изменяется с высотой. Отсюда парение возможно и при наличии так называемой пульсации скорости ветра. Живой организм подсказывал исследователям наилучший режим обтекания несовершенных летательных аппаратов. Оказывается, летящая птица как бы автоматически сохраняет постоянный угол атаки крыла и постоянный угол крена. Опре-

⁵ Жуковский Н. Е. Избранные сочинения. М., 1948; т. II, с. 74.

деляющим здесь является положение центра тяжести птицы.

Решая задачи по курсу механики, Кулебакин особое внимание уделял криволинейному движению. Ведь, рассматривая криволинейный полет, Жуковский утверждал, что подъемная сила крыльев птицы при выполнении такой фигуры, как петля, будет при перемещении по траектории резко изменяться. Причем в нижней точке траектории полета она будет превышать вес птицы более чем в три раза. Условия выполнения петли интересовали авиаторов. Поэтому Кулебакин разработал необходимые условия устойчивости движения весьма обстоятельно, с выяснением всех основных явлений, происходящих при этом маневре в вертикальной плоскости.

Развитие воздухоплавания потребовало от ученых настойчивого исследования различных вопросов теории крыла и винта. Нужно было проводить огромное количество опытов. Кулебакин часто ездит после занятий в МТУ, на Моховую. Там вместе с другими энтузиастами воздухоплавания он строит в кабинете механики Московского университета аэродинамическую трубу. Вскоре здесь уже был создан прибор для испытания воздушных винтов, причем не только несущих, но и движущих.

В аэродинамической трубе и на специальном приборе Кулебакин проверяет гениальные догадки своего учителя. Эти исследования и опыты в МТУ привели его учителя к весьма важному открытию, позволившему правильно объяснить происхождение подъемной силы крыла самолета.

15 ноября 1905 г. Н. Е. Жуковский выступил в Московском математическом обществе с докладом «О присоединенных вихрях», в котором изложил теорию подъемной силы крыла. Опираясь на помощь талантливой молодежи, русский ученый решил проблему, над которой люди задумывались в течение многих и многих столетий. По существу, был указан магистральный путь развития мирового самолетостроения. Это явилось огромной победой нашей отечественной научной мысли, одержанной ею на заре возникновения и развития авиации.

Глава вторая

Первые шаги русской авиации. Пилот-авиатор Кулебакин

Осенью 1911 г. в России были устроены конкурсные полеты военных самолетов. Цель конкурса — отобрать лучшие самолеты для военного применения. В конкурсе среди других русских пилотов принимал участие летчик-конструктор И. И. Стеглау, летавший на оригинальном самолете-биplane собственной конструкции. Самолет Стеглау имел фюзеляж из стальных труб, соединенных автогенной сваркой, и крылья, обшитые фанерой. Это был первый опыт применения стальных труб для изготовления фюзеляжа и фанеры — для обшивки плоскостей. Иностранный конструктор и авиационный промышленник А. Фоккер, присутствовавший на конкурсе, весьма заинтересовался самолетом Стеглау. Спустя некоторое время А. Фоккер, а за ним и другие германские конструкторы также начали применять для строительства самолетов стальные трубы и фанеру.

Новые достижения отечественной авиационно-технической мысли были показаны также на Второй международной воздухоплавательной выставке, открывшейся в Москве 25 марта 1912 г. Выступая на ее открытии, профессор Н. Е. Жуковский отметил, что среди экспонатов выставки немало аппаратов, построенных русскими конструкторами по проектам отечественных изобретателей, а также работ русских студенческих воздухоплавательных кружков. Экспонировались самолеты Я. М. Гаккеля, Н. Р. Лобанова, А. Н. Докучаева, Б. С. Масленникова, двигатель А. Г. Уфимцева, вертолет Б. Н. Юрьева и ряд работ других русских изобретателей и конструкторов. Внимание посетителей привлек двухместный моноплан, построенный на Русско-Балтийском заводе. Конструкция этого самолета, предназначавшегося для военного применения, имела некоторые особенности, отличавшие его от

спортивных самолетов. На нем был установлен двигатель А. Г. Уфимцева мощностью 45 л. с., позволявший развивать скорость до 80 км/ч. По окончании выставки летчик Г. В. Янковский перекрыл на этом самолете все ранее установленные рекорды высоты полета, поднявшись больше чем на 1200 м.

Лауреат Первой международной воздухоплавательной выставки конструктор Я. М. Гаккель представил на выставку свой новый биплан оригинальной конструкции, оказавшейся весьма перспективной. Самолет имел обтекаемый фюзеляж, в носовой части которого располагался двигатель мощностью 75 л. с. с тянущим винтом. По окончании выставки летчик Г. В. Алехнович, поднявшись на этом самолете на высоту более 1300 м, установил все-российский высотный рекорд для самолетов-бипланов.

Конструктор Н. Р. Лобанов экспонировал на выставке построенный им из стальных труб и бамбука легкий оригинальный самолет с двигателем мощностью 40 л. с. и четырехлопастным толкающим винтом. Самолет предназначался для обучения летчиков технике пилотирования. Строя свой самолет из бамбука, конструктор встретил немало трудностей, но добился того, что самолет получился чрезвычайно легкий. В дальнейшем бамбук не нашел применения в самолетостроении, так как имел неоднородное строение; большую сложность представляло и соединение между собой деталей из бамбука.

Серьезным достижением отечественной авиационно-технической мысли явился показанный на выставке одновинтовой вертолет, разработанный Б. Н. Юрьевым. Еще в 1909 г., будучи студентом Московского технического училища, Юрьев разработал проект оригинального двухвинтового вертолета. Кроме того, проект предусматривал и рулевой винт с поворотными лопастями, а также автомат-перекос, обеспечивавший устойчивость и управляемость вертолета в полете. Только из-за отсутствия двигателя необходимой мощности Юрьеву пришлось отказаться от осуществления своего проекта. Таким образом, задолго до иностранных изобретателей Юрьев теоретически обосновал и спроектировал автомат-перекос. В 1912 г. он построил одновинтовой вертолет.

На Второй международной воздухоплавательной выставке наибольшее количество призов получили русские конструкторы: Б. Н. Юрьев — малую золотую медаль,

Н. Р. Лобанов и Б. С. Маслепников — большие серебряные медали.

Весной 1912 г. русские конструкторы добились первых успехов в осуществлении смелой идеи создания самолетов, обладающих большой грузоподъемностью и значительной дальностью полета. На Русско-Балтийском вагонном заводе была закончена постройка пассажирского самолета «Гранд» (РБВЗ) с значительной по тому времени дальностью полета. Ввиду отсутствия мощных авиационных двигателей на самолете установили два двигателя мощностью по 100 л. с. каждый. Расчетная грузоподъемность самолета равнялась 1000 кг, скорость полета 80 км/ч. Затем был построен четырехмоторный самолет «Русский витязь», успешно прошедший испытания в полетах в мае 1913 г. В августе того же года «Русский витязь» установил мировой рекорд продолжительности полета (1 час 54 мин.) с семью пассажирами. Самолет имел скорость 90 км/ч.

Совершенствуя конструкцию «Русского витязя», русские инженеры в конце 1913 г. построили четырехмоторный самолет «Илья Муромец», обладавший отличными по тому времени летными данными. Общая мощность всех двигателей этого воздушного корабля равнялась вначале 400, а затем 600 л. с. 12 декабря 1913 г. на этом самолете был побит мировой рекорд грузоподъемности: в воздух поднято 10 пассажиров и около 400 кг груза. Через два месяца, 12 февраля 1914 г., «Илья Муромец» установил еще два новых рекорда грузоподъемности: в первом полете на нем находилось 14 пассажиров, во втором — 16.

Первый экземпляр самолета «Илья Муромец» после испытаний на суше был поставлен на поплавок для опытов на море. Весной 1914 г. Русско-Балтийский вагонный завод получил правительственный заказ на 10 самолетов типа «Илья Муромец», которые предназначались для военной авиации.

Таким образом, еще в то время, когда в зарубежных странах считали создание самолетов большой грузоподъемности, предназначенных для дальних полетов, неосуществимым, русские ученые и конструкторы, успешно работая над воплощением в жизнь этой цели, создали самолет «Русский витязь», обладавший рекордной грузоподъемностью полета. Затем, не останавливаясь на достигнутом, группа русских конструкторов построила

первый в мире тяжелый четырехмоторный бомбардировщик «Илья Муромец». По грузоподъемности и радиусу действия ни в одной стране не было самолета, равного этому воздушному кораблю. Самолеты-бомбардировщики, приближавшиеся по своим данным к «Илье Муромцу», были построены за границей значительно позже, чем в России. Только к концу первой мировой войны в Германии, Англии и Франции появились многомоторные самолеты-бомбардировщики.

Очевидные преимущества нового боевого самолета, настоящего воздушного корабля, заставили военное ведомство незадолго до начала первой мировой войны заказать Русско-Балтийскому заводу постройку 10 воздушных кораблей «Илья Муромец». Однако рутинеры, стоявшие во главе русского Воздушного Флота, делали все для того, чтобы сорвать вооружение русской армии этими замечательными самолетами. Так, например, великий князь Александр Михайлович, являвшийся «шефом» авиации, прикидываясь рачительным хозяином, требовал прекратить выпуск самолетов «Илья Муромец», а деньги, отпущенные на их постройку, употребить на закупку самолетов за границей. Сиятельного невежду несколько не смущало то обстоятельство, что ни одному из зарубежных самолетов не были посильны те боевые задачи, которые мог выполнять «Илья Муромец»; вкупе с некоторыми царскими генералами он утверждал, что тяжелые бомбардировщики не найдут применения на войне.

В 1910—1914 гг. русская военная авиация начала приобретать и первоначальные организационные формы. Сначала авиационные части формировались под руководством ведавшего всеми вопросами военного воздухоплавания Главного инженерного управления Военного министерства. В 1911 г. была закончена разработка положения об авиационной службе, штате и табели имущества авиаотряда. Штатом предусматривалось, что авиаотряд должен иметь шесть самолетов (4 действующих и 2 запасных), шесть летчиков, трех механиков, шесть мотористов, двух телеграфистов и несколько рядовых. Всего 38 военнослужащих. Предполагалось в первую очередь сформировать авиаотряды при воздухоплавательных ротах в Киеве, Чите, Гродно и некоторых других местах, во вторую очередь — в Ковно, Брест-Литовске, Осовце и Севастополе.

Первый авиаотряд в России был сформирован 31 декабря 1911 г. при Сибирском воздухоплавательном батальоне. В июне 1912 г. был создан авиаотряд в Киеве при 7-й воздухоплавательной роте. Оба отряда получили самолеты во второй половине 1912 г. К 1 января 1913 г. Россия имела авиаотряды в Киеве, Ковно, Гродно, Карсе, Чите, Новогоргиевске, Осовце и с. Спасское (ныне г. Спасск).

Организационная структура управления авиаотрядами была чрезвычайно запутанной. Их техническим обеспечением занималась воздухоплавательно-автомобильная часть технического отдела Главного военно-технического управления; другие обязанности по руководству авиачастями лежали на отделе по устройству и службе войск Главного управления Генерального штаба. Такая же картина наблюдалась и в организации обучения летных кадров и в руководстве этим обучением. Военных летчиков готовили: Севастопольская авиационная школа отдела Воздушного Флота¹ и созданная весной 1914 г. на базе авиационного отдела Офицерской воздухоплавательной школы Гатчинская школа военных летчиков. В то же время при Петербургском политехническом институте были организованы теоретические курсы авиации. Кроме того, существовали гражданские школы пилотов-авиаторов при аэроклубах и воздухоплавательных обществах в Петербурге, Москве, Одессе, Киеве, выпустившие до начала первой мировой войны в общей сложности около 150 пилотов. Среди пилотов гражданских школ было много офицеров, ставших впоследствии военными летчиками.

К началу первой мировой войны русская армия имела 39 авиаотрядов и шесть авиарот, на вооружении которых состояло 224 самолета. Кроме них на складах и в школах находилось 39 самолетов. Это были «Ньюпор-4», «Фарман-16», «Фарман-22» и «Илья Муромец». На самолетах стояли двигатели мощностью 70, 80 и 150 л. с. Скорость самолетов не превышала 90—100 км/ч. Самолеты русских конструкторов, имевшие лучшие летно-технические данные, строились лишь в опытных образцах и

¹ Особый комитет по усилению военного флота на добровольные пожертвования. При этом комитете в январе 1910 г. был учрежден отдел Воздушного Флота по сбору пожертвований на развитие военной авиации.

в серийное производство не принимались (кроме самолёта «Илья Муромец»).

К этому же времени во Франции имелось 18 авиационных центров (баз), оборудованных аэродромами, ангарами, мастерскими и складами, на которых располагалось 25 эскадрилий, имевших в своем составе 156 самолетов, пригодных к эксплуатации. Германия к началу первой мировой войны имела 41 авиаотряд с общим количеством 232 самолета. Форсировала развитие своей военной авиации и Великобритания. В 1913 г. она обладала 130 самолетами и 240 военными летчиками. Создавали также военную авиацию Италия (около 70 самолетов) и Австро-Венгрия (65 самолетов). Летно-технические данные самолетов этих стран были примерно такие же, как и у самолетов русской авиации. Однако наличие в составе последней воздушных кораблей «Илья Муромец» резко выделяло ее в лучшую сторону. Кроме того, строившиеся на русских предприятиях по лицензиям самолеты «Фарман» и «Ньюпор», как правило, улучшались русскими инженерами.

В ту пору авиация организационно еще не сформировалась в самостоятельный род войск. Она не подразделялась также и по видам боевого применения (разведчики, истребители, бомбардировщики, корректировщики). В большинстве стран авиация входила в состав инженерных или технических войск и считалась главным образом средством разведки и связи.

Война связала жизнь Виктора Сергеевича Кулебакина с авиацией.

По окончании МТУ как одаренный инженер он был оставлен в училище. Ему, окончившему этот довольно сложный политехнический вуз с золотой медалью, уже прочили профессорскую должность. Однако разразившаяся первая мировая война круто изменила его жизнь, как она изменила ее и у десятков миллионов людей по обе стороны линии фронта, протянувшегося от Финляндии до Турции. Мысль о научной подготовке пришлось оставить. В октябре 1914 г. Кулебакина призвали в армию. Как представителя весьма редкой по тому времени профессии «инженер» его назначили в авиационные войска. Первое время Кулебакин занимался сборкой и ремонтом авиационных моторов. Виктор Сергеевич этим не ограничивался, он усердно штудировал нехитрые (естественно,

по нынешним меркам) правила воздухоплавания, делал небольшие подлеты над аэродромом. Вскоре он успешно окончил Гатчинскую школу пилотов, получил «Права пилота-авиатора» (свидетельство № 292 от 30 сентября 1915 г.) и стал одним из первых военных летчиков нашей страны.

Виктор Сергеевич неоднократно вспоминал эпизод, происшедший с ним на Юго-Западном фронте.

«В конце лета довелось мне перегонять „ньюпоры“ с аэродрома подо Львовом верст за сто — сто пятьдесят. Самолеты, или, как их тогда называли, „аэропланы“, были английского производства, и у них нередко барахлил мотор. Так что любой перегон был одновременно и испытательным полетом. Особенно часто отказывала система зажигания — магнето. Поэтому я ничуть не удивился, когда механик перед взлетом принес мне парочку свечей зажигания: „Возьмите на всякий случай. Авось, пригодится...“

Взлетел. Дал круг над аэродромом. Смотрю, механик что-то машет внизу, не разобрать. Тоже помахал рукой... Все полеты были „бреющими“, или „стригущими“. И день выдался тогда преотличный, „хрустальный“. На закате лета такие бывают. Видимость, как говорят пилоты, „миллион-на-миллион“, без дымки. Под крылом медленно проплывают перелески, жнивье, деревушки с черепичными крышами. В поле крестьяне скирдуют сено. Кажется — никаких следов войны. Ан — нет, то там, то здесь видишь несжатую полосу. В поле все больше белеют женские косынки: не хватает мужских рук. Пролетаешь над ними — разогнут на минутку спины, обернутся на звук моей воздушной таратайки, приставят ладонь от солнца. И снова за работу.

...Закладываю виражи, неглубокие, конечно. Самолет повинуется легкому повороту руля. Настроение преотличное. Набегающий поток воздуха доносит аромат лугов, скошенного сена. Кажется, во всем гармония и даже какая-то идиллия. И душу переполняет ощущение какой-то легкости, восторга, волнующего ожидания чего-то хорошего. ...И тут словно качнуло меня нисходящим потоком от ельника. Зачихал мотор. Туда-сюда акселератором — никакого результата. Запахло дьявольской „казанской смесью“, которой мы из-за недостатка бензина заправляли моторы. Делать нечего, надо садиться. Конеч-

но, проблема выбора посадочной площадки — не та, что у реактивного истребителя. Но все же нужны глазомер и реакция.

Планирую на луг в стороне от ржаного поля. По инерции пробежал мой „ньюпор“ весь луг, носом вошел в пшеничное поле. Рубанул винт пару раз тугие колосья и остановился. И сразу же тишина. Кузнечики стрекочут. Вспыхивают на солнце крылышки стрекоз.

Стал копаться в моторе. Так и есть, свеча одна покрылась нагаром, на корпусе „цветы победности“. Заменил, но старую не выбросил, сунул в карман кожаной куртки.

А на лугу цветов — просто диву даешься. Колокольчики, васильки, кашка, ромашка. Наклонился и стал собирать букет. Отхожу от самолета все дальше. Смотрю, из-за холма что-то блеснуло. Раз, другой. Присмотрелся: это косари мне навстречу спешат. В основном женского пола. Обрадовался было. Да только вид у них чересчур воинственный. И косы держат как пики. Впереди одноглазый гигант в выцветшем бархатном картузе.

— Вот он,— злобно так говорит и на меня вилами тычет,— германский шпион!

Я даже от неожиданности букет уронил. А кругом широкоплечие бабы нахохлились, губы сжаты, косынки на нос надвинуты. Одна голенастая, побойчее, выступает:

— Наши в окопах гниют, а он для своей мамзели цветики собирает!..

Тут я немного в себя пришел:

— Русский я! — говорю.— Пилот!.. — и на свой аэроплан показываю. А на нем, как на грех, еще английские опознавательные знаки. Союзников „подарочек“.

— Пилот, а цветочки рвет! — забазарила опять голенастая.

По-видимому, в ее голове никак не укладывалась сама возможность подобного сочетания.

— Шпион германский! — несетя со всех сторон.

Сильна была в то время вера в вездесущих шпионов и лазутчиков. Все неудачи на фронте легко было списывать на их счет. И невдомек было многим, да и мне в том числе, что главный обер-шпион сидит в самом Генеральном штабе. Уже много позже узнали мы, что военный министр Сухомлинов продавал важнейшие военные секреты чуть ли не самому кайзеру, срывал и без того

скудные поставки на фронт оружия и боеприпасов, пытался прикрыть выпуск уникальных по тому времени русских бомбардировщиков „Илья Муромец“. Но все это стало ясно потом. А тогда, как сейчас вижу: идет на меня одноглазый с вилами наперевес. Глаз кровью налился. Прямо-таки ослеп от злобы. А бабы все базарят: „Порешить его!“

Вытащил скоренько из внутреннего кармана документы.

— Вот мое удостоверение. Здесь все написано, что я русский пилот. Номер моего отряда...

Да где там, никто и не слушает! Тут один старичок, правда, засомневался:

— Может, и впрямь русский? И говорит по-нашему...

Но голенастая опять в крик:

— Какой русский?! Брешет он все! И рожа у него не наша!

И вся армада опять на меня наступает. Бабы косами перед собой мельтешат. Одноглазый верзила совсем рядом дышит, аж вспотел от ярости.

Страшное это дело — самосуд. Достаточно кровинки пролиться, как озвереют люди окончательно. Затопчут, заколют, разнесут на куски и не узнаешь, кто и начал. Ну, думаю, плохо дело. А у самого ни браунинга, ни ракетницы, чтоб пугануть. Сунул ненужное теперь удостоверение в боковой карман кожаной куртки. Чувствую: что-то мешает. Эге, да это электрическая свеча. Та самая, что в воздухе отказала. Выхватил ее, за кончик держу, как лимонку.

— Ложись! — кричу. — Сейчас взрыв будет!

И метнул свечу под ноги одноглазому. Тот так и грохнулся оземь. Бабы врассыпную. Особую прыть старичок развил, схоронился в канавке. А я — ходу до своего аэроплана. Влетел в кабину, как шаровая молния. Сижу, сквозь стеклянный козырек наблюдаю. А что сделаю? Взлететь сам не могу, даже укрыться, как сейчас, кабинным фонарем нельзя. Очнутся мои недруги и „порешат“ „нюпор“ вместе с его пилотом.

Чу!.. Слышу звон бубенцов. Из-за холма вынырнула таратайка. Пехотный офицер и еще двое в штатском. Видели, значит, как я снижался. Предъявил свое удостоверение. Офицер объяснил селянам, кто я есть. Удивительное дело: заулыбались. Подошли поближе, крылья

осторожно ощупывают. Помогли запустить мотор. Больше всех усердствовал одноглазый.

На остальной части маршрута так же мягко светило солнышко. От земли шел запах скошенного сена. Изумрудные луга медленно проплывали под крылом. Но ощущения прежнего восторга у меня уже не было...»².

На русско-германском фронте Виктор Сергеевич служил в 6-й роте VII корпусного авиаотряда рядовым вольноопределяющимся. Здесь он встретился с В. Г. Соколовым — одним из пионеров воздухоплавания, питомцем Севастопольской авиашколы. Случалось им вместе принимать новые аэропланы и сразу же после испытательных полетов перегонять на Юго-Западный фронт в район Жолкева, где дислоцировался XI авиакорпусный отряд. Командовал им популярнейший летчик того времени, основоположник высшего пилотажа Петр Николаевич Нестеров, выпускник той же Гатчинской авиашколы, которую Кулебакин окончил четырьмя годами позже него.

Каждый аэроплан был в ту пору буквально на вес золота. Поэтому Соколов не раз упрекал Кулебакина:

— Ну что вы, вольноопределяющийся, придираетесь? Второй аэроплан отказываетесь принять. Так не годится...

— Но ведь у него же не отрегулировано управление! — возражал Кулебакин. — У самой земли он начнет задирать нос.

— Так это же не худо: аэроплан быстрее уйдет в воздух.

— Не худо? — удивился Виктор Сергеевич. — Прошу посмотреть сюда...

И из папки извлекался бережно сложенный лист ватмана, обернутый в голубоватый пергамент, — график знаменитой «поляр» Жуковского.

— Вот смотрите. На взлете, когда еще скорость мала, угол атаки нельзя резко увеличивать. Иначе — срыв воздушного обтекания. Видите, как падает подъемная сила? — и Виктор Сергеевич плотнее прижимал пергамент к ватману.

Скрипучий голос несдававшегося Соколова возвращал на грешную землю:

— Все это теория. Если тянет нос, то в случае чего прижму коленом рычаг. И все дела.

² Наука и жизнь, 1976, № 12, с. 118—119.

— Коленом-то прижать можно. На взлете. А в бою?

Соколов, конечно, догадывался, на что намекал дотошный вольноопределяющийся. В отряде Нестерова числилось десять летчиков. Но два из них были «безлошадные» — повредили свои аэропланы. Разбил самолет — значит, выбыл из строя. Вдобавок поручик Гавин сбился с курса, сел, израсходовав бензин, в неприятельском расположении и вынужден был поджечь свой самолет. Поручик Мрачковский с наблюдателем Генерального штаба капитаном Лазаревым были сбиты во время разведки в глубоком тылу противника. Они вернулись на третьи сутки и привели с собой пленного австрийца. (Этот эпизод какой-то корреспондент «Нивы» по ошибке приписал Нестерову, что дало повод авторам его биографии повторить ошибку.)

На всю русскую армию запасной самолет был только у Нестерова. Он его получил в награду за знаменитую «мертвую петлю» и ряд блестящих перелетов перед самой войной. Причем подаренный самолет «Моран» имел скорость 135 км/ч, т.е. на 34 км/ч больше, чем «Ньюпор». По тому времени это считалось уже довольно большим достижением.

Так как у Нестерова было два самолета, то он считал своим долгом выполнять задания за двух летчиков и летал утром и вечером. Крепким здоровьем Нестеров похвастаться не мог и сильно уставал от большого нервного напряжения. Однажды, возвратясь с разведки, упал в обморок. В этот день он летал три раза. Несмотря на требование врача перестать летать минимум месяц, Нестеров после двух дней отдыха снова был в воздухе.

Когда он погиб, совершив первый в истории мировой авиации воздушный таран, некоторые газеты, особенно заграничные, характеризовали Нестерова как отчаянного человека, готового на что угодно, лишь бы прославиться. Эта характеристика ни в коей мере не соответствовала действительности. Нестеров, будучи новатором в области такого рискованного и, прямо скажем, небезопасного дела, как воздухоплавание (парашютов в ту пору у пилотов не было), каждое свое начинание долго вынашивал. Об этом прекрасно знал Кулебакин. Еще будучи студентом, он восхищался не только природной интуицией «рыцаря неба», но и его глубоким проникновением в суть аэродинамики, постановкой таких проблем, которые подчас приводили в

турик не только летных инструкторов, но и ученых. Нестеров доказывал, что в авиашколах курсантов обучают пилотажу неправильно, что для резкого крутого поворота надо давать гораздо больший крен. Если же крен перейдет 45 градусов, утверждал Нестеров, то рули поворота и высоты меняют свое назначение. Местному начальству подобные высказывания казались непозволительной ересью.

— А ведь прав поручик-то, — улыбаясь в густую бороду, говорил Жуковский на семинаре по теории воздухоплавания.

Виктор Сергеевич прикинул на нескольких аэродинамических моделях: точно, прав! Возникает эффект перекрестного влияния каналов. Когда продольная плоскость аэроплана «уходит» от вертикали, аэродинамические рули словно меняются местами³. Если пилот будет управлять по-прежнему, ему ни в коем случае не миновать катастрофы.

Виктор Сергеевич подробно расспрашивал Соколова, сослуживца Нестерова, о жарких дискуссиях по теории и практике полета, которые велись в офицерском собрании в Печерске (рядом с Киево-Печерской лаврой, где стояла авиарота). Особенно запомнились ему слова Нестерова о воздухе, как о рабочей среде воздухоплателя. «Военный летчик должен владеть своим аэропланом в совершенстве, — убежденно говорил Нестеров. — Ему во время войны придется вести воздушный бой, а для этого он должен уметь выходить из любого положения. В воздухе — везде опора!»

«В воздухе везде опора!» — эта фраза пришлась по душе профессору Жуковскому. Он любил, лукаво прищурясь, заканчивать ею доказательства далеко не простых законов аэродинамики.

На теоретических курсах авиации при МГУ, которые с увлечением посещали почти все студенты, обсуждалась еще одна идея «рыцаря неба» — возможность совершить на аэроплане «мертвую петлю». Горячо отстаивал эту идею и Виктор Сергеевич. Отстаивал, несмотря на почти единодушное недоверие бывалых авиаторов и насмешки

³ Речь идет о том ныне хорошо известном в аэродинамике факте, что газовые рули эффективно работают только при малых углах продольного и поперечного кренов летательного аппарата.

многих зарубежных авторитетов — теоретиков воздухоплавания.

И вот 27 августа 1913 г. в Киеве на Святошинском аэродроме русский военный летчик выполнил первую в мире «мертвую петлю», получившую впоследствии название «петля Нестерова». Значение «петли Нестерова» в высшем пилотаже огромно. Великий летчик нашего времени Валерий Чкалов писал: «Мы с любовью и гордостью вспоминаем славного русского летчика — капитана Нестерова. Его „мертвая петля“ стала достоянием многих советских авиаторов»⁴.

⁴ Шестерикова Л. Даты истории отечественной авиации и воздухоплавания. М., 1953, с. 62.

Глава третья

В Комиссии ГОЭЛРО

Победа Великой Октябрьской социалистической революции, создававшая благоприятные условия для расцвета науки и техники в нашей стране, обеспечила и огромные возможности для развития энергетики. Вот когда для Виктора Сергеевича Кулебакина открылась перспектива плодотворно проявить недюжинную энергию, знания и опыт.

Правда, реализовать эти возможности удалось далеко не сразу. В 1918—1920 гг., когда на фронтах гражданской войны не ослабевали схватки с белогвардейцами и интервентами, когда хозяйственная и транспортная разруха достигла высшего предела, темп жизни высшей школы, в том числе и МВТУ (с 1917 г. училище стало высшим), заметно снизился. В этих трудных условиях К. А. Круг совместно с профессором К. В. Киршем и В. С. Кулебакиным организовал при Московском политехническом обществе Тепловой комитет для оказания технической помощи народному хозяйству в обстановке обострившегося топливного голода. Комитет помогал в организации топливно-энергетических подстанций предприятиям, выполнявшим военные заказы или производившим особо важную для страны продукцию. Деятельность топливного комитета как общественной организации была весьма полезной, и ее поддерживали центральные органы по управлению промышленностью, объединенные в Высшем Совете Народного Хозяйства (ВСНХ).

Постепенно появляются некоторые возможности возобновить преподавание в МВТУ. Одно из первых постановлений Народного комиссариата просвещения потребовало продолжения работы высших учебных заведений. Высшая школа освободилась от ограничений, которые налагало на нее царское министерство народного просвещения. В новых условиях МВТУ было реорганизовано по факультетскому принципу, а преподавание на электротех-

ническом факультете (элфаке) стало вестись по разработанным в 1915 г. учебным планам. Первым деканом элфака был назначен К. А. Круг. В помощь ему для рассмотрения учебных планов по специальностям и программ были созданы цикловые комиссии. Одну из них возглавил В. С. Кулебакин. Организационная работа на элфаке развернулась весьма энергично, хотя факультет имел тогда еще очень мало студентов, причем большая часть их находилась на трех младших курсах, где преподавались только теоретические основы электротехники. Тем не менее создались трудности, так как часть преподавателей электротехнических предметов была привлечена к работам оборонного характера и не могла вести занятий.

Коренной перелом в жизни В. С. Кулебакина, в деятельности преподавательского состава элфака, как и вообще во всей энергетике, произошел в 1920 г., когда В. И. Ленин в числе первоочередных задач народного хозяйства молодой Советской республики выдвинул план электрификации всей страны.

В феврале 1920 г. под председательством Г. М. Кржижановского была создана Государственная комиссия по электрификации России (Комиссия ГОЭЛРО). Электрификация страны стала главным элементом единого хозяйственного плана. Особое внимание ей уделил проходивший в марте-апреле 1920 г. IX съезд партии. В состав комиссии вошли виднейшие отечественные инженеры-энергетики: И. Г. Александров, Е. В. Близняк, А. В. Винтер, А. А. Воронов, С. Д. Гефтер, Г. О. Графтио, Р. Э. Классон, А. Г. Коган, В. Ф. Миткевич, М. К. Поливанов, М. А. Шателен, К. И. Шенфер, Е. Я. Шульгин. К работе над планом было привлечено около 200 специалистов (инженеров, агрономов, экономистов и др.). Как один из крупнейших советских специалистов, в состав комиссии был введен К. А. Круг. Естественно, он сразу привлек к этой работе своего любимого ученика — В. С. Кулебакина. Тогда Виктор Сергеевич впервые встретился с Глебом Максимилиановичем Кржижановским, крупным ученым-энергетиком и обаятельным человеком.

Вся деятельность большого коллектива специалистов была спланирована так, что каждому его участнику предоставлялась полная возможность свободно выдвигать крупные технико-экономические вопросы государственного значения, всестороннее обсуждение которых проводилось

сначала по секциям комиссии, а затем, по мере накопления материала, на пленарных заседаниях. Это содействовало широкому проявлению творческой инициативы.

В. И. Ленин с первых же дней работы Комиссии ГОЭЛРО оказывал ей огромную поддержку. Он неоднократно принимал Г. М. Кржижановского, давал руководящие указания, направлял работу специалистов, всячески поддерживал их ценные предложения. Он лично просматривал и исправлял материалы комиссии перед их опубликованием, читал бюллетени ГОЭЛРО, рассматривал проекты электрификации отдельных районов.

Несмотря на загруженность работой чрезвычайной важности по руководству первым в мире пролетарским государством, Ленин тем не менее всегда находил время позаботиться и о бытовых нуждах работников комиссии. Такое исключительное внимание и заботливое отношение Ленина придавало каждому работнику комиссии еще больше энергии и сил для выполнения срочных и ответственных заданий партии и правительства. Благодаря умелому руководству Г. М. Кржижановского, Комиссия ГОЭЛРО работала дружно. Менее чем за один год все основные работы по составлению плана были в основном закончены.

План ГОЭЛРО состоял из двух программ — А и Б. Первая предусматривала наиболее рациональное восстановление и реконструкцию довоенного электрохозяйства, вторая — строительство новых электрических станций.

Программа Б плана ГОЭЛРО намечала сооружение крупных районных электростанций общей мощностью 1750 тыс. кВт (с учетом необходимой резервной мощности) и рабочей мощностью 1425 тыс. кВт. Установленная мощность 20 тепловых станций должна была составить 1110 тыс. кВт, а мощность 10 гидростанций — 640 тыс. кВт.

В полном соответствии с ленинскими принципами электрификации планировалось значительное опережение темпов ввода электроэнергетических мощностей. Так, если за 10—15 лет намечался общий рост промышленной продукции на 80—100% по сравнению с довоенным уровнем, то мощность электрических станций должна была возрасти за тот же период почти в 10 раз.

Весьма характерно, что план ГОЭЛРО обеспечивал равномерное, научно обоснованное распределение электростанций по территории Советской России. Большинство

их базировалось на местных энергетических ресурсах. Впервые в топливный баланс электростанций включались местные сорта углей (подмосковные, челябинские и др.), штыб, сланцы. Резко возрастало использование торфа, который служил топливной базой для пяти электроцентралей общей мощностью 170 тыс. кВт. Особое значение придавалось строительству гидроэлектрических станций, использующих богатейшие запасы водной энергии.

В плане ГОЭЛРО реализовался и другой ленинский принцип электрификации: концентрация мощностей электростанций и централизация энергоснабжения. Предполагалось сооружение ряда станций, которые по мощности превосходили бы наиболее крупные из дореволюционных, и объединение этих станций в одну энергетическую систему. На карте электрификации страны, составленной Комиссией ГОЭЛРО, были обозначены кругами границы распространения электроэнергии от каждой станции. Эти круги, находя один на другой, создавали единое электроэнергетическое кольцо, охватывающее своим влиянием основные районы страны.

План ГОЭЛРО был не только планом электростроительства. Это была грандиозная по тому времени программа электрификации страны в самом широком смысле этого слова. По существу это был план построения фундамента социалистического общества, реконструкции всего народного хозяйства на основе электрификации. «Никакого другого единого хозяйственного плана, кроме выработанного уже „ГОЭЛРО“, — говорил Ленин, — нет и быть не может»¹.

Виктор Сергеевич проделал в Комиссии ГОЭЛРО значительную работу. Им были составлены два обстоятельных доклада о характере и числе потребителей, или, как тогда говорили, приемников электрической энергии, для рудников Подмосковного угольного бассейна и для угольной промышленности Юга России². В них Кулебакин выдвигает первостепенной важности задачу сокращения

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 345.

² Перу В. С. Кулебакина принадлежит рукопись доклада «Электрификация каменноугольной промышленности», хранящегося в ЦГАНХ СССР и до сих пор не опубликованного. Этот доклад был представлен VIII Всероссийскому электротехническому съезду (1—10 октября 1921 г.) и заслушан наряду с докладами о топливоснабжении.

числа типов приемников электрической энергии для горной промышленности. Стандартизация электрических установок позволяет более рационально использовать машины и аппараты, значительно уменьшить эксплуатационные расходы, а значит, и стоимость добываемого продукта. Виктор Сергеевич выбрал мощности и типы электрических рудничных установок для подъема породы, материалов и людей, для откачки воды из шахт, вентиляции и освещения подземных выработок, транспорта для вывоза породы и материалов.

В докладе «Соображения о характере и числе приемников электрической энергии для каменноугольной промышленности Юга России» он осветил два основных вопроса: определение видов потребителей электрической энергии (по величине потребляемой мощности, режиму работы и пр.) в каменноугольной промышленности Донецкого бассейна и установление потребной мощности и расхода электрической энергии, а также выявление установок, которые следовало электрифицировать. Помимо этого, он высказал соображения о механизации некоторых работ и об улучшении условий труда в шахтах на основе применения электрической энергии. Мощность электродвигателей, обслуживающих рудничные подъемники, намечалась 38 тыс. кВт, водоотлива — 26 тыс. кВт, вентиляторов — 11 тыс. кВт и транспортных средств — 46 тыс. кВт.

Заслуживает внимания раздел доклада Кулебакина о механических способах разработки угля. В Донецком бассейне в зависимости от способа разработки применялись самые разнообразные машины: врубовые, бурильные, перфораторы и др. В 1914 г. там имелось 44 режущих врубовых машины, из которых две были пневматические и 7 перфораторов. Учитывая производительность врубовых машин тяжелого типа и полагая, что при сплошной разработке пластов подготовительная работа и нарезка профилированных угольных столбов составляют 35% времени всей добычи угля, Виктор Сергеевич определил, что при помощи 224 врубовых машин в Донбассе в год можно добыть до 900 млн. пудов угля, а имея 1600 врубовых машин ударного типа — около 1110 млн. пудов. Для обслуживания компрессора машины тяжелого типа требуется электродвигатель мощностью 250 кВт, а для одновременного обслуживания 105 пневматических машин удар-

ного действия — компрессор с двигателем 75 кВт. Исходя из этого, Кулебакин определил, что в Донбассе должно быть 1285 электродвигателей для механических орудий разработки угля с общей мощностью 46 750 кВт, а для обслуживания действовавших на шахтах компрессоров — 58 электродвигателей общей мощностью в 3425 кВт.

По данным на 1914 г., Донбасс имел 142 механические сортировки производительностью 940,5 млн. пудов в год, 111 из них приводились в действие электродвигателями общей мощностью 2671 кВт. На крупных предприятиях сортировка была электрифицирована. По мнению Кулебакина, ее следовало электрифицировать на рудниках, годовая производительность которых не превышала 5 млн. пудов в год, на небольших шахтах для разделения угля по сортам можно было применять обыкновенные подвижные грохоты. Чтобы полностью электрифицировать существовавшее в Донбассе механическое оборудование, Виктор Сергеевич считал достаточным иметь 31 электродвигатель по 5 кВт каждый.

Еще большее значение электрификация приобрела в брикетном производстве. В 1914 г. брикетными фабриками располагали пять угольных и одно антрацитовое предприятие бассейна. На них работало 17 прессов с возможной годовой производительностью 47 млн. пудов. В докладе Кулебакина приведены расчеты потребной мощности электродвигателей по восьми брикетным фабрикам с 13 прессами производительностью от 5 до 16 т в час.

Свой доклад Виктор Сергеевич заканчивает разделами об освещении подземных выработок и рабочих поселков. Им впервые была составлена общая сводка по мощности всех моторов, электровозов и источников света для Донецкого бассейна.

При составлении записки в Комиссию ГОЭЛРО действительная добыча Донецкого бассейна предполагалась 2 млрд. пудов в год, и все расчеты В. С. Кулебакина сделаны исходя из этого объема производства. Если же при проведении полной электрификации добыча угля к 1930 г. достигнет 3 млрд. пудов в год, то установленная мощность всех приемников, по мнению В. С. Кулебакина, может быть определена около 340 тыс. кВт.

Комиссия ГОЭЛРО отмечала, что наличие густой сети рудничных и заводских станций в районах Юзово-Ма-

Кеевском, Алчевско-Марьевском и Центральном позволяет немедленно приступить к объединению их в общую сеть. Одновременно она считала необходимым приступить к сооружению временной станции мощностью 8—10 тыс. кВт в месте, намеченном для антрацитовой станции, и подготовить постройку постоянной районной станции. По мере увеличения нагрузок на антрацитовую станцию и восстановления промышленности предполагалось построить станцию в Лисичанском районе.

Далее в плане ГОЭЛРО в зависимости от развития новых угольных районов — Гришинского и Белокалитвенского — и осуществления электрификации железнодорожной магистрали Кривой Рог — Царицын проектировалось построить Гришинскую и Белокалитвенскую районные станции с соответствующим развитием линий электропередач. Кулебакину надо было увязать мероприятия по плану ГОЭЛРО с теми социально-экономическими сдвигами, которые происходили в этом регионе.

Таким образом, молодая Советская республика делала в 1920 г. все необходимое для восстановления в Донбассе угольной промышленности, перед которой встала задача в кратчайший срок довести добычу угля до довоенного уровня. В первую очередь необходимо было привлечь на шахты рабочих, мобилизованных в армию, ушедших в партизанские отряды или бежавших из Донбасса от белого террора, голода, холода и тифа. Из-за отсутствия рабочих многие шахты не работали; значительная часть шахт была затоплена. Хозяйственное состояние Донбасса было настолько тяжелым, что в целях восстановления добычи угля считалось возможным временно передать его в концессию.

После изгнания из Донбасса белогвардейцев и интервентов Первая Армия была реорганизована в Украинскую трудовую армию. Именно ей и предстояло восстановить железнодорожные станции, мосты и жилища, разрушенные во время боев. Совет Украинской трудовой армии создал Комиссию по электрификации Украины (КЭУ), которая приступила к составлению плана работ, чтобы представить его VIII Всероссийскому электротехническому съезду. В состав комиссии вошел и командированный в Донбасс Кулебакин.

Виктор Сергеевич рассчитал мощность всех электростанций, связанных с работой металлургических заводов,

коксовых печей и химических заводов. К сроку, когда в Донбассе угольная промышленность достигнет производительности 3 млрд. пудов топлива в год, а выплавка чугуна на южных заводах подымется до 300 млн. пудов, эта мощность, как считалось ранее, должна была составить 370 тыс. кВт при предполагаемом производстве электрической энергии 3 млрд. кВт·ч в год. Однако Кулебакин, приняв во внимание успехи машиностроения в области тепловых двигателей, показал, что мощность 370 тыс. кВт была преуменьшенной. В результате общая мощность всей сети комбинированных электрических станций стала намечаться 740 млн. кВт при предполагаемом производстве ими энергии 4,5 млрд. кВт·ч. Предварительные подсчеты КЭУ потребной электрической энергии для обслуживания промышленных и хозяйственных нужд народного хозяйства показывали, что при такой мощности станции могут полностью удовлетворить все прилегающие к ним районы, причем часть электрической энергии может остаться свободной и послужит резервом для днепровских гидроэлектрических установок.

По мнению Кулебакина, при рациональном ведении хозяйства в Донецкой области имелись большие возможности для получения сравнительно дешевой электрической энергии. Исходя из этого, комиссия сделала вывод, что масштаб строительства электростанций в течение ближайших десятилетий будет определяться не недостатком топлива для питания станций, а неуклонным ростом его потребления.

В. И. Ленин систематически следил за возрождением горнотопливной промышленности, начавшимся в 1920—1921 гг., и отмечал каждый новый шаг, каждый скромный успех в восстановлении Донбасса. В письме горнякам Петровского куста 25 мая 1921 г. он писал: «Тов. Межлаук передал мне о большом успехе вашей работы за апрель месяц 1921 года: на забойщика по 294 пуда при 291 пуде в 1914 г. Шлю товарищам горнякам поздравление с редким большим успехом и самое лучшее приветствие. С такой работой мы все трудности преодолеем и электрифицируем Донбасс и Криворожский район, а в этом все»³.

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 43, с. 294.

План ГОЭЛРО определил магистральные пути развития электрификации Донбасса. В Постановлении Совета Труда и Оборона от 1 июля 1921 г. о плане государственного электростроительства на 1921 г., принятом на заседании под председательством В. И. Ленина, было подчеркнуто, что работы по электрификации имеют важное государственное значение для восстановления и развития народного хозяйства. В этом постановлении были намечены также неотложные меры по электрификации Украины. Во второй половине 1921 г. предполагалось начать сооружение государственной районной электростанции в Донецком бассейне — в Штеровке. По рекомендациям Кулебакина проектировалась и Государственная Днепровская гидроэлектростанция, причем близ г. Александровска намечалось построить вспомогательную тепловую станцию на 10 тыс. кВт. Были намечены и другие подготовительные работы, соразмерные возможностям удовлетворения кадров продовольствием из местных ресурсов.

Сообщение о плане ГОЭЛРО было включено в программу VIII Всероссийского съезда Советов, который состоялся в Москве 22—29 декабря 1920 г.

В. И. Ленин принимал непосредственное участие в подготовке доклада Комиссии ГОЭЛРО к съезду. План ГОЭЛРО был издан отдельной книгой и роздан делегатам съезда. По существу это научный труд объемом 672 страницы. Один экземпляр его был получен и В. С. Кулебакиным. Сейчас он хранится в Музее истории Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского.

Саму книгу «План электрификации РСФСР. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России» В. И. Ленин оценил «как первый набросок, который перед всей Россией встанет, как великий хозяйственный план, рассчитанный не меньше чем на десять лет и показывающий, как перевести Россию на настоящую хозяйственную базу, необходимую для коммунизма»⁴.

Выступая с отчетным докладом о деятельности Совнаркома, Владимир Ильич подробно остановился на характеристике плана ГОЭЛРО. «На мой взгляд, это — наша вторая программа партии, — говорил он. — <...> Наша про-

⁴ Там же, т. 42, с. 158.

грамма партии не может оставаться только программой партии. Она должна превратиться в программу нашего хозяйственного строительства, иначе она не годна и как программа партии. Она должна дополниться второй программой партии, планом работ по воссозданию всего народного хозяйства и доведению его до современной техники. Без плана электрификации мы перейти к действительному строительству не можем»⁵.

Электрификация страны, говорил Ленин, позволит подорвать корни капитализма, который держится на мелком крестьянском хозяйстве, и «перевести хозяйство страны, в том числе и земледелие, на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства. Такой базой является только электричество.

*Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны»*⁶.

Затем с подробным докладом о плане электрификации России на съезде выступил Г. М. Кржижановский. Его доклад сопровождался демонстрацией большой электрифицированной карты-схемы, на которой путем включения разноцветных ламп показывалось постепенное строительство различных типов электрических станций. Кстати, чтобы обеспечить электроэнергией эту карту-схему, пришлось временно отключить от электросети несколько правительственных учреждений.

Доклады В. И. Ленина и Г. М. Кржижановского были заслушаны делегатами и гостями съезда с большим вниманием и воодушевлением. «Оба доклада,— вспоминал много лет спустя В. С. Кулебакин,— часто прерывались бурными аплодисментами, а окончание их вызвало длительную овацию и искренние приветствия великому вождю.

...Я получил возможность в качестве гостя присутствовать на съезде и был свидетелем блестящих выступлений Ленина и его соратника Г. М. Кржижановского. Я впервые увидел и услышал Владимира Ильича, и день моего пребывания на съезде в Большом театре на всю жизнь останется для меня незабываемым»⁷.

VIII Всероссийский съезд Советов одобрил план ГОЭЛРО. Однако В. И. Ленин указал, что его надо до-

⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 157.

⁶ Там же, с. 159.

⁷ Вестник Академии наук СССР, 1960, № 4.

полнить, развивать дальше, исправлять и применять к жизни на основании указаний практического опыта. Это означало, что над планом ГОЭЛРО следовало еще работать. Поэтому Комиссия ГОЭЛРО обратилась к широким кругам технической общественности и местным работникам с просьбой тщательно изучить план и дать свои предложения, особенно по тем его разделам, которые касались их районов. Придавая большое значение привлечению энергетической общественности к этой работе, В. И. Ленин подписал 21 февраля 1921 г. следующее постановление Совета Народных Комиссаров:

«Во исполнение резолюции VIII съезда Советов Совет Народных Комиссаров постановил:

1. В целях всестороннего обсуждения технико-экономических вопросов, связанных с осуществлением плана электрификации России, а также привлечения широких народных масс к активному участию в делах электрификации народного хозяйства созвать не позже 1 апреля 1921 г. в Москве VIII Всероссийский электротехнический Съезд...»⁸.

Съезд открылся 1 октября 1921 г. в Москве в здании Политехнического музея. На него съехалось более 1300 человек из 102 городов, причем наряду с видными учеными и инженерами присутствовали также передовые рабочие. Почетным председателем съезда единодушно был избран Ленин. Не имея возможности принять участие в работе съезда, Владимир Ильич направил в его президиум следующее письмо:

«Крайне сожалею, что мне не удалось лично приветствовать съезд.

О значении книги «План электрификации» и еще более самой электрификации мне доводилось высказываться не раз. Крупная машинная промышленность и перенесение ее в земледелие есть единственная экономическая база социализма, единственная база для успешной борьбы за избавление человечества от ига капитала, от избиения и калечения десятков миллионов людей для решения вопроса, будет ли иметь перевес в разделе земли хищник английский или немецкий, японский или американский и т. п.

⁸ Бюллетени Организационного комитета VIII Всероссийского электротехнического съезда. Бюллетень № 1. Пг., 1921.

Рабоче-крестьянская советская республика начала систематическую и планомерную электрификацию нашей страны. Как ни скудно, как ни скромно наше начало, как ни невероятно велики трудности этого дела для страны, которую разорили помещики и капиталисты 4-летней империалистской и 3-й летней гражданской войной, для страны, которую подкарауливает буржуазия всего мира, желая раздавить ее и превратить в свою колонию, как ни мучительно медленно идет вперед электрификация у нас, а все же она идет вперед. При помощи вашего съезда, при помощи всех электротехников России и ряда лучших, передовых ученых сил всего мира, при героических усилиях авангарда рабочих и трудящихся крестьян мы эту задачу осилим, мы электрификацию нашей страны создадим.

Приветствую VIII Всероссийский съезд электротехников и желаю ему всяческого успеха в его работах.

Председатель Совета Народных Комиссаров

В. Ульянов (Ленин)»⁹.

Кулебакину довелось принять участие в работе этого съезда и выступить по вопросам электрификации угольной промышленности. Виктор Сергеевич имел возможность непосредственно наблюдать тот большой интерес, внимание и серьезное отношение, которые проявляли все делегаты съезда к плану ГОЭЛРО, к его рассмотрению во всех деталях. На съезде было сделано много весьма ценных замечаний и предложений.

Съезд отметил, что «план электрификации Государственной комиссии по электрификации России, объединившей для работы лучшие научные и технические силы страны, в общем и целом является правильной схемой, по которой должно строиться государственное плановое хозяйство. Съезд, придавая особое значение развитию добывающей промышленности, признает, что предложенную ГОЭЛРО сеть районных станций следует рассматривать как основную»¹⁰.

Большую роль сыграл съезд и в уточнении плана ГОЭЛРО на основе учета специфики районов, достиже-

⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 44, с. 135—136.

¹⁰ Труды VIII Всероссийского электротехнического съезда в Москве 4—10 октября 1921 года. Вып. 1. Резолюции съезда. М., 1922.

ний науки и техники, опыта лучших специалистов. Своими статьями и докладами участники съезда способствовали также пропаганде величественного плана электрификации страны.

В. И. Ленин, очень высоко оценивая результаты работы VIII Всероссийского электротехнического съезда, писал (имея в виду план ГОЭЛРО), что этот съезд «дал серьезнейший и богатейший материал», обеспечил «проверку лучшими техническими и научными силами России того плана, который является единственно научно проверенным, кратчайшим и ближайшим планом для восстановления нашей крупной промышленности...»¹¹

Выдвигая на VIII Всероссийском съезде Советов задачи хозяйственного строительства, В. И. Ленин подчеркивал неотложность восстановления Донбасса. «Донецкий бассейн,— говорил он,— одна из крупнейших баз, уже в нашем распоряжении. Мы можем найти в протоколах Совнаркома и Совета Обороны постановления, касающиеся Донбасса. В них речь идет о посылке на места высших авторитетных комиссий, которые объединяют представителей центральной власти и работников на местах. <...> Вы увидите результаты работы этих комиссий, которые будут нами и в дальнейшем также организовываться»¹².

Кулебакин участвовал в одной из таких комиссий. Она обследовала 81 электрическую станцию Донецкого бассейна с установленной мощностью генераторов 89 740 кВт. По данным комиссии, рудничные силовые установки вместе с электрическими станциями крупных металлургических заводов (Петровского, Макеевского, Юзовского, Кадиевского, Дюмо) и станцией Лисичанского содового завода, находившимися в местах расположения рудничных предприятий, обслуживали 160 шахт, т. е. 36% общего числа шахт, из которых 50 шахт, или 31%, были электрифицированы полностью, 70 шахт, или 44%, электрифицированы полностью, за исключением рудничных подъемников; 40 шахт, или 25%, частично электрифицированы. 35% силовых станций Донецкого бассейна имели небольшую мощность — от 100 до 500 кВт.

Одна из главных задач обследования комиссией с участием Кулебакина состояла в том, чтобы отобрать из дей-

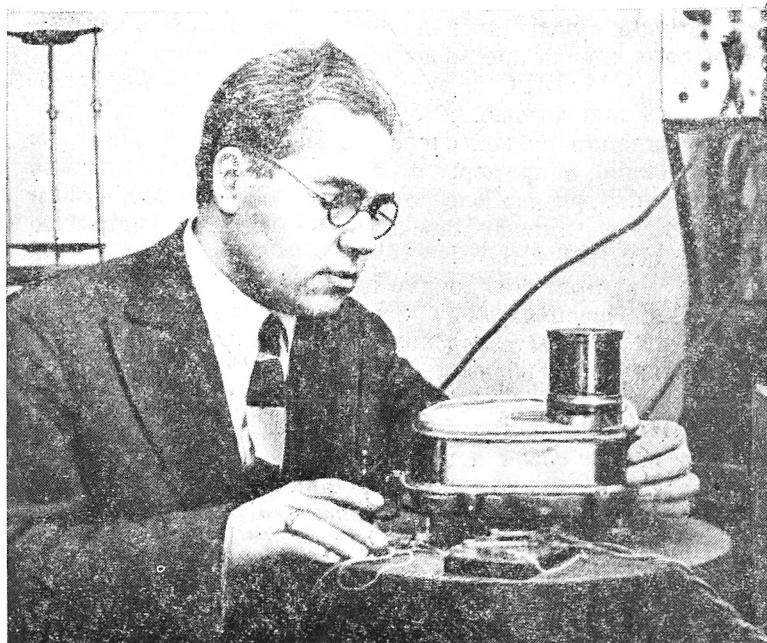
¹¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 44, с. 316.

¹² Там же, т. 42, с. 151—152.

ствовавших станций наиболее работоспособные, создать из них питательные (генераторные) станции для «колец» и «кустов», затем установить, какова будет нагрузка этих станций, и в зависимости от последней решить, каким дополнительным оборудованием следует снабдить генераторные станции на рудниках.

Для определения настоящей и будущей суммарной нагрузки генераторных станций была установлена мощность всех фактически работавших в шахтах и на поверхности моторов. Комиссия выявила также, в какой степени они загружены, после чего вывела коэффициент нагрузки для каждой шахты. Зная максимальную нагрузку каждой станции, она вычислила коэффициент одновременности работы. Так, на обследованных шахтах «Донугля» мощность действовавших электродвигателей составляла 35 822 л. с., а паровых двигателей — 25 158 л. с. Из 85 шахт «Донугля» были полностью электрифицированы 24 (28%); на 30 шахтах (35%) не были электрифицированы только рудничные подъемники; 21 шахта электрифицирована частично и 10 шахт не имели электричества.

Надо сказать, что «кустование» электростанций Донбасса, которое было положено Кулебакиным в основу проекта, намечалось еще в 1917 г. Идея «кустования» при электрификации всего бассейна, создания энергетической системы из заводских и районных электростанций, объединенных между собой линией передачи напряжением 10 кВ, красной нитью проходит через весь доклад В. С. Кулебакина. Это была прогрессивная, подкрепленная точными экономическими расчетами стратегия электрификации. Дело в том, что на угольных станциях Донбасса в то время превалировало напряжение 3000—3300 В. Такое напряжение имели большинство станций Юзово-Макеевского района и все станции Центрального района. В Алмазно-Марьевском районе напряжения большинства станций достигло 2100—2500 В. На многих станциях стояли турбогенераторы и котлы сравнительно высокого давления: в Юзово-Макеевском районе — четыре турбогенератора по 2000, три по 1550, четыре по 1000, один 700, три по 400 кВт и четыре пародинамо от 230 до 500 кВт, в Алмазно-Марьевском — один турбогенератор 2000, три по 1150 и один — 1000 кВт, на одной из станций района стояли две крупные пародинамо (по 1370 кВт), ос-



*За настройкой электроизмерительной аппаратуры
для лабораторного эксперимента*

тальные шесть паровых машин имели мощность от 250 до 430 кВт, Центральный район располагал одним турбогенератором мощностью 1600, двумя по 1250, одним 750 и двумя по 600 кВт и тремя пародинамо по 380 кВт каждая. Кулебакин составил перечень 20 электрических станций этих районов с указанием их мощности и напряжения. Свои соображения Виктор Сергеевич доложил К. А. Кругу, который высоко оценил работу, сделанную его учеником. «В зависимости от разрешения вопроса, — было позже записано в плане ГОЭЛРО, — на какие предприятия следует прежде всего направить электрическую энергию от указанной выше группы станций, должен быть разрешен вопрос о том, какие из станций должны быть объединены и работать на общую сеть»¹³. Та-

¹³ План электрификации РСФСР. 2-е изд. М., 1955, с. 448.

ким образом кулебакинская идея «кустования» энергоисточников начинала претворяться в жизнь.

В плане ГОЭЛРО приводится также «Предварительная схема использования существующих установок для электрификации первой очереди Донецкого бассейна», из которой видно, например, что в Юзово-Макеевском районе расположены три наиболее мощные станции: 4850, 4750 и 4000 кВт, а в Алмазно-Марьевском — станции мощностью 3880, 2740 и 1230 кВт.

Идею «кустования» горячо поддержали многие видные электрики. Предполагалось, что осуществление схемы параллельной работы заводских и районных станций позволит наилучшим образом разрешить вопрос о взаимоотношении различных источников энергии в Донецком бассейне. Параллельная работа нескольких станций, соединенных между собой линиями, на которых находятся и потребители энергии, даст возможность в случае необходимости перемещать резервы электрической энергии с одной станции на другую.

Большой интерес с точки зрения методологии планирования и организации энергетики Южного района представляют выполненные В. С. Кулебакиным инженерно-технические расчеты условий, при которых выгодна передача электрической энергии с гидравлической станции на Днепре в Гришино (Донецкий бассейн). В основу расчетов положены следующие предположения: напряжение передачи 110 тыс. В, линия передачи двойная, протяженностью 180 км — $2 \times 3 \times 95$ кВ. Расчет стоимости передачи произведен в двух вариантах: при наличии синхронных конденсаторов в конце линии (Гидравлическая станция — Гришино) и без них. Это была первая, пожалуй, попытка объединить энергосистемы Донбасса с будущей ГЭС на Днепре. Зарождалась тогда и идея связи Донбасса с Днепропетровским комбинатом.

Весьма ценным в докладе В. С. Кулебакина был список крайне необходимых элементов оборудования электрических станций для обслуживания Южного района. Впоследствии он был полностью принят Комиссией ГОЭЛРО.

В результате творческой разработки Виктором Сергеевичем совершенно новых вопросов электроэнергетики в утвержденном плане ГОЭЛРО о кустовании электростанций Донбасса было сказано: «Наличие большого числа

станций на угольных рудниках и металлургических заводах, расположенных на сравнительно близких друг от друга расстояниях в некоторых районах Донецкого бассейна, как, например, в Юзово-Макеевском, Алмазно-Марьевском и Центральном, дает возможность, не прибегая к их коренному переустройству, объединить их работу на общую сеть, что позволяет, во-первых, распространить действие общей сети на весь район для снабжения ныне еще не электрифицированных рудников и для усиления еще недостаточно оборудованных; во-вторых, путем комбинации имеющихся на станциях резервных машин увеличить общую рабочую мощность на 25/30%»¹⁴.

В. С. Кулебакин внес также большой вклад в исследование и разработку проблем электрификации угольной промышленности Центрально-промышленного района.

План ГОЭЛРО намечал довести добычу угля в Подмосковном бассейне до 250—300 млн. пудов в год. Это было возможно только при условии электрификации шахт и транспорта внутри бассейна. В плане отмечалось, что для полной электрификации добычи угля и местного транспорта потребуется до 15 тыс. кВт электроэнергии, которую следовало распределить между Тульским, Епифанским и Скопинским уездами.

25 мая 1920 г. Виктор Сергеевич представил в Комиссию ГОЭЛРО доклад «Выбор и стандартизация электрических установок для рудников Подмосковного бассейна». В этом исследовании применяется и развивается по существу та же методика инженерно-технических расчетов, что и в работе об электрификации угольных шахт Донбасса.

Кулебакин особо останавливается на актуальной задаче — повышении производительности шахт. Известно, что производительность шахт Подмосковного бассейна тогда колебалась от 0,25 до 2,5 млн. пудов в год, в то время как их техническое состояние позволяло добывать 1—4 млн. пудов. При внедрении механических способов разработки угля и улучшении технического оборудования рудников производительность шахт, по мнению Кулебакина, могла достигнуть в среднем 5 млн. пудов в год при суточной добыче около 20 тыс. пудов.

¹⁴ План электрификации РСФСР. 2-е изд., с. 427.

В докладе приведены подробные данные, характеризующие шахтный подъем и мощность, развиваемую электромотором при максимальной скорости движения клетки. Рассматривая различные способы передвижения подъемных средств, Кулебакин показывает преимущество асинхронного или коллекторного двигателя для привода подъемных рудничных машин. В докладе говорится о шахтных водоотливных машинах, приводимых в действие с помощью паровых насосных установок. Виктор Сергеевич рекомендовал при условии применения электричества в качестве движущей силы для всех рудничных установок использовать в качестве водоотливных машин центробежные насосы.

В коях и рудниках, которые естественным путем проветриваются недостаточно, Кулебакин считал необходимым установить искусственную вентиляцию с помощью сильных непрерывно действующих и вполне безопасных механизмов или с помощью вентиляционных печей.

Самостоятельный раздел доклада посвящен выбору рода тока и напряжения для приемников электрической энергии. Для рудников Подмосковского бассейна наиболее приемлемым Кулебакин считал трехфазный переменный ток. Что же касается его напряжения и частоты, то в этом случае Кулебакин руководствовался правилами, согласно которым должны производиться широкая нормализация и упрощение в области электрической промышленности.

В третьем разделе доклада определено число приемников электрической энергии в Подмосковном бассейне, достаточное для добычи 250 млн. пудов угля в год. В таблицах, составленных Виктором Сергеевичем, сопоставлены данные относительно необходимого резерва оборудования приемников электрической энергии. Мощность всех приемников намечалась 5119,5 кВт (причем на долю силовых установок отводилось около 74% ее), число двигателей — 1293, вместе с запасными — 1838. Приняв за размеры годовой добычи бассейна 250 млн. пудов, Кулебакин рассчитал, что на миллион пудов годовой добычи должно приходиться установленной мощности: электромоторов — 14,12 кВт, освещения — 5,36 кВт.

Хотя в первые годы Советской власти программа электрификации Центрально-промышленного района в существенной части была ориентирована на торфяное топ-

ливо, Подмосковный угольный бассейн приобретал в организации энергетического хозяйства все большее значение. Этого не мог не учитывать Кулебакин. Добыча угля в Подмосковном бассейне по сравнению с довоенным уровнем увеличилась в 2,5 раза. Большую роль в энергетике района, как и предполагал Кулебакин, сыграла Каширская электрическая станция мощностью 12 тыс. кВт, построенная на базе каменных углей Подмосковского бассейна.

На основе научной проработки Кулебакиным вопросов электрификации с использованием внутренних резервов план ГОЭЛРО предусматривал сооружение в самом центре Подмосковского угольного бассейна Епифанской электростанции, предназначенной в первую очередь для электрификации рудников. Ее мощность предполагалось довести до 110 тыс. кВт и использовать также для электрификации участка Курской железной дороги и Тамбовской губернии. От этой станции проектировались пять высоковольтных линий. Три из них (на Тулу, Горбачево и Скопин) с несколькими подстанциями должны были давать энергию угольной и другим отраслям промышленности, которые могли возникнуть в этом районе (например, цементной). Их предполагалось соединить между собой высоковольтной линией вдоль Курской железнодорожной магистрали. Четвертая линия — в район Раненбурга, Липецка, Козлова и Тамбова, пятой линией (через Михайлов и Зарайск) предстояло соединить Епифанскую электростанцию с Коломенским районом.

Первой станцией на подмосковном угле, считал Кулебакин, должна стать Каширская. После очень долгого и всестороннего обсуждения место для нее было выбрано на берегу Оки, возле Каширы, где сходятся две железнодорожные линии, по которым предполагалось подвозить уголь с рудников Подмосковского бассейна. Мощность этой станции намечалось довести до 120 тыс. кВт. Первая высоковольтная линия от нее сооружалась на Москву, вторая проектировалась на Серпухов, третья — в район Озер, Коломны и Егорьевска, где предполагалось ее соединение с Шатурской линией, и, наконец, четвертая — при доведении станции до полной мощности также к Москве параллельно первой.

Не менее важную роль в энергоснабжении Подмосковского района, по мнению Кулебакина, должна была сыг-

рать Тульская электростанция на берегу Оки, близ города Алексина. Она предназначалась как для электрификации Курской железной дороги, так и для подачи энергии в Московский подрайон в случае, если мощность остальных станций окажется недостаточной. Располагаясь на окраине Подмосковского бассейна, эта станция должна была использовать как подмосковный уголь, подвозимый по рельсам, так и уголь из местных рудников, если в них достаточно разовьется добыча. Предполагалось соединить Тульскую электростанцию с Москвой одной воздушной линией вдоль электрифицируемой Курской железной дороги, а вторую линию направить к Москве через Наро-Фоминск, откуда она должна дойти до Можайска. Кроме того, Тульскую электростанцию намечалось соединить одной высоковольтной линией с Калугой и другой с Тулой.

Правда, не все в задумках Кулебакина удалось осуществить. В годы первой пятилетки начали строить тепловую электростанцию в Бобриках (ныне Новомосковск), ставших впоследствии городом-спутником столицы.

Производственные задачи в Центрально-промышленном районе предопределяли крупное электростроительство в этом районе. Жизнь вносила свои коррективы. «Приходится, однако, констатировать,— отмечалось в первом пятилетнем плане,— что с электростроительством в ЦПР мы крайне запоздали. Электроснабжение промышленности этого района за последние годы находится в крайнем напряжении. Происходит это, видимо, потому, что в прежних проектировках не учитывались намечающиеся темпы роста промышленности ЦПР»¹⁵.

Из плана первой пятилетки видно, что в Центрально-промышленном районе разрешение топливно-энергетической проблемы осуществлялось путем сооружения крупных электростанций на торфяных болотах и вблизи места добычи подмосковного угля, как было намечено планом ГОЭЛРО. Центрально-промышленный район должен был за пятилетие расширить мощность своих электростанций с 280 тыс. до 900 тыс. кВт по отправному варианту и примерно до 1 млн. кВт по оптимальному, причем весь прирост мощности на $\frac{1}{3}$ должен был быть дан за счет эксплуатации подмосковного угля и на $\frac{2}{3}$ за счет эксплу-

¹⁵ Пятилетний план народнохозяйственного строительства СССР. 3-е изд. М., 1930, т. III, с. 53.

атации торфа. Но это были генеральные, так сказать стратегические, направления энергетики. Как же предполагал Кулебакин будет происходить их осуществление на практике?

Важнейшими элементами этой строительной программы Кулебакин считал следующие: строительство теплоцентрали в Москве на 80 тыс. кВт; расширение Каширской ГРЭС с 12 тыс. до 134 тыс. кВт; расширение Каширской станции до 250 тыс. кВт или постройка новой Бобриковской станции на 150 тыс. кВт; расширение Шатурской ГРЭС с 92 тыс. до 136 тыс. кВт; расширение городских станций МОГЭС со 100 тыс. до 200 тыс. кВт; окончание постройки Иваново-Вознесенской станции мощностью 90 тыс. кВт; расширение Балахнинской станции до 108 тыс. кВт и т. д.

Сверх этого по оптимальному варианту начиналось строительство второй теплоэлектроцентрали в Москве, производилось дальнейшее расширение Бобриковской станции и станций Нижегородского района. Так Кулебакин еще раз уяснил для себя: планирование электроснабжения даже в пределах регионального масштаба надо проводить с учетом всех экономических мероприятий в масштабе всей страны.

В директивных документах Госплана СССР по первой пятилетке стало возможным еще более конкретно определить перспективы развития Подмосковского бассейна. Он должен был к концу пятилетки добывать 265,625 млн. пудов, предполагалось построить электростанцию мощностью 300 тыс. кВт и организовать производство цемента и огнеупорных материалов. «В перспективе,— читаем в пятилетнем плане,— дальнейшее комбинирование химического и стекольного производства с металлургическим производством ЦПО центральной полосы. Угольная площадь Алексин—Бобрик настолько богата запасами, что при недорогой энергии возможно создание большого электрохимического комбината. Газификация угля даст газ для Москвы и открывает большие перспективы для создания огромного индустриального центра»¹⁶.

По электроснабжению в наиболее напряженном состоянии находилась Москва и Московский промышленный

¹⁶ Пятилетний план народнохозяйственного строительства СССР, т. II, с. 96.

район в связи с осуществленным здесь крупным промышленным строительством и ростом коммунального хозяйства города. Первый пятилетний план предусматривал, помимо расширения существующих районных станций МОГЭС, постройку новой станции мощностью до 300 тыс. кВт на подмосковном угле. Для постройки этой станции был избран единственно возможный в то время по запасам угля район Бобрик — Донской — Узловая. С этим проектом конкурировал кулебакинский проект дополнительного расширения Каширской станции еще на 150 тыс. кВт и постройки в Москве на привозном угле третьей городской станции МОГЭС.

Необходимость обеспечить крутой подъем и других отраслей этого важного экономического района побудила Кулебакина внести коррективы в свой план. В связи с ростом потребления угля первый пятилетний план предусматривал рост добычи в Подмосковном бассейне с 1180 тыс. до 4200 тыс. т угля, т. е. на 255%. С этой целью планировалось сооружение в Подмосковном бассейне четырех—шести крупных шахт производительностью 330—650 тыс. т каждая, что можно было осуществить не только за счет расширения действующих электростанций, но и при условии постройки новых энергоузлов.

В дальнейшем, как и ожидал Кулебакин, значительное развитие получила электрификация на подмосковном угле. Установленная мощность Каширской ГРЭС увеличилась до 186 тыс. кВт, а позже, в начале 30-х годов, были сооружены Бобриковская (Новомосковская) ГРЭС (100 тыс. кВт), ТЭЦ Липецкого металлургического завода и ЦЭС Новотульского металлургического завода (по 25 тыс. кВт каждая), оказавшие большое влияние на индустриализацию юга Центрально-промышленного района.

Впоследствии на Новомосковской и Зуевской ГРЭС были установлены и пущены два первых в стране турбогенератора советского производства мощностью 100 тыс. кВт каждый. Кулебакинский план «кустования» энергоузлов претворялся в жизнь. Мощность Новомосковской ГРЭС уже в довоенные годы достигла 200 тыс. кВт. Она была соединена линией электропередач напряжением 220 кВ с Московской энергосистемой. Так, в результате развития энергетики на базе подмосковного угля была создана сверхмощная система Мосэнерго, которая вместе с Горьковской, имеющей опорную точку в Балахне (Горь-

ковская районная электроцентраль), и Ивановской (опорные точки в Иваново и Ярославле) составили энергетическую систему Центрально-промышленного района.

«...Конечно, в наши дни количественные и качественные показатели плана ГОЭЛРО, — отмечал позже В. С. Кулебакин, — кажутся весьма скромными по сравнению с масштабами и темпами планов послевоенных пятилеток, текущего семилетия и перспективами осуществления в 1965—1980 гг. сплошной электрификации. В 1960 г. наши электростанции должны выработать 290 млрд. кВт·ч электроэнергии. Это — 33 плана ГОЭЛРО! Но в свое время показатели плана ГОЭЛРО представлялись весьма значительными, и для достижения их требовалось большое напряжение творческих сил советского народа.

План ГОЭЛРО намечал единственно правильные пути восстановления и развития всех отраслей народного хозяйства, электрификации промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Он был рассчитан на то, чтобы примерно в 10—15 лет намного перекрыть уровень довоенного 1913 г.

... Я счастлив, что был привлечен к работам по подготовке материалов для плана ГОЭЛРО, в частности по электрификации Подмосковского и Донецкого каменноугольных бассейнов, и горжусь тем, что мой скромный труд получил отражение в этом великом плане, что я участвовал в его претворении в жизнь»¹⁷.

Виктору Сергеевичу Кулебакину посчастливилось не только стоять у истоков отечественной электроэнергетики, но и увидеть плоды напряженного труда целого поколения ученых-электриков. И сейчас советский народ под руководством Коммунистической партии успешно выполняет заветы Ильича о сплошной электрификации страны. Начало этому было положено тем самым планом ГОЭЛРО, который воплотил в жизнь великое предсказание Ленина о том, что «если Россия покроется густою сетью электрических станций и мощных технических оборудований, то наше коммунистическое хозяйственное строительство станет образцом для грядущей социалистической Европы и Азии»¹⁸.

¹⁷ Вестник АН СССР, 1960, № 4.

¹⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 161.

Глава четвертая

Во главе первого электротехнического НИИ

В работе по плану ГОЭЛРО В. С. Кулебакин проявил себя как незаурядный инженер, который не ограничивается стандартными решениями, как бы лежащими на поверхности. Такие решения почти очевидны и поэтому не требуют от исполнителя ни большой эрудиции, ни направленного творческого поиска. Нет, Кулебакин не идет проторенными путями, он ищет свои, оригинальные решения, которые позволяют получить гораздо больший экономический эффект. А в то время каждый рубль, который тратила страна на нужды электрификации, был буквально на вес золота. На работы Кулебакина в области обоснования весьма ответственных решений по электрификации и экономическому развитию ряда промышленных районов вскоре обратили внимание известные специалисты-электрики.

В 1924 г. был создан Центральный электротехнический совет (ЦЭС) — консультативный орган, задачей которого являлась выработка и утверждение электротехнических правил и норм и экспертиза проектов, разрабатывавшихся для реализации плана ГОЭЛРО. К этой работе был привлечен и В. С. Кулебакин.

Реализация плана ГОЭЛРО, открывавшая благоприятные перспективы для советской энергетики и электротехники, самым настоятельным образом потребовала развития высшего электротехнического образования и резкого увеличения масштаба научных работ в этой области. Возникла необходимость подготовить большое число специалистов этой отрасли для обеспечения нужд электростроительства и электропромышленности. Надо было не только увеличить число студентов на уже существовавших электротехнических и электромеханических факультетах, но и начать подготовку таких специалистов и в других высших технических школах. В технологических (Харьков-

ский, Томский) и политехнических (Киевский, Новочеркасский) институтах были созданы электротехнические или энергетические факультеты. Но, чтобы наладить обучение инженеров-энергетиков и электриков в этих вузах, требовалась большая организационная и подготовительная работа, поэтому основные усилия по подготовке кадров электриков и энергетиков пришлось на первых порах на два учебных заведения — Петроградский политехнический институт и Московское высшее техническое училище.

С 1922 г. работа электротехнического факультета МВТУ оживилась. Хотя уже многое было сделано для становления и укрепления элфака МВТУ, тем не менее новые грандиозные задачи обуславливали дальнейшее совершенствование преподавания и оснащение факультета, который располагал недостаточной, к тому же значительно устаревшей лабораторной базой. Она не в полной мере удовлетворяла требованиям учебного процесса и, конечно, не могла обеспечить научно-исследовательские работы, которые в очень большом числе и разнообразии выдвигались тогда промышленностью. Поэтому вопрос о создании лабораторной базы, отвечающей уровню электротехники того времени, становится особо важным. К. А. Круг и В. С. Кулебакин настойчиво изыскивают материальные возможности для оборудования факультетской лабораторной базы.

Вместе с тем Кулебакин понимал, что высшая электротехническая школа, как бы хорошо в ней ни было поставлено преподавание, не сможет решать все многочисленные и в высшей степени разнообразные проблемы, которые выдвигаются и будут выдвигаться быстро растущей отечественной энергетикой и электропромышленностью. Наилучшим образом требования народного хозяйства могло выполнять научно-исследовательское учреждение, располагающее кадрами высококвалифицированных экспериментаторов. Такое учреждение — экспериментальный электротехнический институт — было крайне необходимо нашей стране в условиях мощного планового развития электрификации. Экспериментальный институт мог дать двойной выигрыш: с одной стороны, он с высоким качеством выполнял бы плановые научно-исследовательские работы в интересах промышленности, с другой — облегчил бы расширение учебных втузовских лабо-

ракторий, особенно если последние располагались в непосредственной близости от экспериментального института.

Идея, возникшая у Кулебакина и других ученых еще во время работы Комиссии ГОЭЛРО, как нельзя больше отвечала требованиям времени. Благодаря содействию В. И. Ленина в 1921 г. был создан Государственный экспериментальный электротехнический институт (ГЭЭИ), преобразованный в 1929 г. во Всесоюзный электротехнический институт (ВЭИ). В те дни Виктору Сергеевичу выпало счастье еще раз увидеть и услышать Ленина. Это произошло на заседании Совнаркома, куда Кулебакин был приглашен на рассмотрение вопроса об учреждении института. Владимир Ильич горячо поддержал ходатайство ученых-энергетиков и в дальнейшем оказывал институту поддержку.

С 5 октября 1921 г. ГЭЭИ начинает существовать как научное заведение; официальное Положение определяет его функции и структуру. Директором ГЭЭИ 30 октября назначается К. А. Круг.

Следует отметить, что чуть позже после создания ГЭЭИ был организован Всесоюзный научно-исследовательский теплотехнический институт. Оба эти института выросли в крупные научно-исследовательские учреждения. В 1931 г. по инициативе Г. М. Кржижановского в системе Академии наук СССР был создан Энергетический институт, носящий сейчас имя этого ученого-революционера. В наши дни СССР располагает большой сетью специальных институтов и лабораторий, занятых решением научно-технических задач в области энергетики и оказывающих содействие электрификации страны.

Для того чтобы ГЭЭИ развернул работу, были необходимы помещения и соответствующие ассигнования. Не дожидаясь решения этих вопросов, весьма сложных в те годы, В. С. Кулебакин под руководством своего учителя развертывает деятельность института в и без того тесной электротехнической лаборатории МВТУ. Несколько облегчили положение две комнаты, выделенные в одном из зданий МВТУ. Однако перспективы дальнейшего расширения как ГЭЭИ, так и электротехнических лабораторий МВТУ оставались весьма неопределенными. Тогда К. А. Круг решил обратиться к Ленину. Владимир Ильич внимательно разобрался в нуждах нового института и быстро помог ему. По указанию В. И. Ленина 17 де-

кабря 1921 г. ГЭЭИ получил на приобретение оборудования 100 тыс. руб. из золотого фонда — весьма крупное по тому времени ассигнование. В. С. Кулебакина командировуют в Германию для закупки оборудования, которое он привозит весной 1922 г. Теперь осталась нерешенной проблема помещений для научных работ. По указанию К. А. Круга Виктор Сергеевич приступает к поиску их. Вскоре он находит на Гороховской улице (ныне улица Казакова) два здания, расположенные почти рядом и вполне пригодные для оборудования экспериментального института и электротехнических лабораторий МВТУ.

Вторично Круг обращается за содействием к Ленину, и по указанию Владимира Ильича оба здания закрепляются за ГЭЭИ и МВТУ, что сразу создает благоприятные условия для развития как экспериментального института, так и электротехнического факультета.

По заданию Круга Кулебакин составляет проект обращения руководства ГЭЭИ в Коллегию Главэлектро. В нем не только обосновывается просьба оказать институту материальную поддержку, но и предлагается давать ему регулярные задания по выполнению опытных исследований.

Деятельность ГЭЭИ развернулась в новом помещении очень скоро. К работе в нем кроме В. С. Кулебакина были привлечены крупные представители отечественной электротехники: В. К. Аркадьев, Н. П. Андреев, Н. Е. Успенский, М. В. Шулейкин, Л. И. Сиротинский, К. И. Шенфер, П. А. Флоренский, А. Н. Ларионов, Б. А. Введенский. Подрастало под их руководством и более молодое поколение советских ученых и исследователей.

Масштаб исследований увеличивался буквально из месяца в месяц. Скоро стало очевидным, что научный потенциал института велик, что его персонал многое может сделать и что аппаратура работает отлично, но здание, еще недавно считавшееся столь просторным, стало тесным и начало серьезно лимитировать дальнейшее развитие работы. Кулебакин выдвигает идею строительства комплекса зданий для ГЭЭИ, в котором можно было бы разместить существующие лаборатории и создать новые отделы и лаборатории, надобность в которых диктовалась как практикой работы самого института, так и всевозрастающими требованиями промышленности. План строительства «большого института» был задуман весьма ши-

роко. Он должен был представлять собой городок, приспособленный для научной работы, точных измерений и т. п. В этом глубоко продуманном проекте отсутствовали излишества: из него при самом строгом подходе ничего нельзя было исключить, но и ничего по существу не требовалось добавлять. Проект был утвержден в 1925 г. Институту для строительства дополнительно ассигновали 50 тыс. руб. золотом.

Виктор Сергеевич лично руководит строительством, вникая во все детали, посещая много раз хозяйственные и снабженческие органы, чтобы своевременно обеспечить необходимые поставки, которые по разным причинам нередко задерживались. Все представляемые Кулебакиным рабочие проекты лично рассматривал Круг. Почти ежедневно можно было наблюдать, как, приехав на строительство, он поднимался на леса и, узнав непосредственно на месте работ о неполадках, занимался их устранением. Строители говорили про Круга, что он и архитектор, и чертежник, и землемер. И в этом не было преувеличения. Да и Виктор Сергеевич не только контролировал производство работ, но и активно вмешивался в планирование строительства и, как уже отмечалось, в его материально-техническое снабжение. Не было такого вопроса на строительстве, который Кулебакин считал возможным оставить без внимания. В разные области работы он вносил свои пожелания, конкретные указания и разъяснения, всегда держал своего учителя в курсе событий.

Весной 1927 г. закладываются два корпуса на Красноказарменной улице: отдел высоких напряжений и машинно-аппаратный. Благодаря настойчивым ходатайствам удается получить для ГЭЭИ новое крупное ассигнование — 300 тыс. руб. золотом, и в 1929 г. Кулебакин снова уезжает за границу заказать оборудование. Осенью того же года закладывается электрофизический корпус, затем возводятся административный корпус, опытный завод и жилые корпуса. По сохранившимся письмам Кулебакина из-за границы видно, какие невероятные трудности приходилось ему преодолевать, чтобы заказать оборудование наиболее совершенное и на самых выгодных условиях.

Уделяя большое внимание строительству, Виктор Сергеевич повседневно руководил научной деятельностью ла-

боратории в старом здании ГЭЭИ, одновременно он разработал новые курсы по электротехнике и электроаппаратостроению, являлся активным членом Госплана. Каждая свободная минута в эти напряженные годы организаторской деятельности Кулебакина отдавалась им усовершенствованию учебных руководств и их переизданию. Да и несмотря на разницу в летах, К. А. Круг не отставал от своего ученика. В течение десяти лет он не пользовался отпуском, не считая возможным оставить даже на короткое время порученные ему большие работы. Зато научная продукция института пользовалась громадным спросом. Институт уже тогда занял место ведущего научно-исследовательского центра не только электропромышленности, но и других отраслей энергетики. Совокупность произведенных им исследований явилась ценнейшим вкладом в электротехнику.

Своими успехами ГЭЭИ был обязан в равной мере как славному коллективу научных работников, так и руководителю института К. А. Кругу и кипучей энергии Виктора Сергеевича Кулебакина.

В 1929 г. институт переходит в ведение электропромышленности. Его строительство в следующем году в основном закончилось, и все отделы и лаборатории перешли в корпуса дома 12 на Красноказарменной улице.

В 1947 г. за 25-летнюю успешную научную работу Всесоюзный электротехнический институт был награжден орденом Ленина и ему было присвоено имя великого вождя.

Работая в ГЭЭИ, Виктор Сергеевич не забывал о нуждах отечественного воздухоплавания. В стенах института он провел экспериментально-теоретическое исследование самолетного магнето, очень важное для развития советского самолетостроения.

Кулебакин давно интересовался историей этого удивительного по своей кажущейся простоте и чрезвычайно эффективного «зажигательного аппарата». Магнето высокого напряжения, как и многие другие электрические зажигательные аппараты,— прямой потомок великого фарадеевского открытия электромагнитной индукции, сделанного еще в 1831 г., когда знаменитому ученому впервые удалось добыть искру «при помощи электромагнитных явлений». Первый «зажигательный аппарат» был изобретен в 1860 г. Ленуаром, который использовал для

воспламенения горючей смеси в своем двигателе искру высокого напряжения от катушки Румкорфа. Первое магнето для двигателей внутреннего сгорания было изготовлено Марпусом в Вене в 1883 г. Это была машина низкого напряжения с якорем, расположенным между полюсами постоянного магнита и представлявшим собой железный остов Н-образной формы. Цепь якоря, по которой проходил электрический ток, наводимый в обмотке при вращении якоря, в определенный момент разрывалась в цилиндре при помощи особого кулачкового механизма. Искра, возникавшая в месте разрыва, воспламеняла горючую смесь.

В 1898 г. немцы Симс и Бош создали магнето низкого напряжения, в котором Н-образный якорь был закреплен неподвижно, а изменение магнитного потока в нем достигалось путем вращения особых сегментов. В 1902 г. этот зажигательный аппарат был переделан в магнето высокого напряжения, для чего Симс и Бош поместили на якорь вторую тонкую обмотку с большим числом витков, соединив ее последовательно с толстой обмоткой якоря. Магнето этой системы нашло широкое применение для зажигания в авиационных многоцилиндровых моторах. Во Франции магнето высокого напряжения впервые было изобретено в 1900 г. М. Будевиллем, который, однако, забыл включить в свою схему конденсатор для уничтожения искрения контактов прерывателя, предложенный еще в 1853 г. его соотечественником Физо.

Промышленное изготовление магнето высокого напряжения началось не на родине этого аппарата, во Франции, а компанией Бош в Германии. Многочисленные типы магнето этой фирмы получили широкое распространение во всех странах.

Первая мировая война заставила все государства обратить внимание на эту важную отрасль индустрии, и в начале войны почти во всех странах, в том числе и в России, приступили к организации производства магнето высокого напряжения.

За прошедшее после первой мировой войны десятилетие магнето высокого напряжения претерпело много изменений и улучшений, появилось несколько типов их, значительно отличающихся один от другого по деталям, но весьма сходных между собой по общему устройству и принципу действия.

В одном из своих первых научных исследований по разработке теории этого высоковольтного аппарата¹ В. С. Кулебакин дал строго обоснованную картину далеко не простых физических процессов, происходящих в нелинейных цепях с железом. Он отмечал, что любой вид магнето высокого напряжения состоит из следующих главных частей: магнитной системы, железного якоря с двумя обмотками, прерывателя для разрыва тока в первичной обмотке якоря, распределителя тока высокого напряжения. Между полюсными наконечниками двух сильных стальных магнитов вращается якорь с H-образным остовом, на котором помещаются две обмотки — толстая (с малым числом витков) и последовательно соединенная с ней тонкая (с большим количеством витков). К концам толстой обмотки присоединен прерыватель и конденсатор; тонкая (вторичная) обмотка подводится к распределителю, а от него к свечам (т. е. разрядникам).

При вращении якоря происходит изменение магнитного потока в сердечнике, вследствие чего как в первичной, так и во вторичной обмотке наводятся ЭДС, величина которых зависит от числа витков обмоток и быстроты изменения магнитного потока в якоре. Наибольшая величина наводимой ЭДС получается, когда в якоре изменяется направление магнитных силовых линий, т. е. когда рога остова якоря начинают отрываться от одного полюсного башмака и подходить к другому.

Обычно контакты прерывателя механически связываются с якорем и при помощи особых кулачков в определенный момент размыкаются. В замкнутой первичной обмотке вследствие наведения ЭДС течет переменный ток, и когда величина последнего достигает наибольшего значения, происходит размыкание контактов. Конденсатор, параллельно присоединенный к контактам, устраняет искрение в этот момент, так что перерыв тока происходит почти мгновенно. Мгновенное исчезновение тока вызывает быстрое изменение величины магнитного потока, вследствие чего во вторичной обмотке напряжение повышается настолько, что между электродами свечи происходит разряд.

¹ Кулебакин В. С. Авиационные магнето высокого напряжения. М., 1924.

Момент искрообразования в магнето с вращающимся якорем находится в зависимости от положения последнего, поэтому для зажигания смеси в моторе, которое должно производиться при определенном положении поршня в цилиндре, необходимо иметь кинематическую связь между магнето и самим двигателем. Обычно с этой целью магнето приводится в движение от распределительного вала мотора при помощи зубчатых колес или соединительных муфт.

У магнето с Н-образным вращающимся якорем за один оборот можно получить две искры. Таким образом этот аппарат приводится в движение в четырехтактных, двухцилиндровых двигателях — с половинной скоростью, при четырехцилиндровых моторах — с одинаковой скоростью, при шестицилиндровых моторах — с полуторной и т. д., а при m -цилиндровых двигателях — со скоростью, равной $m/4$ скорости вращения вала мотора.

«Помимо вышеописанного типа для многоцилиндровых моторов, — отмечал В. С. Кулебакин, — строятся магнето с неподвижным якорем Н-образной формы, изменение магнитного потока в котором производится при помощи двух вращающихся цилиндрических сегментов. Ясно, что за один оборот подвижных сегментов в armатуре якоря магнитный поток меняет четыре раза свое направление, таким образом здесь получаются за один оборот четыре искры, отчего угловая скорость вращения сегментов может быть уменьшена в два раза.

...Другое преимущество этого аппарата заключается еще в уменьшении веса вращающихся частей, так как подвижные сегменты приблизительно в пять раз легче соответствующего якоря.

...Некоторые конструктивные особенности отличают магнето „Дикси“. Вращающиеся полюсные наконечники являются коммутаторами магнитного потока в остове якоря, при изменении магнитного потока в остове якоря в неподвижной обмотке происходит наведение ЭДС. По своему принципу действия это магнето ничем не отличается от обычных зажигательных аппаратов»².

Описанные выше типы магнето были наиболее распространенными среди зарубежных авиационных двига-

² Кулебакин В. С. Авиационные магнето высокого напряжения, с. 75.

телей. Развитие отечественных систем зажигания шло по несколько иному пути.

Как известно, для получения наибольшей мощности двигателя внутреннего сгорания необходимо производить зажигание рабочей смеси не в момент крайнего верхнего положения поршня в цилиндре, а несколько раньше. Момент преждевременного зажигания должен быть вполне определенным для каждого режима работы мотора. Предварение зажигания связано со скоростью сгорания смеси в цилиндре двигателя, поэтому величина его должна быть соразмерена со скоростью движения поршня, иначе при ранней вспышке будет происходить слишком большое противодействие на поршень, вызывающее уменьшение мощности мотора, стуки в нем и опасность обратной отдачи при пуске в ход двигателя. При позднем зажигании максимальное давление газов в цилиндрах, а вместе с этим и мощность двигателя уменьшаются.

Каждому режиму работы мотора соответствует наиболее выгодная величина предварения зажигания; последняя увеличивается с возрастанием скорости и мощности двигателя и уменьшается с падением их. У авиационных двигателей скорость вращения приходится регулировать в широких пределах, поэтому для получения наиболее выгодной отдачи мотора для каждого режима работы необходимо устанавливать определенный момент вспышки. Угол предварения зажигания достигает наибольшей величины 35° .

Для более легкого пуска мотора в ход от руки во избежание обратной отдачи необходимо, чтобы вспышка производилась в крайнем положении поршня или с запозданием на $3-5^\circ$, таким образом угол, в пределах которого необходимо изменять момент вспышки при регулировании скорости вращения авиационного двигателя от нуля до максимальной величины, составляет около $35-40^\circ$ на валу мотора, что соответствует тому же углу на валу якоря магнето для четырехцилиндровых двигателей и углу 60° в случае применения двухискрового магнето для зажигания в шестицилиндровых моторах.

При обыкновенном устройстве магнето высокого напряжения допускает перестановку момента искрообразования в пределах до 35° , измеряемых относительно оси якоря магнето, или до 24° на валу шестицилиндровых двигателей. При этом мощность искры не остается по-

стоянной при различных моментах, а значительно уменьшается. Изменение момента искрообразования достигается обычно путем установки в том или ином положении рычага, связанного с кольцом, на котором прикреплены кулачки или губки, для приведения в действие прерывателя.

Для получения наиболее мощной искры прерывание тока в первичной обмотке производится тогда, когда сила тока достигает максимальной величины. Чтобы иметь возможность получить искры одинаковой мощности при различных положениях рычага кольца прерывателя, приходится период максимальных мгновенных значений первичного тока якоря удлинять. Это достигается в некоторых магнето специальным устройством полюсных башмаков. Полюсные башмаки отличались от нормальных тем, что имели так называемые напуски или удлинения одного конца. При такой конструкции полюсных наконечников происходит менее крупное изменение магнитного потока в якоре, когда последний своим телом отрывается от одного полюса и подходит к другому. Для достижения подобных целей у иных магнето полюсные башмаки выполняются с гребенчатыми краями или с особыми скосами.

Кулебакин подробнейшим образом исследует даже незначительные вариации в конструктивных параметрах магнето, чтобы выявить определенные закономерности в распределении магнитной индукции. Не следует забывать, что научной теории магнето в ту пору не было создано не только в России, но и за рубежом.

Кулебакин отмечал, что в магнето с вращающимся щитом удлинение периода максимальных мгновенных значений силы тока первичной цепи якоря достигается тем, что подвижные части магнитного коммутатора имеют угол обхвата не 90° , а на $4-6^\circ$ больше и таким образом они могут одновременно находиться под обоими полюсными башмаками. Если необходимо, чтобы изменение момента искрообразования могло совершиться в широких пределах без значительного влияния на мощность искры, то для достижения этого некоторые магнето (например, Бош, типа *ZH6*) устраиваются с двумя парами полюсных башмаков, из которых одна связывается жестко с кольцом прерывателя и может поворачиваться при перестановке рычага опережения. При помощи подвижных полюсных башмаков имеется возможность перемещать в

пространстве магнитное поле и вместе с ним и амплитуду силы первичного тока якоря. Магнето с подвижными магнитными полюсами позволяют производить перестановку момента зажигания в больших пределах, приблизительно до 60° относительно оси якоря магнето.

В магнето типа «Дикси» изменение момента искрообразования достигалось при помощи установки в том или ином положении железного остова якоря, жестко связанного с коробкой прерывателя и способного при помощи рычажка поворачиваться относительно оси, совпадающей с осью валика.

Иные магнето высокого напряжения снабжались приспособлениями для автоматического регулирования предварения зажигания. В таких случаях автоматичность перестановки момента искрообразования достигалась особыми центробежными регуляторами, помещенными обычно в задней крышке магнето. В регуляторе имелось несколько грузиков, которые под действием центробежной силы занимали в зависимости от скорости вращения определенное положение, вызывающее соответствующее угловое смещение валика якоря относительно муфты, связанной с распределительным механизмом двигателя. При таком устройстве при различных моментах вспышки рабочей смеси в двигателе искрообразование в магнето происходит всегда при определенном положении якоря в пространстве. Следовательно, мощность искры в этом случае остается без изменения.

Для нашей молодой электротехнической промышленности требовалось сделать обоснованный выбор конкретного типа магнето, прежде чем запустить его в серийное производство. Положение осложнялось и тем, что, как отмечалось, даже элементарной теории магнето по существу еще не было создано. В. С. Кулебакин и взялся за исследование свойств и рабочего процесса магнето высокого напряжения. Вначале он количественным образом оценил изменение магнитного потока в стальных дугах и сердечнике якоря магнето, затем перешел к математическому описанию ЭДС и токов короткого замыкания в обмотках якоря. На основании теоретических и экспериментальных исследований Виктор Сергеевич сделал важные выводы относительно рабочего процесса, а также и конструктивных деталей магнето высокого напряжения, являвшихся типичными и наиболее распространенными среди аппа-

ратов для зажигания горючих смесей в авиационных двигателях. Вот наиболее важные из них.

В магнето высокого напряжения в разомкнутых первичной и вторичной обмотках якоря при вращении подвижных частей якорной системы наводятся электродвижущие силы, пропорциональные числу витков, скорости вращения и магнитному потоку, проходящему через якорь. У магнето высокого напряжения число витков в первичной цепи составляет 120—200, а во вторичной — 6000 — 10 000 при отношении их, равном 40—60.

Скорость вращения магнето зависит от его типа, от скорости вращения и числа цилиндров авиационного двигателя, с которым оно связано; максимальная скорость двухискровых магнето достигает до 2700—3000 об/мин.

Наибольшая величина магнитного потока, проходящего через якорь, зависит от разности магнитных потенциалов на концах дуг магнето, магнитного сопротивления цепи якоря и степени рассеяния основного потока. Разность магнитных потенциалов на концах дуг находится в зависимости от магнитного состояния этих дуг (остаточной индукции и задерживающей силы), формы самих дуг и магнитного сопротивления междуполюсного пространства.

Чем больше магнитное сопротивление междуполюсного пространства, тем сильнее сказывается размагничивающее действие свободных полюсов стальных дугообразных магнитов; с увеличением размагничивающего поля разность магнитных потенциалов повышается. С другой стороны, увеличение магнитного сопротивления междуполюсного пространства ведет к уменьшению магнитного потока, проходящего через всю магнитную цепь. Задачей конструктора является нахождение такого оптимума, при котором магнитный поток, проходящий через сердечник якоря, достигает наибольшей величины. Опыт показывает, что наиболее выгодные условия для получения возможно большего магнитного потока в якоре наступают тогда, когда площадь цилиндрической поверхности полюсного башмака равна четырехкратному поперечному сечению магнитных дуг; общая длина воздушных зазоров составляет от 0,4 до 0,6 мм. С целью уменьшения рассеяния основного магнитного потока все детали якорной системы (например, торцовые фланцы с осью якоря, зубчатки и пр.), не служащие для направления магнитных силовых

линий через сердечник якоря, делаются из диамагнитных материалов (немагнитная сталь, бронза и т. п.).

На величину максимальных значений наводимых ЭДС оказывает сильное влияние характер изменения по времени магнитного потока в якоре, а также наибольшей величины самого потока якоря.

О величине максимального значения ЭДС можно судить по характеристическому коэффициенту. Для магнето с симметричными полюсными башмаками и равными углами обхватов он колеблется от 4 до 6, при наличии напусков у полюсных башмаков — от 2,4 до 4. Таким образом в авиационных магнето, имеющих полюсные башмаки с напусками или удлиненные дуги цилиндра поверхности якоря, максимальные ЭДС имеют меньшие абсолютные значения; кроме того, в этих магнето ослабление полезного потока вследствие большего рассеяния основного потока оказывает свое отрицательное влияние на наведение ЭДС.

Момент максимумов ЭДС цепей якоря должен наступать теоретически при отрыве якоря от одного полюса и подходе к другому. В действительности же вследствие гистерезиса этот момент запаздывает на 2—3°. При наличии напусков у магнето период максимальных значений ЭДС удлиняется, но это, как было указано раньше, достигается дорогой ценой — за счет их уменьшения.

При коротком замыкании толстой обмотки якоря в первичной цепи магнето текут переменные токи, максимальная мгновенная сила которых при средних и больших скоростях (начиная от 750 об/мин) остается почти постоянной, независимой от скорости вращения якоря. Это постоянство силы тока первичной обмотки происходит от реакции якоря и увеличения кажущегося сопротивления при повышении скорости. Максимальное значение силы тока зависит от магнитных качеств магнето, числа витков толстой обмотки, а также от омического и индуктивного (от рассеянного потока обмотки) сопротивления последней.

Форма кривой силы тока короткого замыкания первичной обмотки при увеличении скорости переходит из острообразной к синусоидальной, т. е. она как бы очищается от высших гармоник.

Амплитуда силы тока коротко замкнутой первичной обмотки с увеличением скорости смещается в пространст-

ве по направлению вращения. Между тем при больших скоростях приходится производить в двигателях более раннюю вспышку, поэтому смещение амплитуды тока по направлению вращения явление нежелательное.

Абсолютные значения амплитуды первичного тока больше у магнето, имеющих симметричные полюсные башмаки. Наличие полюсных башмаков с напусками ведет к уменьшению максимальных значений первичного тока.

Искрообразование во вторичной цепи магнето вызывается обрывом первичного тока. Для получения наибольшей энергии необходимо производить размыкание толстой обмотки при амплитудном значении первичного тока. На интенсивности искры весьма сильно сказывается характер исчезновения тока в первичной обмотке: чем быстрее он исчезает, тем значительно повышается напряжение во вторичной обмотке, что ведет к увеличению энергии искры.

Чтобы получить мгновенный обрыв первичного тока, параллельно к прерывателю приключается конденсатор, а сами контакты прерывателя делаются из сплава платины с придием (до 25%). Наличие конденсатора замедляет процесс исчезновения тока в первичной обмотке, поэтому конденсаторы подбираются такой емкости, при которой прекращается искрение контактов. Обычно емкость конденсаторов берется равной от 0,05 до 0,20 мкФ.

Во время обрыва первичного тока во вторичной цепи магнето напряжение повышается до тех пор, пока между электродами разрядника не проскочит искра. В дальнейшем вследствие ионизации междуэлектродного пространства и нагревания самих контактов искра переходит в вольтову дугу.

При исчезновении первичного тока разность потенциалов на обкладках конденсатора возрастает пропорционально напряжению во вторичной цепи. Так как в авиационных магнето происходит иногда искрообразование при напряжениях около 12—15 тыс. В (в предохранительных гребенчатых искровых промежутках длиной 8—10 мм), то разность потенциалов у клемм конденсатора может достигнуть 250—300 В.

Энергия искры магнето при прочих равных условиях зависит от силы тока того момента, когда происходит разрыв тока. Поэтому при перестановке рычажка опереже-

ние изменяется. Возможность регулирования момента вспышки в более широких пределах (до 60° относительно оси магнето) достигается устройством особых передвижных полюсных башмаков (магнето ЗН6) или специальной конструкцией самого магнето (тип «Дикси»). В обычных магнето перестановка момента зажигания допускается в пределах до 35°. Применение полюсных башмаков с папусками в этом отношении не дает положительных результатов.

Критический анализ зарубежных конструкций систем зажигания позволил В. С. Кулебакину выбрать наиболее рациональную компоновку авиационного магнето. Ведь последнему предстояло работать в комплексе с качественно иными схемами трубопроводов двигателей внутреннего сгорания, на иных летательных аппаратах.

Двадцатые годы XX века... Электричеству на самолете еще не доверяют. Недаром говорится: за паровозом бежит тень лошади, которую он сменил. Велика сила человеческой инерции! Это проявлялось в том, что даже «прогрессивный», если можно так выразиться, авиационный конструктор-новатор вводил электротехнику на борт самолета с оглядкой: «Дело, конечно, перспективное, но...». На самолет ставят электрические фары, но одновременно устанавливают и осветительные парашютные ракеты, приводимые в действие вручную при помощи бауденовского троса. В кабине монтируют внутренний электро-телефон для связи между собой членов экипажа, но тут же дублируют его архистаринной пневматической почтой. Здесь патроны со вложенными в них записками передвигаются от одного члена экипажа к другому по трубам, подгоняемые потоком встречного воздуха. То же касалось и внутрикабинного освещения. Опасаясь, что перегорят лампочки, подсвечивающие пилоту аэронавигационные приборы, каждого члена экипажа снабжали карманным фонарем.

Вспоминая те годы, Кулебакин отмечал: «В этот период среди конструкторов самолетов и эксплуатационного персонала еще не было преодолено недоверие к инженерам-электрикам. Несмотря на это, самолетные электрики Г. Н. Васильев, К. В. Рогов, В. П. Краснушкин, Б. Л. Кербер, Б. И. Овчинников и другие уже смело предлагают использовать огромные и чрезвычайно гибкие возможности электрической энергии для измерения коли-

чества бензина в топливных баках, создания приборов для самолетовождения, приведения в движение аэродинамических рулей и т. д.»³

Сам Кулебакин работает над разрешением крайне важных для авиации проблем, связанных с запуском и обеспечением бесперебойной работы авиадвигателей. Дело в том, что особой областью применения электричества на самолете является использование электрической энергии для воспламенения горючей смеси в авиационном моторе, т. е. по существу в системе зажигания двигателя внутреннего сгорания.

Электрическое зажигание разделялось на калильное, с дуговым или поверхностным разрядом и с помощью электрической искры высокого напряжения.

Системы калильного зажигания были разработаны русским ученым Б. С. Якоби еще в 40-х годах прошлого века. В дальнейшем широкое распространение получила искровая система зажигания с индукционной катушкой под названием «батареино-генераторной системы зажигания».

В 1879 г. принцип батарейной системы зажигания высокого напряжения был использован изобретателем самолета А. Ф. Можайским. Он предложил нефтяной двигатель двойного воздействия с электрическим зажиганием. Однако работа, связанная с подготовкой к полету построенного им самолета с паровым двигателем, не позволила Можайскому завершить исследование поршневого двигателя внутреннего сгорания.

В том же 1879 г. офицер русского флота И. С. Костович предложил первый авиационный поршневой бензиновый двигатель с электродуговым зажиганием, в котором использовался принцип «на отрыв». Он заключался в том, что в камере сгорания каждого цилиндра авиадвигателя устанавливался прерыватель. Кулачок вращался при помощи цепной передачи от вала двигателя. При этом периодически замыкалась и размыкалась индуктивная цепь низкого напряжения, питаемая от свинцового аккумулятора. В момент начала зажигания кулачки прерывателя расходились. Между электродами возникала миниатюрная вольтова дуга, которая и воспламеняла рабочую смесь.

³ Наука и жизнь, 1976, № 12, с. 120.

На первых самолетных авиационных двигателях, а также на дирижабле «Россия» (1882—1884 гг.) применялась система зажигания «на отрыв» с генератором переменного тока. Магнитный поток в нем создавался постоянными магнитами. Подобная система зажигания получила название «магнето низкого напряжения». Вскоре выявились существенные недостатки этого магнето: большая инерционность механического привода прерывателя, сложность и немалый вес всей конструкции и т. п. Тогда возникла мысль воспламенить рабочую смесь в цилиндрах авиадвигателя искрой высокого напряжения. Так впервые появилось отечественное магнето высокого напряжения. В нем индуктивная катушка объединялась в одном аппарате с источником питания низкого напряжения, которым служил тот же генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Этот «зажигательный аппарат» сделался необходимой и неотъемлемой частью каждого авиационного мотора, и можно с уверенностью сказать, что без магнето высокого напряжения аэроплан не стал бы тем, чем он является ныне.

Однако магнето создавались на базе весьма упрощенных расчетов. Возникла настоятельная необходимость дать научно обоснованную оценку эффективности магнето различных типов, выпускаемых у нас и за рубежом. Это помогло бы нашим заводам наладить производство электрических систем зажигания, собранных по наилучшей, т. е. в определенном смысле оптимальной, схеме.

Для любого самолета или, как тогда говорили, «летательного аппарата тяжелее воздуха» далеко не безразлично, много или мало весит установленная на его борту аппаратура. Борьба за снижение веса самолета, подстегнутая рекордными подъемами на все большие высоты и характеризовавшаяся зыбкой границей так называемого «потолка» полета, обусловила повышенное внимание к всемерному облегчению конструкции планера. Учитывался буквально каждый грамм взятой на борт аппаратуры. Конструкторы Подольского завода швейных машин и небольшого специального предприятия «Искромет», где было налажено производство магнето, мало учитывали специфику работы магнето на борту летательного аппарата. Их изделие было громоздким и довольно тяжелым, а самое главное — его электрические системы зажигания не отличались достаточной надежностью.

Виктор Сергеевич Кулебакин энергично принимается за теоретические исследования. Ему удалось нащупать «ахиллесову пяту» магнето, связанную с особенностями работы коммутационного устройства. Не прекращая исследований, Кулебакин возглавил эксперименты в лаборатории МВТУ, а затем и в ГЭЭИ. В 1921 г. В. С. Кулебакин опубликовал теоретическое исследование физических процессов в магнето высокого напряжения. Оно подкреплялось результатами многочисленных экспериментов с новейшими моделями электроприборов завода «Искромет» и ряда важнейших иностранных фирм. Монография Кулебакина «Авиационные магнето высокого напряжения» стала настольной книгой инженера-электрика. В ней впервые были подробнейшим образом рассмотрены весьма сложные явления, возникающие в электрических цепях со сталью, содержащих несимметричные воздушные промежутки.

В те годы проявилось незаурядное мастерство В. С. Кулебакина и как экспериментатора. В ГЭЭИ велись эксперименты по разработке специальных магнитных сплавов для постоянных магнитов. Возглавлял группу Н. А. Минкевич. Кроме Кулебакина в группе работали известные электротехники А. С. Займовский, А. М. Сенкевич и др. Усилиями этой группы, работавшей в творческом содружестве с заводскими инженерами, был создан сплав кобальтовых магнитных сталей. Он превосходил по всем основным техническим характеристикам применявшиеся в ту пору хромистые и вольфрамовые стали. Авиационные конструкторы, озабоченные устрашающим ростом габаритов самолетной аппаратуры, получили хороший подарок: постоянный магнит стал совсем миниатюрным, не утратив всей мощи создаваемого им магнитного потока.

В 1924 г. под руководством Кулебакина создается первое отечественное магнето оригинальной конструкции. Это было первое в мире магнето так называемого «коммутаторного типа». В нем применялись высококачественные кобальтовые стали. Магнето было портативным и обладало высоким КПД. А главное — имело более высокие эксплуатационные и электрические характеристики, нежели выпускавшиеся в то время магнето.

Правда, это магнето было создано, так сказать, «на дост» нашей электротехнической промышленности, наце-

лено на перспективу. Кобальт в ту пору был весьма дефицитным. Поэтому тогда широкого применения магнето Кулебакина, естественно, еще найти не могло. Лишь сейчас классический тип «кулебакинского магнето» коммутаторного типа получил широкое распространение. Оно используется для изготовления многоискровых магнето с числом искр, равным числу цилиндров авиадвигателей, в которых применяются высококачественные стали, а также новые марки постоянных магнитов типа «альнико».

Еще одна находка кулебакинской экспериментальной группы — создание противопомеховых бортовых устройств, повышающих чистоту радиоприема.

Еще на заре авиации первые радиосвязные устройства стали «крылатыми». Уже в 1913 г. отечественный четырехмоторный бомбардировщик «Илья Муромец» был оснащен радиотелеграфной станцией. В 1919 г. при испытаниях радиотелефонного оборудования оказалось, что на земле оно работает неплохо, но вот в воздухе... Во время полета в наушниках стоял такой треск, что разобрать команду с земли или пилоту передать четкий доклад практически было невозможно. Система электрического авиадвигателя прочно «забывала» все полезные радиосигналы. И это неудивительно: на самолете появились два оказавшихся «несовместимыми» высокочастотных электромагнитных устройства. Уровень радиопомех, создаваемых системой зажигания, был крайне высок.

Кулебакин стал создавать различные системы экранирования. Электромагнитный экран должен был погасить радиопомехи, создаваемые магнето. В результате удалось выявить природу и частотный спектр помех, а значит и создать надежный экран, «не пускающий» их на вход радиоприемника.

Роль экрана стала играть гибкая металлическая оплетка, которой окружали электропровода. Так известный по опытам Фарадея его знаменитый металлический стакан пригодился и в воздухоплавании. С тех пор в автомобилях и на самолетах провода, по которым течет переменный ток, стали заключать в экранирующий металлический чулок.

Экранировка, правда, сама обусловила новую проблему — необходимость учитывать при конструировании так называемую «распределенную емкость» экрана. Дело в

том, что даже изолированный провод, заключенный в известный «фарадеев стакан», не выпускающий наружу электромагнитные волны, сам становится электрическим элементом — конденсатором. Но конденсатором не обычным, емкость которого можно подсчитать по нехитрой формуле школьного учебника, а своего рода «высоковольтной длинной линией электропередачи». Расчеты здесь неизмеримо сложнее. Вплоть до последнего времени оптимальная конструкция, расчет и монтаж экранированной системы зажигания — непростая задача, требующая от авиационного инженера-электрика хороших практических навыков и солидной математической подготовки.

Глава пятая

На педагогической работе

Когда начинаешь размышлять над тем, как разнообразны и обширны были не только научные, но и чисто организационные работы, которые вел Кулебакин, то приходишь к мысли: их было достаточно, чтобы полностью занять время любого энергичного работоспособного человека, обладающего немалыми знаниями и достаточным опытом. В действительности же работы Кулебакина в ВЭИ, многочисленных советах, в качестве высокоэрудированного консультанта на первенцах нашей электротехнической индустрии и многие другие, выполнявшиеся им всегда с инициативой, добросовестностью и чувством ответственности, составляли лишь одну сторону его многообразной деятельности. И не будет преувеличением, если отметим, что во все годы жизни Кулебакина самым близким для него делом являлось совершенствование подготовки кадров инженеров-электриков. Больше полувека своей жизни отдал Кулебакин высшей школе.

Предметом неустанного внимания Виктора Сергеевича была электротехническая специализация, созданная в МВТУ, превратившаяся со временем в отдельный факультет, на базе которого и электропромышленного факультета Московского института народного хозяйства имени В. Г. Плеханова в 1930 г. был создан Московский энергетический институт (МЭИ). Виктор Сергеевич внес огромный вклад в организацию, становление и развитие высшего электротехнического образования.

Утверждение VIII Всероссийским съездом Советов плана ГОЭЛРО, как уже отмечалось, поставило в повестку дня расширение подготовки инженеров-электриков, потребность страны в которых возрастала с каждым днем. Но на первых порах московская высшая электротехническая школа была ограничена факультетом МВТУ и Петроградским политехническим институтом. В тече-

ние восстановительного периода, т. е. по 1927 г. включительно, страна, превратившаяся в гигантскую строительную площадку, еще не могла выделить достаточных средств для создания и оборудования новых электротехнических вузов. Но и в этих условиях в Москве электротехническое образование окрепло и стабилизировалось. К преподавательской работе были привлечены наряду с В. С. Кулебакиным Л. И. Сиротинский, М. В. Шулейкин, Я. Н. Шпильрейн, А. А. Глазунов, А. С. Кантор, В. Д. Ермаков, П. Г. Грудинский, Г. Н. Петров, Е. В. Нитусов, Ю. С. Чечет, И. Г. Кляцкин, П. Н. Беликов, А. Я. Рябов и многие другие. В тот же период был издан ряд учебных руководств по специальным предметам факультета. Творческое содружество учебного и научного институтов было чрезвычайно плодотворным, большая часть преподавателей элфака МВТУ была привлечена для научно-исследовательской работы в отделы и лаборатории ГЭЭИ. Как заместитель директора ГЭЭИ, Виктор Сергеевич всячески содействовал этому содружеству, способствовавшему быстрому и непрерывному повышению научного уровня преподавателей факультета и соответственно повышению качества преподавания.

В соответствии с решением ноябрьского (1929 г.) Пленума ЦК ВКП(б) Президиум ВСНХ СССР вынес 15 февраля 1930 г. постановление о создании отраслевых институтов на основе существовавших до того времени политехнических институтов, а 20 марта он издал приказ, которым МВТУ «в целях ускорения темпа и поднятия качества подготовки инженеров» делилось на пять самостоятельных училищ. Это были: Высшее механико-машиностроительное, Высшее аэромеханическое, Высшее инженерно-строительное, Высшее энергетическое и Высшее химико-технологическое училища.

Осенью 1930 г. МЭИ под тем же названием был объединен с Высшим энергетическим училищем. Вначале он имел 1657 студентов, из них 1059 по социальному положению и происхождению были рабочими. 793 студента были членами или кандидатами в члены Коммунистической партии, 338 — комсомольцами¹.

¹ 50 лет Московского ордена Ленина энергетического института. М., 1955, с. 21.

При распределении помещений МЭИ получил здание лаборатории волокнистых веществ на углу Коровьего Брода (ныне 2-я Бауманская улица) и Технического переулка, корпус бывшей шерстяной фабрики, находившейся на смежном с МВТУ участке по ныне уже не существующему Кукуйскому переулку, корпус бывшей ткацкой фабрики, находившийся также на смежном с МВТУ участке на углу Технического и Кукуйского переулков, дом № 29 по Гороховской улице; физический факультет МВТУ, который впоследствии был передан Механико-машиностроительному институту имени Н. Э. Баумана²; физико-электротехнический корпус Института народного хозяйства имени Г. В. Плеханова в Строченовском переулке и аудиторный корпус того же института в Стремянном переулке. Таким образом, Московский энергетический институт оказался территориально разобщенным. Правда, Кулебакин понимал, что в тех условиях на лучшее рассчитывать было трудно.

В первом из названных помещений расположились лаборатория электрических машин, лаборатория электрических аппаратов, физкультурный зал, дирекция и весь учебный и административно-хозяйственный аппарат института, во втором — аудитории и библиотека, в третьем — лаборатория электроматериаловедения и чертежные, в четвертом — все остальные лаборатории, ранее принадлежавшие МВТУ, и небольшое количество аудиторий.

Лаборатории и аудитории, принадлежавшие ранее Институту народного хозяйства, продолжали обслуживать МЭИ. В числе их были лаборатории переменных токов, высокого напряжения, светотехники, гидравлики, паровых котлов и тепловых двигателей. Нужно в инженерях-электриках была так велика, что Кулебакин предложил форсировать подготовку студентов, не дожидаясь окончания чисто организационных мероприятий.

Поэтому первоначально в институте не было факультетов. Начиная со второго года обучения студенты распределялись по десяти специальностям, каждая из которых имела свой учебный план и своего заведующего.

Эти специальности назывались:

² Такое название получило к тому времени Высшее механико-машиностроительное училище.

1. Центральные электрические станции.
2. Техника высокого напряжения.
3. Электрическое оборудование фабрик и заводов.
4. Светотехника.
5. Электрические машины.
6. Электрические аппараты.
7. Электрическая тяга.
8. Радиотехника.
9. Телефония.
10. Телеграфия.

Срок обучения по всем специальностям составлял 4 года и 50 дней. Каждый год делился на три триместра по 10 декад. Третий, шестой, восьмой, десятый и первую половину 12-го триместра занимала производственная практика. Добавочный 13-й триместр (5 декад) посвящался работе студентов на предприятиях в качестве исполняющих обязанности инженеров по выбранным специальностям.

В первые два года учебная работа в институте проводилась по так называемому «бригадно-лабораторному» методу: общих лекций не было, бригада из 4—5 студентов получала ряд заданий, которые она должна была выполнить коллективно. По каждому заданию производились групповые беседы, консультации и заключительное занятие. Экзамены, казалось, безвозвратно отошли в прошлое.

Это был период исканий такой методики преподавания, которая соответствовала бы и новым задачам, поставленным перед инженерными кадрами бурно развивавшейся промышленностью, и возрастному составу большинства студентов, пришедших в институт с хозяйственной и организационной работы по командировкам партийных и профсоюзных организаций.

Немало ошибок было сделано в этот период. Они были вскрыты в постановлении ЦИК СССР от 10 сентября 1932 г. «Об учебных программах и режиме в высшей школе и техникумах», которое явилось поворотным пунктом в жизни высшей школы, и в частности МЭИ. Этим постановлением был ликвидирован бригадно-лабораторный метод, повышалась ведущая роль профессоров и преподавателей как организаторов учебного процесса, вводились экзамены и зачеты, восстанавливалось дипломное проектирование, причем защита дипломных проектов

должна была происходить перед государственными экзаменационными комиссиями с участием в них представителей промышленности.

Перед институтом вставали новые задачи. Они требовали более четкой структуры института. Появилось деление на факультеты. Их было первоначально шесть: теплотехнический (ТТФ), электроэнергетический (ЭЭФ), электромашино-аппаратостроительный (ЭМАС), электротранспортный, инженерно-экономический и электросвязи.

Четыре электротехнических факультета разместились в помещении на Коровьем Броду и на Гороховской улице, а теплотехнический и инженерно-экономический — в Замоскворечье, или, как тогда говорили, на «Плехановке».

В ответ на постановление правительства от 10 сентября 1932 г. по инициативе коллектива МЭИ началось всесоюзное социалистическое соревнование вузов, втузов и техникумов на лучшую организацию учебного процесса. В 1934 г., во втором туре соревнования, МЭИ завоевал второе место среди вузов и втузов СССР, а по итогам следующего 1934/35 учебного года добился первого места и получил как лучший вуз страны переходящее Красное знамя ЦИК СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, принадлежавшее до того Московскому механико-машиностроительному институту имени Н. Э. Баумана.

Еще ранее, в 1933/34 учебном году, произошел ряд событий, знаменовавших рост института, в котором В. С. Кулебакин развернул активную преподавательскую и научную деятельность.

Во-первых, МЭИ пополнился новым факультетом — физико-энергетическим (ФИЗЭН), который сейчас называется Факультетом электровакуумной техники и специального приборостроения (ЭВПФ). В то время основными специальностями этого факультета были электровакуумная техника и светотехника. Впоследствии его временно слили с факультетом связи. Во-вторых, были сделаны первые шаги по привлечению студентов к научно-исследовательской работе кафедр. С этой целью при кафедре были организованы научные кружки, или, как тогда говорили, группы содействия кафедрам. Одновременно начали издаваться литографским способом студенческие научно-технические журналы. В 1933/34 учебном году вышло пять номеров журнала ФИЗЭН, переименованного

впоследствии в «Вопросы электрофизики» и просуществовавшего до конца 1937/38 учебного года. В конце 1933/34 учебного года стал выходить журнал электроэнергетического факультета «Электроэнергетик», в котором неоднократно выступали с проблемными работами ученики В. С. Кулебакина. В 1938/39 учебном году на базе этих, а также позднее возникших журналов «Электромеханик» (электромеханического факультета) и «Теплотехника» (теплотехнического факультета) был создан общегосударственный печатный научно-технический студенческий сборник.

Дальнейшее повышение качества учебного процесса требовало расширения лабораторий и создания новых учебных аудиторий. Еще до разделения МВТУ планировалось строительство на территории бывшей Анненгофской рожи (где в настоящее время проходят Красноказарменная и Авиамоторная улицы) зданий для института, чтобы разбросанный по разным районам Москвы МЭИ мог собраться на одной территории и зажить полноценной жизнью. С каждым днем этот вопрос становился все острее. В начале 1934 г. делегацию института, в составе которой был и В. С. Кулебакин, принял нарком тяжелой промышленности Г. К. Орджоникидзе. Он дал указание о выделении необходимых средств для строительства учебного корпуса МЭИ (ныне дом № 17 по Красноказарменной улице).

Как уже было упомянуто, в первые годы существования института контингент студентов нового приема состоял преимущественно из работников промышленности, уже имевших специальность и поступивших в институт для повышения квалификации. Но время шло, постепенно менялся состав студентов. Теперь большинство их составляли 18-летние выпускники средних школ, плохо разбиравшиеся в различных специальностях института и затруднявшиеся даже в выборе «своего» факультета. Кулебакин настоял на том, чтобы в июне 1934 г. первые два курса были выделены из состава всех факультетов и образовали самостоятельный факультет, который сначала был назван общетехническим (ОТФ), а в ноябре 1936 г. переименован в общетехническое отделение (ОТО). Кулебакин понимал, что эта полумера, говоря языком теоретической электротехники, решает проблему лишь в первом приближении.

Общетехническое отделение просуществовало шесть лет. За это время действительно выяснилось, что оно не в состоянии полностью выполнить свою задачу. Учебный план его второго курса не может быть одинаковым для всех факультетов: будущие студенты теплотехнического факультета должны на этом курсе приступить к изучению теоретических основ теплотехники (ТОТ), а студенты электротехнических факультетов — теоретических основ электротехники (ТОЭ). Кроме того, ТОЭ и ТОТ не заканчивались на втором курсе, а продолжались еще и на третьем, и студенты, переходя на специальные факультеты, должны были завершить овладение этими дисциплинами не с теми лекторами и групповыми преподавателями, с которыми они его начинали. Наконец, студенты третьего курса оказывались для соответствующих деканатов совершенно новыми людьми и результаты изучения их в первые два года по существу пропадали.

Между тем потребность народного хозяйства в инженерах-электриках продолжала возрастать. В связи с интенсивным развитием промышленной электрорадиотехники и необходимостью заблаговременно готовить специалистов соответствующего профиля для радиозаводов в составе МЭИ был организован самостоятельный радиофакультет. К этому времени МЭИ состоял из пяти факультетов: теплотехнического, электроэнергетического, электромеханического (в состав которого вошла и электротяговая специальность), электрофизического и радиотехнического. Существовало также небольшое вечернее отделение института, студенты которого учились без отрыва от производства.

На плечи Кулебакина легла большая не только педагогическая, но и административная нагрузка. Результаты последней не сразу заметны, ибо часто она нацелена на будущее, перспективу. И Кулебакин сам составляет планы переподготовки преподавателей, намечает возможные варианты «стыковки» учебных курсов, причем таких специализированных курсов, которые еще никто и нигде не пробовал читать в студенческой аудитории.

Действительно, если считать годом рождения МЭИ начало специализации по профилю «инженер-электрик», то подобная первая специализация по электротехнике была организована еще в 1905 г. на механическом отделении МТУ. С этого момента и начинается развитие основных

специальностей электромеханического факультета МЭИ — электрические машины и аппараты.

Одним из первых (1910 г.) окончил МТУ по электротехнической специализации выдающийся впоследствии русский электротехник, основатель московской школы электромашиностроителей академик Клавдий Ипполитович Шенфер. Как уже отмечалось, несколькими годами позднее (1914 г.) Московское техническое училище окончил В. С. Кулебакин, с именем которого и связано возникновение в институте специализации по электрическим аппаратам.

Формирование первых студенческих групп на электротехническом факультете МВТУ, на который перешли многие студенты механического факультета, было проведено в 1919 г., учебный же процесс был налажен только к концу 1920 г., когда всем студентам, работавшим в промышленности и различных организациях, было предложено возвратиться в высшую школу для продолжения образования. В этом сказывалась забота страны о создании многотысячной армии отечественных специалистов высокой квалификации.

Кулебакин, окрыленный первыми научными успехами в создании новой теории зажигания, включается в работу по организации вуза, который готовил бы крайне нужные стране инженеров-электриков. Следует вспомнить, что до 1923 г. электротехнический факультет МВТУ выпускал лишь отдельных инженеров, специализировавшихся в области электрических машин. Других специализаций, существующих в настоящее время на электромеханическом факультете, в тот период не было. Среди первых выпускников электротехнического факультета МВТУ были Е. В. Нитусов, А. Н. Ларионов, С. А. Погожев и другие инженеры, впоследствии известные специалисты по электрическим машинам. Первая группа электромашиностроителей из шести человек окончила МВТУ в 1924 г. В последующие годы выпуск специалистов по электрическим машинам, а затем и по электрическим аппаратам проводился систематически. В этот период в МВТУ и на его электротехническом факультете еще не были организованы кафедры в том виде, как сегодня. Научно-методическое руководство осуществлялось цикловыми комиссиями. Такую комиссию по электрическим машинам и аппаратам возглавлял К. И. Шенфер.

В годы, предшествовавшие разделению МВТУ на отдельные вузы, сформировались научно-методические принципы, определившие подготовку инженеров-электриков по основным специальностям МЭИ, и в частности по электрическим машинам и аппаратам. Это стало возможным в результате большой творческой работы, проведенной Кулебакиным и другими основоположниками московской научной школы электротехников. Их трудами были созданы первые учебные планы и ценнейшие учебные пособия, по которым училась студенческая молодежь.

Естественно, Кулебакин и его соратники начинали не с нуля. Уже в 1915 г. К. А. Круг выпустил учебник по асинхронным двигателям, который в тот период являлся единственным фундаментальным руководством в этой области на русском языке. В 1916 г. вышел учебник К. И. Шенфера по коллекторным двигателям переменного тока, а в 1923 г.— его же учебник по машинам постоянного тока. В 1926 г. вышли учебник профессора С. И. Курбатова по машинам постоянного тока и учебное пособие молодого преподавателя Ю. С. Чечета по расчету электрических машин и трансформаторов. В последующие годы число издаваемых учебников и учебных пособий, обеспечивавших организацию подготовки инженеров по электрическим машинам и аппаратам, стало быстро возрастать. В 20-х годах были созданы курсы по проектированию электрических машин и аппаратов, их испытанию, а также по ряду других предметов, формировавших подготовку инженеров-электромехаников.

И вот в 1930 г., когда было осуществлено разделение МВТУ на отдельные вузы и создан МЭИ, возникла необходимость в организации специальностей как самостоятельных учебно-методических подразделов. В частности, были учреждены специальности по электрическим машинам и аппаратам. Руководителем по специальности электрических аппаратов стал В. С. Кулебакин. К 1930 г. оформилась подготовка инженеров по электромашиностроению и на электропромышленном факультете Московского института народного хозяйства имени Г. В. Плеханова. Одним из организаторов и руководителей этой специализации там был профессор С. И. Курбатов.

Формирование в МЭИ электромашиностроительной и электроаппаратостроительной специальностей совпало

с быстрым развитием советской электропромышленности в период первой пятилетки. Создавались новые заводы, для которых требовались квалифицированные электромеханики. Количество инженеров, окончивших МЭИ по электромеханическим специальностям, в этот период было еще невелико. Большинство их стало успешно работать в электропромышленности, на заводах «Электросила», «Динамо», на Московском и Запорожском трансформаторном, на Ярославском электромашиностроительном заводах, на заводе «Уралэлектроаппарат» и других предприятиях.

1932 год стал переломным в жизни высшей школы. Постановление партии и правительства о реорганизации работы высшей школы выдвинуло перед последней новые задачи, потребовало ее коренной реорганизации. В МЭИ были созданы новые факультеты, причем специализации по электрическим машинам и аппаратам вошли в состав электромашино- и аппаратостроительного факультета (ЭМАС), деканом которого был назначен профессор Г. Н. Петров. В состав ЭМАС входили кафедра электрических машин академика К. И. Шенфера, кафедра электрических аппаратов профессора В. С. Кулебакина и кафедра электроматериаловедения профессора Е. Ф. Комаркова. Кроме того, в институте была организована межфакультетская кафедра по электрическим машинам, которую возглавил профессор С. И. Курбатов. Таким образом, факультет ЭМАС положил начало и ныне существующему электромеханическому факультету. За время существования факультета как самостоятельной учебно-методической организации института Кулебакин разработал и проверил на практике систему подготовки инженеров-электромехаников. Опыт электромеханического факультета освоен ныне многими советскими вузами, в которых в настоящее время производится подготовка инженеров-электромехаников.

Важнейшей и трудной в условиях начала 20-х годов задачей в деле подготовки специалистов в области электромашиностроения — инженеров-конструкторов и технологов, без чего невозможно было создать в стране эту отрасль промышленности, являлась разработка основных курсов по теории и проектированию электрических машин. К ней с большой энергией и настойчивостью приступили К. И. Шенфер и В. С. Кулебакин, ставший первым ученым секретарем факультета.

Преподавание общих и специальных курсов по электрическим машинам потребовало создания новых учебников и учебных пособий. В этом направлении коллективом научных работников под руководством В. С. Кулебакина была проделана значительная работа. Можно отметить широко известную книгу В. С. Кулебакина «Испытание электрических машин и трансформаторов» и ряд его других учебников и учебных пособий, в особенности в области проектирования электрических аппаратов.

Сложность разработки программ по новым дисциплинам обуславливалась тем, что электроаппаратостроение как отрасль электротехнической промышленности начала формироваться в нашей стране только в 20-х годах и поначалу не возникал вопрос об организации соответствующей специализации в высшей технической школе. Поэтому подготовка инженеров-электриков по электрическим аппаратам ограничивалась чтением соответствующего общего курса. Его на электротехническом факультете МВТУ впервые стал читать Кулебакин, работавший в области электрических машин. Одновременно он занимался организацией первой лаборатории по электрическим аппаратам. В те и последующие годы Виктору Сергеевичу оказали немалую помощь в этом его ученики А. М. Сенкевич, К. А. Хлопотов, М. Ф. Костров, Б. И. Филиппович, Ф. С. Сметанников и др. В лаборатории были поставлены учебные работы по автоматическим регуляторам, реле и релейной защите, пускорегулирующей аппаратуре и аппаратам регулирующих устройств.

В 1932 г. В. С. Кулебакин, ставший к тому времени профессором, возглавил кафедру электрических аппаратов. В первый период своей работы кафедра уделяла много внимания постановке лабораторных и научно-исследовательских работ, за что на Всесоюзном конкурсе высших технических учебных заведений была удостоена премии. В результате объединения институтов кафедра пополнилась ценным оборудованием по релейной защите и коммутационной аппаратуре, принадлежащим ранее лаборатории электрических станций Московского института народного хозяйства, организованной там профессором М. Ф. Поляковым при содействии молодых преподавателей И. И. Соловьева и М. Ф. Кострова, которые перешли работать на кафедру электрических аппаратов,

Так вот именно на этой кафедре под руководством К. И. Шенфера и В. С. Кулебакина были созданы лекционные курсы по автоматическому регулированию электрических машин, аппаратам высокого напряжения, реле и релейной защите, пускорегулирующей аппаратуре и общим теоретическим основам электроаппаратостроения. С этой работой успешно справились молодые преподаватели, способные инженеры А. Я. Буйлов, Г. В. Буткевич, А. М. Федосеев и другие. В 1929 г. вышла книга В. С. Кулебакина «Пусковые и регулирующие реостаты», в 1933 г. — его монография «Кинетика возбуждения синхронных машин», в 1938 г. — учебник Л. Е. Соловьева и А. М. Федосеева «Релейная защита».

В 30-х годах отечественное электроаппаратостроение развивалось быстрыми темпами. Кулебакин поддерживал тесную связь с заводами. На его кафедре проводились научно-исследовательские работы по теории регулирования и автоматических регуляторов, методам расчета электромагнитных и индукционных систем, исследованию новых схем релейной защиты и т. п. Многие из этих работ завершились передачей промышленности макетов новых аппаратов и приборов.

Еще в 1928 г. на электротехническом факультете МВТУ Виктор Сергеевич начал читать новый курс «Электрические машины специального назначения». В нем речь шла о самолетном, танковом, автомобильном и тракторном электрооборудовании. Были также организованы лабораторные работы по трехщеточному генератору, автомобильному генератору с вибрационным регулятором и зажиганию от магнето высокого напряжения.

В 1930 г. в МЭИ была создана кафедра специально-электромашиностроения, с которой кафедра Кулебакина начала творческое содружество. Правда, эта кафедра просуществовала недолго — до 1932 г., когда ее слили с кафедрой электромашиностроения.

В конце 20-х — начале 30-х годов возникла потребность в подготовке инженеров-электриков по самолетному, автомобильному и тракторному электрооборудованию, необходимых заводам и лабораториям. Московский энергетический институт явился первой и единственной высшей школой в стране, где по инициативе В. С. Кулебакина и А. Н. Ларионова началась подготовка таких специалистов. С этой целью был разработан и прочитан ряд

курсов: «Машины специального назначения» (А. Н. Ларионов), «Кинетика возбуждения электрических машин и аппараты зажигания» (В. С. Кулебакин), «Постоянные магниты» (А. М. Сенкевич).

В 1930/31 г. курс электрических машин специального назначения читался также студентам специальности «Электрические машины». Созданная учебная лаборатория по электрическим машинам специального назначения имела 16 стендов: по аппаратам зажигания, генераторам, регулированию напряжения, стартерам самолетного, танкового, автомобильного, автобусного и тракторного оборудования. В организации этой лаборатории и проведении занятий в ней большую помощь А. Н. Ларионову оказали Е. Т. Богомоллов и Ю. М. Галкин.

В 1931 г. в МЭИ были организованы вечерние группы студентов специальности ААТЭ (авиационное и автотракторное электрооборудование). В них обучались без отрыва от производства преимущественно техники и заводские работники. В. С. Кулебакин составил для этих групп особый учебный план, привлек к преподаванию отдельных дисциплин А. Н. Ларионова, А. С. Кантора, С. П. Фролова.

Так создавалось ядро кулебакинской школы, которая смелой постановкой научных проблем электрификации, особенно в области авиационного электрооборудования, намного опередила исследовательские группы зарубежных вузов и проектных организаций. В 1933 г. Виктор Сергеевич Кулебакин был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Глава шестая

В Комиссии по ночным полетам

В подвале старинного московского дома несколько человек, одетых по-зимнему, заняты странным делом: ловят зайчики света. Длинную комнату, стены которой покрашены в черный цвет, перегораживает белый экран с разнокалиберными циферблатами приборов. Узкие окна у самого потолка плотно зашторены черной материей. Если погасить маленькую электрическую лампочку, укрепленную на треноге штатива, наступит непроницаемая тьма. Но именно эти условия так важны для эксперимента. Моделируется безлунная ночь. Миниатюрная лампочка сбоку штатива имитирует прожектор. Она дает направленный световой поток, нацеленный на зачерненный сажей прямоугольный лист бумаги. Вообще-то нужна глянцевая бумага, но где ее взять? И в дело пошла мохнатая, как валенок, бумажная тара. Необходимо богатое изображение, чтобы зачерненный бумажный лист считать грунтовым аэродромом, маленькие электрические лампочки от карманного фонарика — посадочными прожекторами, а прямоугольные шкалы гальванометров — глазами пилота.

В комнате очень холодно — чуть выше нуля по Цельсию. Вся Москва на жестком топливном пайке. Ассистенты в шубах, только, кажется, руководителя эксперимента, одетого в кожаную куртку, не пробирает озноб. Разгоряченный настройкой сигнальных устройств, он даже скинул буденовку. Ему мешает пар, идущий от дыхания ассистентов.

— Нет, товарищи, так дальше нельзя. От замера к замеру кривые у нас «дрейфуют». Здесь, — он окинул взглядом давно нетопленное помещение лаборатории, — подбьем теоретическую часть, сделаем прикидочные расчеты. А эксперимент придется заканчивать на опытном аэродроме.

Так Виктор Сергеевич Кулебакин подытожил результаты одного, далеко не самого плодотворного, дня экспериментальной группы ГЭИ. Она в спешном порядке выполняла важное задание командования Военно-Воздушных Сил молодой Советской республики. Сам Кулебакин теперь занимал ответственный пост в Научно-техническом комитете ВВС¹.

В ту пору на место ВВС в системе обороны страны смотрели по-разному. Даже самые признанные зарубежные авторитеты давали весьма противоречивые оценки, когда дело касалось перспектив развития военной авиации. Многие из них, ошибочно оценив опыт использования авиации в итало-турецкой (1911—1912 гг.) и балканских (1912—1913 гг.) войнах, полагали, что во время боевых действий она в лучшем случае сможет вести воздушную разведку и осуществлять связь между пехотными полками. Видные английские военачальники считали, что «бой самолетов между собой — глупая и бесполезная игра, которая может встретиться лишь чисто случайным образом». На маневрах во Франции генерал Фош бросил мимоходом: «Может быть, самолет и хорошее средство спорта, но он не годится для армии...». Противоположной точки зрения придерживался итальянский генерал Дуэ, утверждавший, что «авиация может полностью заменить собой и вытеснить с полей сражения все другие рода войск»².

Советская военная наука нацеливала на главное: на необходимость гармоничного, пропорционального развития всех родов войск, на хорошо организованное взаимодействие их между собой. Коммунистическая партия и лично В. И. Ленин с первых же дней Советской власти уделяли повседневное внимание организации военной авиации — крылатого защитника завоеваний Октября. Создавались авиаотряды для действий на фронтах гражданской войны. В боях с белогвардейцами и интервентами советские летчики положили начало штурмовым действиям авиации, впервые в мире стали осваивать боевые действия ночью.

¹ Из архива В. С. Кулебакина и по воспоминаниям, сообщенным автору им и А. Д. Кулебакиной.

² Симаков В. Л., Шипилов И. Ф. Воздушный Флот Страны Советов. М., 1957, с. 81, 197.

Красный Воздушный Флот создавался в чрезвычайно тяжелых условиях: остро сказывался недостаток самолетов, двигателей и необходимого авиационного оборудования. Скудный авиационный парк, оставшийся от старой русской армии, был чрезвычайно разнотипен и состоял преимущественно из самолетов устаревших конструкций. Наладить производство новых самолетов и моторов на немногих маломощных и плохо оборудованных авиационных предприятиях, которыми располагала в то время страна, не представлялось возможным. Поэтому, перейдя к мирному строительству, Коммунистическая партия и Советское правительство придавали огромное значение высоким темпам восстановления и дальнейшего развития воздухоплавания. В январе 1921 г. Совет Труда и Оборона по указанию В. И. Ленина создал комиссию по выработке так называемой «Программы-максимум развития авиации и воздухоплавания». По докладу этой комиссии Совет Труда и Оборона принял несколько постановлений: о финансировании авиационных предприятий, о расширении старых и постройке новых авиационных заводов и др. X съезд партии (март 1921 г.) постановил «обратить исключительное внимание на все специальные технические части (артиллерийские, пулеметные, автоброневые, авиационные, инженерные, бронепоездные и пр.); обеспечить эти части всеми необходимыми предметами как боевого, так и материально-хозяйственного снабжения»³.

Несмотря на трудности, связанные с восстановлением разрушенного войной народного хозяйства, Советское правительство еще в 1921 г. ассигновало на развитие авиационных предприятий 3 млн. рублей золотом⁴. В последующие годы ассигнования на расширение и восстановление авиационных заводов все более возрастают. В поле зрения Коммунистической партии и Советского правительства — создание необходимых предпосылок для развития отечественной авиационной науки и техники. Увеличиваются масштабы исследований, расширяется их материальная база. На ряде авиационных заводов развертывается опытное строительство самолетов и двигателей.

³ КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. 7-е изд., ч. I, с. 569.

⁴ Симаков В. Л., Шипилов И. Ф. Воздушный Флот Страны Советов, с. 170.

Весьма интересные теоретические и практические исследования в начале 20-х годов проводил Научно-опытный аэродром Военно-Воздушных Сил (впоследствии НИИ ВВС) по испытанию новых самолетов и авиационной техники. Он имел в своем составе летный отдел, техническое бюро, электрорадиолaborатории, аэрофотограмметрический институт, аэронавигационную станцию и несколько других специальных отделов. В отделах Научно-опытного аэродрома разрабатывались проекты различного специального оборудования самолетов. Зимой 1923 г. работники Научно-опытного аэродрома приступили к экспериментальным полетам ночью.

Применение осветительных средств для организации ночных полетов началось в годы первой мировой войны. В предвоенном 1913 г. в России было сооружено 15 эллингов, оборудованных отечественными зеркальными светильниками и прожекторами Кулибина — Чиколева. Свет им давала лампа накаливания с угольной нитью, изобретенная А. Н. Ладыгиным. К 1914 г. в России насчитывалось 14 постоянных аэродромов, оборудованных, правда, еще маломощными отечественными осветительными и электрическими установками.

В 1920 г. при Научно-техническом комитете ВВС организуется Комиссия по ночным полетам во главе с Виктором Сергеевичем Кулебакиным. Практического опыта в создании авиационного светотехнического оборудования ни у нас, ни за рубежом почти не было. С чего начинать? И тут Кулебакин вспомнил рассказ своего давнишнего сослуживца В. Г. Соколова об опытах в этом направлении автора «мертвой петли» П. Н. Нестерова. Прославленного летчика-новатора тоже не удовлетворяли до предела упрощенные полеты при свете ясного дня, он настойчиво искал пути повышения ударной мощи крылатых машин. Нестеров стал тренировать личный состав своего авиаотряда, приближая по возможности условия к тем, которые могут сложиться в военной обстановке. Он разработал правила корректировки артиллерийского огня с помощью навигационных приборов с самолетов, думал о тактике воздушного боя.

Кулебакина, глубоко изучившего исторические материалы, относящиеся к использованию электричества в авиации, изумило, как, словно читая его собственные мысли, Нестеров обратился к своим начальникам с прось-

бой разрешить ему производство ночных полетов, в необходимости которых он убедился еще во время опытов на артиллерийском полигоне. Более месяца добивался Нестеров этого разрешения. О замыслах летчика-новатора узнали в Киевском обществе воздухоплавания, где он состоял почетным членом. Только благодаря ходатайству влиятельных членов общества Нестеров получил разрешение провести ночные полеты.

Сначала Нестеров вместе с летчиками своего отряда летал в обычные светлые ночи, не требовавшие специального освещения для посадки. Посадка в темные, безлунные ночи осуществлялась при свете костров. Для выполнения боевых задач, например воздушной разведки и освещения для этого наземных объектов в темное время суток, на самолете Нестерова установили прожектор с газовой лампой, но даже при снижении до 50 м слабый луч прожектора не достигал земли... Конкретные предложения Нестерова об электрических устройствах, необходимых для обеспечения ночных полетов, не были оценены по достоинству.

Виктор Сергеевич приступил к работе в содружестве с профессором Б. Ф. Федоровым. Предстояло изучить характеристики видимости различных по яркости и цвету световых сигналов, по-разному воспринимаемых человеческим глазом. Пришлось засесть за труды медиков по физиологии и психологии, провести потребовавшие поистине ювелирной точности исследования, которые теперь мы отнесли бы к сравнительно недавно родившейся на свет науке — инженерной психологии, или точнее, к эргономике. Разумеется, в ту пору еще не существовало подобных или чем-то отдаленно напоминающих их научных терминов. Тем не менее еще в начале 20-х годов Кулебакин предвосхитил основные идеи кибернетики: системный подход, поиск оптимального решения с учетом граничных условий, повышение эффективности системы «человек — машина».

Как поступали зарубежные авиаспециалисты, бывшие над решением проблемы ночных полетов? В большинстве случаев они оснащали самолет или оборудовали аэродром такими светотехническими устройствами, которые могла дать к моменту их установки электропромышленность. Сейчас мы бы назвали такой подход жестким приспособлением человека к машине, т. е. «подгон-

кой» пилота к бортовым и наземным техническим устройствам. Заслуга Кулебакина в том, что с самого начала он стал решать задачу согласования звеньев «человек — машина» в обратном порядке — в интересах человека. Иными словами, создаваемые светотехнические устройства должны были, с его точки зрения, не только удовлетворять традиционным авиационным требованиям (малый вес и габариты, высокая надежность и пр.), но и «подгоняться» под пилота, т. е. оптимальным образом согласовываться с психофизиологическими возможностями летчика. Более того, Кулебакин, взяв на вооружение системный подход, стремился оптимизировать всю сложную многозвенную систему «человек — самолет — аэродром».

Естественно, знаний, полученных в МВТУ, было для этого явно недостаточно, и Виктор Сергеевич серьезно занялся совершенно новой для него наукой — светотехникой. Сохранился конспект лекции, прочитанной Кулебакиным, как он выражался, «в целях ликбеза» для инженеров-электриков, которые ранее работали в промышленной энергетике.

«...Во время ночного полета глаз летчика предъявляются повышенные требования. Летчик должен, с одной стороны, читать показания приборов, находить свое место на карте, а с другой — вести наблюдение за слабо освещенными объектами, находящимися в поле зрения. Ярко освещенные предметы (рычаги управления, шкалы приборов и пр.) затрудняют различение объектов, обладающих малой яркостью и находящихся за бортом самолета.

Таким образом, освещение в кабине должно удовлетворять двум противоречивым требованиям: чтобы различать показания приборов, оно должно быть достаточно ярким и в то же время не должно превышать известного уровня, чтобы не нарушать способности глаза воспринимать слабо освещенные объекты, а также, что очень важно в боевых условиях, — не демаскировать самолет.

...Все окружающие нас предметы делятся на прозрачные и непрозрачные. Однако резкой границы между ними нет. Есть предметы, которые занимают промежуточное положение. Они пропускают свет, но ясно видеть сквозь них нельзя. Такие предметы называются просвечивающими. К ним относятся, например, матовое стекло, промасленная бумага и др. Когда световой поток падает на прозрачный предмет, то его часть проходит сквозь него,

часть поглощается предметом, а остальная — отражается. Когда же световой поток падает на непрозрачное тело, то имеется только поглощение и отражение света. Вот полученная экспериментально таблица, в которой приведены значения коэффициентов отражения, поглощения и пропускания некоторых материалов.

Материал	Коэффициент, %		
	отражения	поглощения	пропускания
Стеклопосеребренное зеркало	85	15	—
Оконное стекло (толщ на 1—2 мм)	8	2	90
Матовое стекло	10	5	85
Черный бархат	0,5	99,5	—
Снег	84	16	—
Трава	13	87	—
Чернозем	5—7	95—93	—
Асфальт	7—10	93—90	—

...Летчик, заходя на посадку, может не обнаружить посадочный знак „Т“, выложенный днем или ночью на летном поле, вследствие нескольких причин. Конечно, тут играет роль и высота полета, малое время наблюдения (обзора земной поверхности) и пр. Однако это же может случиться, если не учесть специфику работы человеческого глаза. Например, выложить белое полотнище „Т“ на снегу или в яркую лунную ночь. В этом случае отсутствует контраст между предметом и фоном.

То же самое можно сказать и о световой сигнализации. Здесь также важна яркость фона, на котором наблюдается световой сигнал. Так, хорошо известно, что сигналы от небольшого источника света (например, от лампочки карманного фонаря) видны на значительном расстоянии в темную безлунную ночь. Хуже, причем и на меньшем расстоянии, — в светлую лунную ночь. И совсем плохо — днем, когда очень высокая яркость фона.

Из обыденной жизни мы знаем: дальность видимости световых сигналов зависит от состояния атмосферы. Так, если в ясную ночь мы уверенно наблюдаем сигналы от

небольших источников света на расстоянии в десятки километров, то в туман дальность видимости тех же источников света может снизиться до нескольких десятков метров. Таким образом, поглощение и рассеивание атмосферой световых лучей — один из основных факторов, влияющих на видимость световых аэродромных сигналов. Особо коварен туман. С увеличением мощности посадочного прожектора только увеличивается яркость ореола. Предмет как бы оказывается в темном облаке мельчайших водяных капель. Пробить его даже сверхмощными прожекторами практически невозможно. Расчеты показывают, что для этой цели потребовались бы зеркальные отражатели колоссальных размеров — с диаметром зеркала от 3 до 5 км. Где же выход? Давайте попробуем использовать опыт железнодорожников. Будем устанавливать на аэродроме огни средней мощности, но располагать их на сравнительно небольших расстояниях один от другого.

Цвет сигнала не безразличен для сигнализации. Световые сигналы белого цвета легко можно спутать со случайными огнями на земле, например со световой рекламой в городах. Чтобы избежать этого явления, в авиации применяют цветные огни, а белые используют в проблемном режиме. В этом случае сигналы резко выделяются на фоне окружающих огней и смешать их с земными уже нельзя.

Для этой цели посадочный прожектор будем вращать электромотором вокруг вертикальной оси. Летчик увидит яркий свет через определенные промежутки времени, зависящие от скорости вращения прожектора.

В кодовых посадочных огнях можно сделать специальные приспособления, при помощи которых свет будет излучаться через определенные, чередующиеся в определенной последовательности промежутки времени, т. е. по определенному коду. Этого можно достичь, открывая и закрывая световое отверстие маяка специальными заслонками (жалюзи)»⁵.

Кулебакин не случайно уделял такое большое внимание проблемам светотехнических посадочных устройств. Посадочное освещение аэродрома обеспечивает один из наиболее ответственных и трудных этапов ночного поле-

⁵ Личный архив В. С. Кулебакина.

та — посадку самолета. Поэтому именно к посадочному освещению командование ВВС предъявило особенно строгие требования.

Вкратце они сводились к следующему:

1. Прожекторы должны создавать требуемую мощность освещенности, достаточно равномерно распределенную на площади, необходимой для безопасной посадки самолета.

2. Посадочные прожекторы не должны оказывать слепящего действия на глаза пилота.

3. Прожекторы должны быть установлены таким образом, чтобы не создавать препятствий самолету, идущему на посадку.

Кроме того, посадочное освещение, разумеется, должно быть экономичным, простым в обслуживании.

Чтобы уверенно произвести безопасную посадку самолета ночью, летчику необходимо видеть поверхность летного поля или хотя бы поверхность взлетно-посадочной полосы. Раньше, когда аэродромы имели небольшие размеры, посадочные прожекторы равномерно размещались на границе летного поля. В этом случае удавалось добиться хорошего качества освещения. Однако с ростом протяженности посадочных полос прожекторы приходилось располагать по большому пространству. Тем самым они становились препятствием на подходах к аэродрому, что ночью создавало реальную угрозу столкновения. По предложению заместителя Виктора Сергеевича Б. Ф. Федорова решили располагать прожекторы по группам. Каждая из них освещала все направления для посадки в определенном секторе летного поля. При этом легче достигается необходимая освещенность и большая равномерность подсветки прожекторами меньшей мощности, чем та, что потребовалась бы одному прожектору. Кстати, этот принцип применяется и сейчас.

Как и всякий летчик 20-х годов, Кулебакин хорошо представлял, что посадка самолета, как, впрочем, и его взлет, обычно совершается против ветра. Поэтому перед непосредственным заходом самолета на посадку летчик должен своевременно получить информацию о направлении и скорости ветра у поверхности земли. Для этой цели служил устанавливаемый на аэродроме ветроуказатель. Он представлял собой усеченный конус, сшитый из поперечных чередующихся черных и белых полос плотной материи. Конус надувался ветром с широкого конца и своей

вершиной был обращен по направлению ветра. Днем конус был с воздуха хорошо заметен. А как быть ночью? Как летчик узнает скорость ветра на посадке?

Раньше использовали тот же ветровой конус, подсвеченный четырьмя лампочками. Каждая из них имела мощность порядка 100—500 Вт. Однако видимость конуса с воздуха все же была неважной. Кулебакин решил вообще отказаться от конуса и использовать освещенный ветроуказатель жесткой конструкции. По форме он выполнялся в виде так знакомой каждому авиатору буквы «Т». Этот ветроуказатель под действием ветра вращался вокруг вертикальной оси и устанавливался по направлению ветра. Такой ветроуказатель хорошо просматривался ночью с высоты 1000 м и на расстоянии не менее 2 км. Именно с этого расстояния летчику на посадке очень важно знать направление и скорость ветра у поверхности земли.

Есть ли необходимость в том, чтобы ветроуказатель показывал абсолютно все значения скорости ветра? Практика летной работы подсказывала Виктору Сергеевичу, что можно ограничиться значениями скорости ветра в пределах трех ступеней: до 4 м/с, с 4 до 10 м/с и свыше 10 м/с. Если скорость ветра падала ниже 2—3 м/с, ветроуказатель автоматически устанавливался в заранее заданное положение. Обычно оно совпадало с направлением посадочной полосы. Это было необходимо для того, чтобы при очень слабом ветре ветроуказатель, остановившийся в каком-то случайном положении, не ввел пилота в заблуждение относительно направления ветра.

Напряженная работа в Комиссии по ночным полетам, начатая в 1920 г., подходила к завершающему этапу. Вскоре Кулебакин доложил командованию ВВС о разработке первого в мире стандартного комплекта осветительной самолетной арматуры (КОСА). В него входили электрощиток летчика, генератор постоянного тока мощностью 150 Вт, работавший от установленной на фюзеляже ветрянки. Кроме того, на самолете устанавливалась посадочная фара с лампой мощностью 100 Вт. Ночью показания приборов и карты в кабине можно было читать с помощью двух небольших лампочек. На крыльях и хвосте самолета монтировались разноцветные аэронавигационные огни: красный, зеленый и белый. Предусматривался также и специальный кодовый огонь, с помощью которого

экипаж мог передать вниз особо важные, предусмотренные заранее команды.

Летные испытания новой самолетной светотехнической системы и аэродромной аппаратуры прошли успешно. Уже в 1923 г. Московский центральный аэропорт имени М. В. Фрунзе (ныне Аэровокзал у Ленинградского проспекта, рядом со станцией метро «Динамо») был оборудован осветительным и сигнальным оборудованием для ночных полетов. В его состав входили кодовый неоновый светомаяк, посадочные прожекторы, подсвеченный ветроуказатель жесткой конструкции, разноцветные заградительные и пограничные огни. Летчики получили подробное изложение методики взлета и захода на посадку в ночных условиях. Методика была составлена детально, со знанием дела, с указанием различных режимов пилотирования. Это и понятно: ее редактировал сам председатель комиссии — ученый и военный летчик Виктор Сергеевич Кулебакин.

Работа по укреплению оборонной мощи Красного Воздушного Флота

Виктор Сергеевич Кулебакин являл собою пример необычайно разностороннего и энергичного ученого. В его творческой жизни 20-е годы — своего года «болдинская осень». Именно на это время приходится его успешные работы по плану ГОЭЛРО, создание теории магнето, плодотворная деятельность по организации первых в стране научных и учебных институтов по электротехнике. Но «первая любовь» Виктора Сергеевича — авиация — влекла его всегда. Тогда же, в 20-х годах, оторвавшись от других дел, он длительное время сотрудничал в Комиссии по ночным полетам. Тогда же, повинувшись просьбе своего первого учителя Н. Е. Жуковского, связал свою судьбу с Военно-воздушной академией.

В те, уже далекие от нас годы, она еще не носила имя «отца русской авиации», а была, как мы теперь говорим, средним учебным заведением. В трудное время гражданской войны правительство молодой Советской республики одобрило предложение Н. Е. Жуковского и возглавляемой им группы ученых об организации самостоятельного специального учебного заведения для подготовки авиационных инженерно-технических кадров. 5 сентября 1919 г. в газете «Экономическая жизнь» появилось официальное сообщение о создании в Москве авиатехникума. Цитируем строки из этого сообщения: «Организацией Авиатехникума положено начало делу создания кадров научно подготовленных специалистов в области авиации. Целью Авиатехникума является всесторонняя теоретическая и практическая подготовка специалистов по аэропланостроению, моторостроению и эксплуатации авиационных и моторно-авиационных заводов». Трехлетняя программа обучения предусматривала преподавание специальных и общинженерных предметов (высшей математики, механики, физики, химии, сопротивления материалов

и пр.), а также обязательную практику слушателей на авиационных и моторных заводах и аэродромах. Лица, имевшие инженерное образование, получали возможность изучать только авиационные предметы.

Организаторы позаботились и о том, чтобы создать условия для обучения в авиатехникуме рабочим и лицам, занятым на заводах и в различных учреждениях. Для этой цели они предусмотрели вечернее отделение для подготовки квалифицированных рабочих, мастеров, механиков и техников по авиации. В программу вечернего отделения, или, как его тогда называли, вечернего авиатехникума, включались и общеобразовательные предметы: литература, элементарная математика, начиная с арифметики, и другие, чтобы дать возможность слушателям-рабочим получить «как общее развитие, так и специальное».

К преподаванию в авиатехникуме Н. Е. Жуковский привлек крупных специалистов: профессоров С. П. Финикова, А. П. Величковского, В. В. Шарвина, инженеров-механиков Г. Д. Сендецкого, В. П. Ветчинкина, В. А. и А. А. Архангельских, Н. И. Иванова, Б. С. Стечкина, Н. Г. Ченцова, В. Е. Лебедева, И. И. Васильева, В. И. Венкова, И. Н. Веселовского, Б. Н. Юрьева, А. С. Бриткина.

Однако в условиях военного времени в 1919 г. удалось укомплектовать только первый курс дневного инженерного отделения и таким образом вместо учебного комбината было фактически создано одно его звено — высшее. Специальным постановлением Революционного Военного Совета Республики от 15 октября 1919 г. в авиатехникум допускались полевые авиатехники, которые отзывались для этого с фронтов¹. 29 июля 1920 г. Революционный Военный Совет Республики по настойчивому ходатайству Главвоздухофлота и с согласия Наркомпроса, учитывая назначение авиатехникума, передал его в ведение Главного управления Красного Воздушного Флота, что существенно упрощало комплектование авиатехникума слушателями-военнослужащими.

Кулебакин впервые появился в авиатехникуме, когда заканчивался 1919/20 учебный год. Шла подготовка к новому 1920/21 учебному году и к приемным испытаниям

¹ Из архива Научно-мемориального музея Н. Е. Жуковского в Москве.



*Преподаватель
Военно-воздушной академии
им. Н. Е. Жуковского (1936)*

кандидатов нового набора. Состоялась беседа Виктора Сергеевича с профессором Н. Е. Жуковским. Тот живо интересовался успехами своего ученика, просил не забывать и про воздухоплавание. Авиатехникум, по словам Н. Е. Жуковского, как новое высшее авиационное учебное заведение, представлял собой те могучие корни, которые должны были обеспечить рост широко разветвленного «древа научного познания» в виде будущего учебного центра столь необходимой для Советской республики кузницы инженерно-авиационных кадров.

Подготовка к новому 1920/21 учебному году отличалась особенной торжественностью. Начало его совпадало с первой годовщиной авиатехникума и 50-летием научной деятельности профессора Жуковского. Совет авиатехникума решил совместить оба юбилея и возбудил ходатайство о присвоении авиатехникуму имени Н. Е. Жуковского, а также о переименовании учебного заведения в Высший авиатехникум.

Пятидесятилетие научной деятельности творца авиационной науки было широко отмечено в нашей стране. В декабре 1920 г. В. И. Ленин подписал Постановление Совета Народных Комиссаров, в котором была высоко оценена заслуга «отца русской авиации», устанавливалась премия его имени за наилучшие труды по математике и механике. Революционный Военный Совет Республики реорганизовал авиатехникум в Институт инженеров Красного Воздушного Флота имени Н. Е. Жуковского, а в 1925 г. присвоил ему наименование Военная воздушная академия РККА того же имени.

1923/24 учебный год протекал с подъемом: были приняты важные правительственные постановления о строительстве Красного Воздушного Флота. При необязательном в то время посещении лекций аудитории нередко бывали полностью заполненными слушателями. В. С. Кулебакин, как и другие ученики Н. Е. Жуковского, ставшие к этому времени известными учеными (В. П. Ветчинкин, Б. С. Стечкин, Б. Н. Юрьев), интенсивно развивал новые разделы авиационной науки. Еще ранее он привлекался к чтению лекций в авиатехникуме. С 1923 г. он — начальник одной из самых молодых кафедр этого учебного заведения. Кулебакин нес результаты своих трудов в аудиторию. Окончание лекций нередко сопровождалось дружными аплодисментами слушателей.

Потребности строительства Военно-Воздушного Флота выдвинули необходимость подготовки помимо авиационных инженеров еще и командиров авиации. В январе 1924 г. был создан факультет по службе Воздушного Флота (военный факультет), укомплектованный отобранными в авиачастях слушателями. По совместной инициативе руководства Военной воздушной академии и Военной Академии РККА было организовано Военно-научное общество (ВНО), куда вошли все члены ранее организованного слушателями академии Жуковского научно-технического кружка. Немалая заслуга в организации ВНО принадлежала В. С. Кулебакину. Имея опыт педагогической деятельности, он считал, что научным проектированием слушателям надо заниматься с самых первых курсов. Интерес к работе во ВНО был настолько велик, что к лету 1923 г. в ней принимали участие более 80% слушателей. Журнал «Вестник Воздушного Флота» — орган Главного управления Воздушного Флота — так характери-

зовал тогда задачи ВНО: «В основу стремлений ВНО было положено повышение квалификации будущего командного и технического состава Воздушного Флота путем самодеятельности самих членов ВНО... ВНО предстоит также принять участие в разработке вопросов научной подготовки, воспитания и спайки будущего Генштаба и инженеров Воздушного Флота и, кроме того, содействовать упрочению тесной связи техники и военного дела Воздушного Флота...»². И далее в том же номере журнала так характеризовалась общественная деятельность слушателей-авиаторов.

«Академия Воздушного Флота принимает активное участие в деле помощи Воздушному Флоту. Во всех московских вузах лекторской группой из среды слушателей Академии были устроены доклады об авиации, а в Межевом институте организован планерный кружок. 14 слушателей Академии были в провинции и повсюду организовали ячейки Общества друзей Воздушного Флота. Академией напечатаны тезисы-конспекты популярных лекций по авиации, снабженные библиографическими указателями литературы, и изготовлен ряд диаграмм, диапозитивов и плакатов. Сооружено также несколько моделей самолетов...»³.

Самостоятельность секций ВНО Академии в то время была очень высока. В секции воздушных сообщений слушатели Л. С. Курин, А. П. Смолин и другие разрабатывали и публиковали в печати теоретические основы инженерных расчетов дальних перелетов. В планерной секции, руководимой слушателем В. С. Пышновым, теоретически и практически осваивался «парящий полет». В воздухоплавательной секции процветала летная работа по программам полетов в интересах метеослужбы ВВС. Под руководством В. С. Кулебакина и М. Н. Канищева будущие инженеры воздухоплавательной специальности овладевали искусством пользоваться изменчивыми по высоте воздушными течениями при полетах на свободных аэростатах, активно участвовали в сборке первого советского дирижабля «Химик-резинщик» конструкции преподавателя Академии Н. В. Фомина, изучали труды К. Э. Циолковского по воздухоплаванию и теории космического по-

² Вестник Воздушного Флота, 1923, № 3, с. 130.

³ Там же, с. 131.

лета. 23 августа 1923 г. К. Э. Циолковский на собрании воздухоплавательной секции ВНО прочитал лекцию о своих работах, вызвавшую восторг всей аудитории.

Первые годы были особенно трудными для академии: все создавалось заново — и учебные курсы, и лаборатории, и контакты с промышленными учреждениями и воинскими частями для проведения там практики слушателей. Предстояли первые выпуски инженеров. Большой моральной поддержкой для Кулебакина и всего профессорско-преподавательского состава академии являлось заботливое отношение к ней народного комиссара по военным и морским делам М. В. Фрунзе, который одобрял ее пребывание в составе военного ведомства, что, по его убеждению, обещало наибольший успех в строительстве военной авиации.

Кулебакин надолго запомнил вдохновляющую речь наркомвоенмора, произнесенную в связи с приближавшейся годовщиной академии в 1924 г. «...Что касается Академии Воздушного Флота — вернее тех функций, для осуществления которых она создана, — сказал М. В. Фрунзе, — то при настоящем положении дел сохранение этого учреждения как самостоятельно функционирующего организма в недрах военного ведомства представляется совершенно необходимым. Поэтому пусть и слушатели, и руководители Академии работают дальше со всей энергией над улучшением и развитием своего научного и учебного дела и тем готовят условия для создания мощного Воздушного Флота»⁴.

Качество работы любого высшего учебного заведения обычно оценивают по уровню научной и практической подготовки выпускников, а он в значительной степени зависит от уровня общенаучной подготовки, даваемой на первых двух курсах вуза. Именно поэтому Кулебакин, не жалея ни сил, ни личного времени, занимался с первокурсниками ВНО. Обучение в авиатехникуме и в институте в 1919—1921 гг. велось в тяжелых условиях, но постановка учебного дела и там при высокой требовательности на экзаменах и развитой инициативе слушателей обеспечивала необходимый для инженера уровень научных знаний. Пройдет время, и выпускники первого в стране авиацион-

⁴ Юбилейный сборник. Изд. Академии имени проф. Н. Е. Жуковского. М., 1942, с. 11—12.

ного вуза не раз прославят нашу Родину, ее славный Воздушный Флот. Среди них ныне широко известные государственные деятели, конструкторы и ученые.

Продолжая дело Н. Е. Жуковского, его ученики, в том числе и Кулебакин, сделали многое для развития отечественной авиации. Виктор Сергеевич сосредоточил внимание на подготовке авиаторов-электриков.

Как известно, на заре авиации электрическая энергия на борту самолета применялась крайне ограниченно. Аккумулятор, магнето да вольтметр — вот, пожалуй, и все элементы электрооборудования самолета того времени. Не было даже специального щитка или панели для каких-либо электроизмерительных приборов. Кулебакин не раз вспоминал, что за неимением подобного приборного щитка он был вынужден высотомер пристегивать ремешком к... своей коленке. С развитием нашей авиации с каждым годом усиливалась роль и значение приборного оборудования. Усложнялись условия боевого применения и на борту самолета стали ставить все больше контрольных приборов. Их действие основывалось на использовании самых разнообразных физических принципов и на применении в широких масштабах электрической энергии. Это и понятно: с развитием авиации, по мере увеличения скоростей, дальности и высоты полетов самолетов, расширения оперативно-тактических задач, возлагаемых на Военно-Воздушный Флот, роль электричества, радиотехнических средств, контрольных и пилотажных приборов становилась все более и более значительной. К 30-м годам положение весьма обострилось. Управление самолетом, его вооружением, выполнение ряда боевых операций, осуществление дальних полетов, полетов вслепую, ночью, в тяжелых метеорологических условиях, непрерывное поддержание телеграфной и телефонной связи, ориентировка, разведка, посадка, непрерывный контроль за работой винтомоторной группы и т. п. стали немислимы без оснащения самолета специальным оборудованием: радио, многими контрольно-измерительными и навигационными приборами.

Поэтому, естественно, возникла необходимость пополнить инженерно-технический состав ВВС инженерами, способными развивать авиационную электротехнику и приборное оборудование, правильно и научно обоснованно эксплуатировать сложную и весьма дорогостоящую ма-

териальную часть самолетов и аэродромов. Тем самым можно было бы поднять на еще более высокий уровень эффективность боевого применения нашей авиации, повысить надежность полетов днем и ночью, а также в сложных метеорологических условиях, да и вообще облегчить летному составу выполнение любых заданий.

К мысли о необходимости подготовки слушателей по этой специальности в академии стали приходить уже в конце 20-х годов. В то время в Воздушном Флоте наметилась потребность в инженерах, компетентных во всех областях применения в авиации различных видов электроэнергии, особенно специалистов по аэронавигационным и контрольным приборам и по радиосвязи. В этой связи для постановки новых учебных курсов в академии очень пригодилась работа Кулебакина в Комиссии по ночным полетам. К тому же и сам Виктор Сергеевич, как бывший летчик, понимал, что специальное электрическое оборудование должно помогать экипажу самолета решать полетные задачи, избавлять его от многообразных и подчас утомительных манипуляций, а значит создать для экипажа более благоприятные условия работы. Правда, с внедрением на самолет различных автоматически действующих телеуправляемых устройств, радионавигационных и радиолокационных средств его кабина стала походить больше на лабораторию, нежели на место для удобного расположения и работы экипажа. (Кулебакин предвидел, что скоро во весь рост встанет так называемая проблема «человек-машина».)

Весь этот сложный электрорадиотехнический и приборный комплекс современного самолетного оборудования, отдельные элементы которого действуют на самых разнообразных принципах, естественно, требует умелого обращения, ухода, эксплуатации и ремонта. В противном случае все может легко превратиться в свою противоположность — не облегчать, а усложнять управление, не повышать надежность полета, а сделать его опасным или даже невозможным. Вот почему, считал Кулебакин, для обслуживания весьма сложного оборудования самолетов стал необходим инженерно-технический персонал, обладающий достаточно глубокими теоретическими и практическими знаниями.

Кулебакин понимал, что из обычного набора слушателей сделать квалифицированных специалистов-электриков

далеко не просто. Действительно, для того, чтобы подготовить таких инженеров, далеко не достаточно изложить слушателям общеизвестные законы из области механики, физики, аэродинамики, электрорадиотехники, аэронавигации. Надо создать ряд принципиально новых научно-технических дисциплин, развить многие положения с учетом специфики конструкций, принципа действия условий работы и правил эксплуатации различных видов электрических приборов не только на самолетах, но и на аэродромах. Никаких учебных материалов в этой области по существу не было: большинство специальных курсов Кулебакину приходилось разрабатывать вновь, много работать над освоением материальной части и над созданием научных основ для зародившейся тогда новой специальности.

Следует отметить, что преподавание электротехники, основ радиотехники и навигационного оборудования было предусмотрено учебным планом академии с первых лет ее существования. Вначале общие курсы электрорадиотехники Кулебакину, как начальнику кафедры, приходилось постепенно «авианизировать», а затем приступать к чтению специальных курсов. Так впервые в истории отечественной авиации зародились учебные курсы «Электрическое зажигание», «Освещение для ночных полетов», «Электрификация вооружения», «Радиосвязь», «Радионавигация». Дальнейшее развитие преподавания электротехнических дисциплин протекало довольно быстро в связи с потребностью в специалистах по электрорадиотехнике для работы в авиачастях. Всю эту огромную работу проводил небольшой коллектив кафедры электрорадиотехники академии, возглавлявшейся с 1923 г. Виктором Сергеевичем Кулебакиным. В 1939 г. ему было присвоено воинское звание бригадный инженер.

Первый выпуск инженеров по электрорадиотехнической специальности состоялся в 1928 г. Затем выпуски производились в 1930, 1932, 1933 и 1940 гг. Как отмечал впоследствии Кулебакин, «в числе этих питомцев Академии, получивших подготовку по электрорадиотехнике, следует отметить генерал-майора инженерно-технической службы С. П. Фролова, инженер-полковника, доцента, кандидата технических наук А. И. Романова, доцента инженер-полковника Т. И. Денисова, инженер-полковников Г. Н. Никольского, И. И. Румянцева, И. Л. Рохленко,

генерал-майора инженерно-технической службы Угера Г. А. и многих других»⁵.

Надо сказать, что параллельно с Военно-воздушной академией имени Н. Е. Жуковского инженеров-электриков для ВВС готовила и Военная электротехническая академия имени С. М. Буденного. Многие из плеяды выпускников этой академии успешно продолжили свою научную и педагогическую работу в Военно-Воздушных Силах, занимали ответственные посты в Академии имени Н. Е. Жуковского. Среди них генерал-полковник инженерно-технической службы В. И. Волков — начальник этой академии в 1947—1970 гг., генерал-лейтенант инженерно-технической службы Б. А. Девяткин, генерал-майор инженерно-технической службы Н. И. Полканов, известные советские ученые: генерал-майор инженерно-технической службы В. А. Боднер, инженер-полковники В. А. Устинов, С. Д. Лихонинский, Г. С. Вологин, Д. А. Попов и другие.

Но того количества инженеров, которое готовили обе академии, было далеко не достаточно, так как потребность в инженерах по электроспецоборудованию возрастала с каждым годом. Выступая на весьма представительных совещаниях, В. С. Кулебакин неоднократно ставил вопрос о расширении подготовки инженеров по электрорадиотехнической специальности и по другим видам спецоборудования в масштабах, отвечающих потребностям ВВС. Однако долго претворить это веление времени в жизнь не удавалось. Одни считали, что этот вид оборудования на самолетах имеет второстепенное значение, другие — что это оборудование весьма простое и при его эксплуатации как на земле, так и в воздухе можно обойтись без каких-либо специальных знаний, третьи — что особой подготовки инженеров по электроспецоборудованию в Военно-воздушной академии не требуется, так как все части ВВС можно комплектовать инженерами-электриками из выпускников Военно-электротехнической академии.

Жизнь постепенно опровергала эти взгляды. Стало ясно, что при таком положении дела подготовка крайне

⁵ К истории Краснознаменной ордена Ленина Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского: Сборник статей и материалов. М., 1961, с. 83.

необходимых для ВВС специалистов едва ли даст положительный результат. В связи с этим В. С. Кулебакин представил в 1940 г. народному комиссару обороны специальный доклад, обосновав в нем необходимость подготовки специалистов по электроспецоборудованию в учебном заведении, в котором знают всю специфику и особенность инженерно-авиационной службы и которое тесно связано с ВВС. В результате были приняты меры для обеспечения научной и практической подготовки инженеров-электриков ВВС в Военно-воздушной академии. При этом обращалось внимание на необходимость полнее использовать опыт преподавания электротехнических и других специальных дисциплин в советских вузах, положить в основу создания курса по электроспецоборудованию и радиотехнике громаднейшие достижения в нашей стране в области электрификации народного хозяйства и широкого применения радио после Великой Октябрьской социалистической революции, а также творчески использовать научное наследие пионеров русской электротехники и радиотехники.

К чтению лекции и ведению занятий в академии В. С. Кулебакин привлек преподавателей и профессоров Московского энергетического института: академика К. И. Шенфера, профессоров К. А. Круга, Б. Ф. Федорова, Н. А. Капцова, Г. Н. Петрова, Н. А. Никитина, доцентов А. М. Сенкевича, К. С. Бобова, М. И. Левина и др. Практические занятия по специальным разделам электротехники проводились не только в академии, но и в лабораториях МЭИ, заводских лабораториях.

В 1939 г., отмечая выдающиеся заслуги Виктора Сергеевича в деле организации новых научных направлений и личный творческий вклад в советскую электроэнергетику, высший совет ученых — Академия наук нашей страны избрала его своим действительным членом. Так в 48 лет Кулебакин стал академиком.

Организация в академии факультета, призванного готовить авиационных инженеров-электриков, совпала с кануном и началом Великой Отечественной войны, что крайне затруднило претворение в жизнь приказа об этом народного комиссара обороны. Начальником нового факультета был назначен ученик В. С. Кулебакина военный инженер первого ранга С. П. Фролов. Несмотря на тяжелые условия, в течение двух месяцев были сформированы три ка-

федры. Для руководства ими были приглашены известные теоретики электротехники профессора А. С. Касаткин и Д. А. Городской. Одну из ведущих кафедр — «Самолетное электрооборудование» — возглавил сам В. С. Кулебакин. Преподавание радиотехнических дисциплин вел пионер авиационной радиотехники А. И. Коваленков, кроме него были привлечены Е. В. Юрасов, П. Н. Иванов, Н. А. Корбанский, Б. И. Мельников и другие известные специалисты в этой области. Преподавание курса авиационно-пилотажных приборов было поручено В. М. Ильину. Большую помощь в преподавании курсов по специальному оборудованию оказали прикомандированные преподаватели других кафедр академии профессора В. А. Семенов, Н. Д. Моисеев, Н. Н. Бухгольц и Г. Ф. Лаптев, доцент В. К. Гольцман.

Для оснащения специальных лабораторий было приобретено имущество, поставлен ряд новых практических работ, разработаны учебные планы, и факультет начал жить полнокровной жизнью. «Этому много способствовала, — отмечал Виктор Сергеевич, — та самоотверженная работа, которая производилась вначале небольшой группой преподавателей и сотрудников вновь организованных кафедр и лабораторий и активное участие командования факультета в лице генерал-майора инженерно-технической службы С. П. Фролова и его заместителя по политчасти полковника С. М. Гасояна. Все эти товарищи отдали много сил и энергии, проявили много забот и внимания для того, чтобы педагогический процесс поставить на должную высоту и обеспечить слушателей всем необходимым. В. В. Штырков, М. В. Шекальский, С. П. Котельников, С. С. Красников, А. П. Сотник, С. Г. Гладков и другие — наши ветераны электротехнических лабораторий — много поработали и много сделали для того, чтобы пустые комнаты превратились в хорошо оборудованные лаборатории. Работавший в то время в академии И. Г. Иткин, а позже А. И. Дугин также много поработали и добились хороших результатов в оборудовании лабораторий. Переведенные к нам в декабре 1941 г. преподаватели ВЭТА (В. А. Боднер, С. А. Козлов, А. В. Данилин, А. В. Удалов, В. А. Устинов, Г. С. Вологин, В. И. Серов, С. Д. Лихонинский, А. В. Максимов, П. В. Гуревич, И. Я. Шульман, К. Т. Тройников, М. И. Шипр, Б. И. Резников и др.), невзирая на трудности выезда из блокированного Ленин-

града, вовремя прибыли в академию и немедленно включились в работу. Они оказали существенную помощь факультету в завершении формирования его кафедр и в деле обеспечения преподавания как общих, так и специальных дисциплин»⁶.

Вероломное нападение фашистской Германии на Советский Союз нарушило мирный ритм его жизни. 22 июня 1941 г. стало днем, после которого вся деятельность страны была подчинена одной задаче — отразить грозную опасность, нависшую над нашей Родиной, а затем и разгромить врага. Этой же задаче с первых дней войны была подчинена жизнь академии. Бомбежки Москвы, воздушные тревоги, сложные условия научно-педагогической работы, многие трудности и лишения — все это не сломило воли личного состава академии в его стремлении внести возможно больший вклад во всенародное дело разгрома врага.

В рядах советских войск, первыми принявших на себя огневой удар, было несколько групп слушателей и преподавателей. Накануне войны около 200 слушателей и преподавателей находились на войсковой практике в строевых частях ВВС, в районах Львова, Белостока, Бобруйска, Ленинграда и других местах, где их и застала война. Эта часть питомцев академии, среди которых были и ученики В. С. Кулебакина, приняла непосредственное участие в обеспечении боевых вылетов нашей военной авиации, в первые же дни войны проявила выдержку, отвагу, находчивость и умение быстро и четко работать в создавшейся сложной прифронтовой обстановке.

Обстановка первого года войны сложилась так, что ряд учреждений был эвакуирован из Москвы. В соответствии с планом эвакуации в город Свердловск временно перебазировалась и академия. Понимая ответственность предстоящей работы, личный состав нового факультета настойчиво трудился, отбирая и демонтируя подлежащее эвакуации оборудование, сложные и дорогостоящие установки и другое имущество, крайне необходимое для учебной работы.

Поздним вечером 26 июля 1941 г. в Свердловск вышел первый эшелон, на протяжении последующих не-

⁶ К истории Краснознаменной ордена Ленина Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского: Сборник статей и материалов, с. 85.

скольких дней — остальные эшелоны. Свердловчане побратски встретили академию. Ей отвели несколько корпусов Пехотного училища, большое число аудиторий в великолепном здании Свердловского (Уральского) индустриального института имени С. М. Кирова, небольшую площадку под учебный аэродром, гараж для учебного ангара и моторной лаборатории, здание свердловского Дворца пионеров и ряд жилых корпусов во Втузгородке.

В корпусах закипела работа. По заранее намеченному плану распределялись помещения, расставлялось оборудование, подводилась электропроводка. Задача — быстрее ввести в строй лаборатории и учебные аудитории кафедры В. С. Кулебакина, несмотря на большие трудности, решалась успешно. Особое значение в условиях трудностей, вызванных войной, приобрела работа партийных и комсомольских организаций кафедры. Все их внимание было сосредоточено на сплочении личного состава, разъяснении целей и особенностей войны, сложившейся обстановки и вытекающих из этого задач, возникших перед советским народом, его армией, перед Военно-воздушной академией. Необходимо было обеспечить постоянную бдительность, перестроить всю работу на военный лад, повысить дисциплину и организованность в работе, решительно бороться с проявлениями благодушия и беспечности.

На кафедре В. С. Кулебакина, как и в других подразделениях факультета, проводились ежедневные политинформации, читки газет и сводок Совинформбюро, разъяснялись постановления Государственного Комитета Обороны, делались обзоры международной обстановки. Хорошо организованная партийная информация, широкая практика индивидуальных бесед, тщательное изучение настроений, запросов, нужд и стремлений каждого человека в отдельности — все это позволило партийной организации кафедры добиться хороших успехов. Этому способствовал и высокий патриотизм всего личного состава и членов семей. Подталкивать кого-либо не было нужды. И в этих сложных условиях вновь проявились незаурядные организаторские способности Виктора Сергеевича Кулебакина. Он лично руководил монтажом энергокоммуникаций, направлял крайне ответственную работу по развертыванию материально-технической базы своей кафедры да и всего факультета.

Положение же не только кафедры или факультета, но и всей академии было действительно трудным, потому что в Свердловск удалось привезти лишь самое необходимое, сравнительно легкоъемное оборудование, не полностью обеспечивавшее учебную и исследовательскую работу. Так, например, была привезена лишь небольшая сверхзвуковая демонстрационная аэродинамическая труба, что сделало совершенно неотложным делом постройку аэродинамических труб малых скоростей и на новом месте. В еще более сложном положении оказались кафедры нового факультета электроспецоборудования. Однако энтузиазм позволил преодолеть трудности и быстро ввести в строй сперва учебный фонд, а затем и лаборатории и научно-исследовательскую базу. Спустя две недели после начала эвакуации открылись двери аудиторий и начались занятия. К этому времени небольшому коллективу кафедры Кулебакина пришлось провести большую работу по пересмотру программ в соответствии с новыми задачами и новыми учебными планами. Исходя из этих задач, кафедре было предписано перейти на сокращенный по времени выпуск инженеров для частей, значительно увеличить контингент учащихся и осуществлять переподготовку студентов гражданских высших учебных заведений.

Едва успел Виктор Сергеевич Кулебакин прибыть в Свердловск, как его вызвал находившийся там президент Академии наук СССР В. Л. Комаров. «Распоряжением правительства, — сообщил он Кулебакину, — вы назначены членом Комиссии по мобилизации ресурсов Урала».

Большая нагрузка легла на плечи ученого. Частые отъезды, командировки на промышленные объекты, бессонные ночи вместе с директорами и главными инженерами заводов. Нужно было в кратчайшие сроки перестроить промышленность на военный лад. «Все — для фронта, все — для победы!» — этим лозунгом жила вся страна.

Виктор Сергеевич понимал, что этот день, день Победы, должна приблизить не только его деятельность как ученого-электрика, но и кропотливая организаторская работа по подготовке новых отрядов военных инженеров. Армия, ее Военно-Воздушные Силы крайне нуждались в специалистах по электрическому и приборному оборудованию. Техника быстро усложнялась, и ее, невзирая на тяготы военного времени, приходилось осваивать буквально на ходу. Но и тогда, в самые напряженные и

даже критические моменты битвы за Москву, вновь проявилась мудрость политики нашей партии, нашего правительства. Даже в той сложной военной обстановке Советское правительство приняло решение отозвать из армии студентов старших курсов. Им предстояло продолжить обучение и, только закончив его, громить врага, используя всю мощь непрерывно развивавшейся боевой техники. Так были отозваны из подразделений народного ополчения впоследствии специалисты по ракетной технике (в их числе будущий президент Академии наук СССР М. В. Келдыш) и авиационному оборудованию — ученики академика В. С. Кулебакина.

Один из них — Василий Петрович Селезнев, ныне известный ученый в области инерциальной навигации, в то время учился в МВТУ на факультете точной механики, перешел на четвертый курс. Когда грянула война, он добровольцем ушел на фронт. Всего на факультете электроспецоборудования образовалась группа из 75 бывших студентов. Кулебакин, понимая высокий патриотический порыв молодых слушателей, их страстное желание как можно быстрее закончить учебу и идти на фронт, предложил им заниматься по ускоренной (но не укороченной!) программе. Селезнев выступил с встречным предложением: завершить обучение в академии не за два года, а за три месяца! Собралось все факультетское начальство, чтобы оценить реальность и обоснованность неслыханных доселе «дерзновенных предложений». Придирчиво экзаменовали нового слушателя, много вопросов по теории приборов и автоматике задал Кулебакин. Командование факультета решило: допустить слушателя Селезнева к обучению на старшем потоке, но под ответственность начальника кафедры академика Кулебакина. Василий Петрович блестяще оправдал надежды своего наставника.

Одно из первых серьезных дел, которое было поручено Селезневу, родилось из тревожной ситуации. Однажды ночью в академию позвонили из города, в который был эвакуирован авиационный завод, дававший фронту боевые самолеты. Там случилась беда: корпуса самолетов намагнитились! Это значит — будут безнадежно врать компасы, «барахлить» зажигание, откажут многие жизненно важные бортовые приборы и системы. А самолеты нужны фронту как воздух. На заводе делали все, что

могли: разбирали и перебирали элементы конструкции, меняли режимы технологического цикла, но все оказывалось безрезультатным. Верховный главнокомандующий приказал все намагниченные машины переплавить и собрать заново. Приказ выполнили в срок. Вывели новый самолет на испытательную площадку. Поднесли к обшивке обычный компас. И вновь стрелка беспорядочно заметалась по лимбу. Между тем это был Ил-2. Есть немало красноречивых свидетельств о том, что значил самолет-штурмовик данного типа в ту пору для страны. Вот что вспоминает бывший заместитель наркома авиационной промышленности дважды Герой Социалистического Труда Генеральный конструктор А. С. Яковлев:

«...В сентябре 1941 года на строительную площадку из Москвы начали прибывать эшелоны с эвакуированными. Станки устанавливались и запускались в цехах, не имевших крыш. Началась сборка самолетов и узлов, привезенных со старых мест, а уже к концу декабря были выпущены три первых штурмовика Ил-2.

Но серийное производство штурмовиков разрывалось медленно, так как заводы по инерции продолжали выпускать ранее освоенный истребитель МиГ-3, хотя правительство запретило его дальнейший выпуск. Государственный Комитет Обороны прислал директорам здешних авиазаводов — Шенкману и Третьякову телеграмму, в которой говорилось:

„Вы подвели нашу страну и нашу Красную Армию тчк Вы не изволите до сих пор выпускать Ил-2 тчк Самолеты Ил-2 нужны нашей Красной Армии теперь как воздух зпт как хлеб тчк. Шенкман дает по одному Ил-2 в день зпт а Третьяков дает МиГ-3 по одной зпт по две штуки тчк Это насмешка над страной зпт над Красной Армией тчк Нам нужны не МиГи зпт а Ил-2 тчк. Если 18 завод думает отбрехнуться от страны зпт давая по одному Ил-2 в день зпт то жестоко ошибается и понесет за это кару тчк Прошу вас не выводить правительство из терпения и требую зпт чтобы выпускали побольше Илов Предупреждаю последний раз тчк нр П 553 — Сталин“⁷».

⁷ Яковлев А. С. Цель жизни. (Записки авиаконструктора). 4-е изд., доп. М., 1974, с. 288.

Поэтому тревога, прозвучавшая в голосе директора авиационного завода, позвонившего ночью в академию, была вполне объяснима. Подняли по тревоге специалистов-электриков, прибористов. Обрисовали обстановку. Но те только разводили руками: «Вот если устранить девиацию магнитных компасов, это пожалуйста, даем гарантию. Но чтобы размагнитить целый самолет...». Селезнев, тоже поднятый по тревоге, решил: «Пошлите меня на завод. Я попробую».

К тому времени, несмотря на молодость, на счету Селезнева было уже несколько ценных изобретений, повысивших эффективность боевой техники. И ему поверили. Вместе с ним, как старшего, направили на завод специалиста по авиационному материаловедению кандидата технических наук Б. А. Красюка.

Отъезжали немедленно. Время было очень раннее и решили не будить Кулебакина: «Доложим академику уже после возвращения».

Селезнев и Красюк прибыли на завод. Обстановка там была самая что ни на есть удручающая. На испытательной станции скопилось множество самолетов. Ни один из них нельзя было дать фронту. Самолеты превратились в мощнейшие магниты и притягивали все, что содержало металл, даже автомобильное колесо.

— У меня есть идея,— обратился к Красюку Селезнев.— Помните такую довоенную книжку «Занимательная физика»? Там есть разделчик под названием «Как испортить часы бабушки»...

— Слушай, Вася,— прервал его Красюк,— сейчас не до шуток. Положение, видишь, какое серьезное...

— Да я о том же. Прекрасно все понимаю... Так вот, в этом разделчике описывается, как можно намагнитить часы бабушки...

— Опять ты за свое! — выразил неудовольствие Красюк.— Так там часы, а у нас самолет. Там намагнитить, а нам надо раз-маг-ни-тить!

— Именно размагнитить,— подтвердил Селезнев.— Так я доскажу... в том опыте намагнитенные и, казалось, навсегда испорченные часы бабушки починил ... электрический ток!

— Что, что? — уже заинтересованно переспросил Красюк.— Током электрическим, говоришь, можно...

И Селезнев нарисовал перед своим старшим товарищем физическую картину переменных электромагнитных полей, которые пронизывают, как говорят электрики, воздушный промежуток. Он опирался на свой опыт, приобретенный на занятиях в лаборатории по авиационным магнето, исследование которых принесли Кулебакину широкую известность еще в предвоенные годы. Дело сводилось к следующему. Намагниченные «бабушкины часы» внесем внутрь небольшого соленоида — провода, изогнутого в виде нескольких витков. Пустим по проводу ток. Ток обладает магнитным действием — каждый виток соленоида превратится в магнит с северным и южным полюсами. Если соответствующим образом подобрать ампер-витки и частоту питающего тока, можно добиться чудесного «исцеления» часов: электрический магнит уничтожит магнит железный!

Селезнев и Красюк засели за расчеты. Потребовали дать им собранный самолет, но без крыльев. Соорудили вокруг него гигантский соленоид. Пустили ток. «А теперь помогите нам вдвинуть в него ваш аэроплан!» — попросили они заводских рабочих. Штурмовик, стоявший на шасси, начали катать взад и вперед внутри полости соленоида.

— Пристыкуйте теперь крылья, — попросили «академики», как их уважительно стали именовать на заводе. — Несите прибор...

Удача! Стрелка прибора оставалась на нуле повсюду: и в кабине, и на концах крыльев, и вблизи обшивки. Штурмовик был размагничен!

Со стороны главного инженера завода и всего административного аппарата посыпались просьбы научить размагничиванию заводскую бригаду («Нет, лучше две, а еще лучше три бригады!»), пояснить расчеты, помочь оборудовать «противомагнитный соленоид».

Красюк и Селезнев без сна и отдыха трудились трое суток, не выходя из цеха. Вот, что за это время успели сделать ученики В. С. Кулебакина, цитируем строки из их рапорта директору завода от 16 апреля 1942 г.:

«1) Организована и проведена проверка бронекорпусов.

2) Составлены, согласованные с военпредом цеха временные Техусловия, гарантирующие устранение девиации корпуса на самолете.

3) Проверены и размагничены при непосредственном нашем участии и под нашим руководством двадцать один корпус.

4) Три бригады В/завода обучились работе по проверке и размагничиванию бронекорпусов.

5) Разработана рациональная методика размагничивания корпусов.

В результате проведенной работы скопившиеся намагниченные корпуса приведены в порядок, „пробка“ ликвидирована. Далее работа цеха может идти без задержек по вине намагниченности бронекорпусов, так как люди поняли и освоили методы работы с размагничиванием.

Спустя несколько дней директор завода издал приказ, в котором отметил успех заводских бригад, которые под руководством двух «академиков» вывели завод из прорыва, объявил благодарность преподавателю Военно-воздушной академии военинженеру 3-го ранга Б. А. Красюку и технику-лейтенанту В. П. Селезневу за составление технических условий и лично участвовавших в производстве работ и премировал каждого из них 750 рублями⁸.

Дорога Илам на фронт, где их так ждали, была открыта!

Возвратившихся с завода в академии встретили с почестями. Правда, Кулебакин, хотя и поздравил с успехом, пожурил, что не разбудили его в то раннее утро отъезда на завод.

— Надо было доложить об убытии своему непосредственному начальнику, — сказал он. — Этого, кстати, требует и устав. Дал бы я вам в дорогу опытных техников с приборным хозяйством. А так работали на износ... То, что справились, — молодцы!

Размагничивание Илов лишь один, хотя и яркий эпизод в деятельности Военно-воздушной академии в годы Великой Отечественной войны. Ее профессорско-преподавательский состав, когда возникала необходимость, оперативно откликался на нужды производства и фронта. Но его главной задачей оставались организация и ведение учебного процесса в академии. Между тем сложившаяся обстановка, опыт применения боевой авиации ставили в повестку дня перестройку учебного процесса, введение новых дисциплин, а следовательно, и новых курсов.

⁸ Из личного архива профессора В. П. Селезнева.



Подписание договора о творческом содружестве кафедры с промышленными предприятиями столицы (1946). За столом ученики Кулебакина: первый справа — Г. С. Поспелов (ныне член-корреспондент АН СССР), третий справа — В. Д. Нагорский (ныне профессор, доктор технических наук)

Великая Отечественная война потребовала также быстрого обеспечения боевых частей ВВС кадрами специалистов по электроспецеоборудованию. Был намечен ускоренный выпуск первой группы слушателей из 11 человек. Все сотрудники кафедры Кулебакина, как и весь профессорско-преподавательский и инженерный состав факультета, были привлечены к занятиям с летно-техническим составом, который прибыл с фронта на пункт сбора ВВС. За сравнительно короткий срок через пока еще скромные лаборатории кафедры, работавшие практически круглые сутки, прошли 3000 летчиков и техников, изучавшие там новейшую материальную часть.

После эвакуации в Свердловск для работы на кафедре В. С. Кулебакина были приглашены профессор К. В. Чибисов, инженеры Д. В. Голубев, С. Я. Ицхоки. Кроме того, прибыли С. П. Шапошников, Ф. И. Бродский для постановки преподавания курсов по самолетному аэрофотооборудованию.

Одновременно кафедра была укомплектована инженерами, окончившими гражданские электротехнические и

радиотехнические вузы. Из последних переподготовили инженеров-электриков ВВС. «Пользуюсь случаем отметить,— писал в 1960 г. Кулебакин,— что многие из них стали доцентами, кандидатами технических наук, профессорами и докторами технических наук (Д. Э. Брускин, В. Д. Нагорский, И. М. Синдеев, Б. А. Ставровский, В. П. Селезнев и др.), т. е. высококвалифицированными научными работниками ВВС по электроспецоборудованию»⁹, с участием которых были разработаны базисные электротехнические и радиотехнические дисциплины, определяющие профиль инженера-электрика ВВС.

На факультет были приняты также студенты университетов и других вузов и втузов страны, для которых с учетом их предшествующей подготовки были разработаны учебные планы на 1,5—2 года обучения. Потребность ВВС в инженерах по аэрофотооборудованию обусловила организацию в академии подготовки и этих специалистов. В течение войны факультет подготовил несколько выпусков слушателей с квалификацией инженера по аэрофотооборудованию и по электроспецоборудованию. «Некоторые способные выпускники этого периода,— вспоминал далее Кулебакин,— оставлены в Академии, успешно защитили кандидатские и докторские диссертации и стали начальниками кафедр и ведущими преподавателями факультета (А. А. Красовский, Ю. П. Доброленский, В. И. Алексеев, В. А. Винокуров и др.)».

Уже во время войны, а точнее, начиная с 1942 г. кафедра Кулебакина перешла на нормальный срок обучения. Разработанный Виктором Сергеевичем первоначальный учебный план все время совершенствовался с учетом опыта Великой Отечественной войны и развития авиационной техники, в частности электроспецоборудования. Приходилось оперативно вводить новые дисциплины, готовить кадры для создания и развития этих дисциплин, а также организовывать соответствующие лабораторные базы. В результате этого кафедра Кулебакина «распочковалась»: на факультете появились новые кафедры со своими лабораториями и другими подразделениями, которые возглавили питомцы Виктора Сергеевича.

⁹ К истории Краснознаменной ордена Ленина Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского: Сборник статей и материалов, с. 86.

«Послевоенный период,— отмечал в своих записках В. С. Кулебакин,— был периодом наиболее интенсивной научной работы. В послевоенное время в Академии в целом произошла коренная перестройка научной работы. В научной работе Академии поставлены новые задачи — наиболее тесного содружества науки с практикой. Ученый совет Академии вынес целый ряд решений по вопросам научной работы в послевоенное время. В результате перестройки в последние годы заметно повысилось влияние Академии на развитие авиационной техники»¹⁰.

До войны научная работа кафедры, возглавляемой Виктором Сергеевичем, сводилась в основном к разработке новых специальных курсов. В условиях военного времени она в основном определялась необходимостью оказать научно-техническую помощь авиачастям в освоении нового оборудования. В послевоенное время научная деятельность кафедры все более и более направляется на решение сложных как теоретических, так и практических вопросов дальнейшего развития и усовершенствования различных видов оборудования самолета.

Широкое развитие научной работы на кафедре, и особенно по ряду новых направлений, содействовало быстрому развитию авиационной техники, находило отражение в постановке и расширении новых учебных дисциплин и в совершенствовании учебного процесса. Анализ развития авиационной техники и оборудования во время Великой Отечественной войны и в послевоенное время подтвердил необходимость готовить инженеров различных специальностей. Здесь уместно и отрадно отметить, что из небольшой кафедры авиационной электротехники, которую Кулебакин возглавил в 1923 г., имевшей в общей системе подготовки слушателей академии лишь общеобразовательное значение, выросли самостоятельные факультеты (к тому времени «распочковался» и сам факультет, стержнем которого являлась кафедра В. С. Кулебакина).

Перед кафедрой встали задачи — расширить и углубить ранее разработанные учебные дисциплины, создать новые курсы, отражающие последние тенденции развития авиационной техники и требования реактивной ракеточной авиации. Формированию учебных дисциплин в значительной мере способствовала большая научно-исследова-

¹⁰ Там же, с. 87.

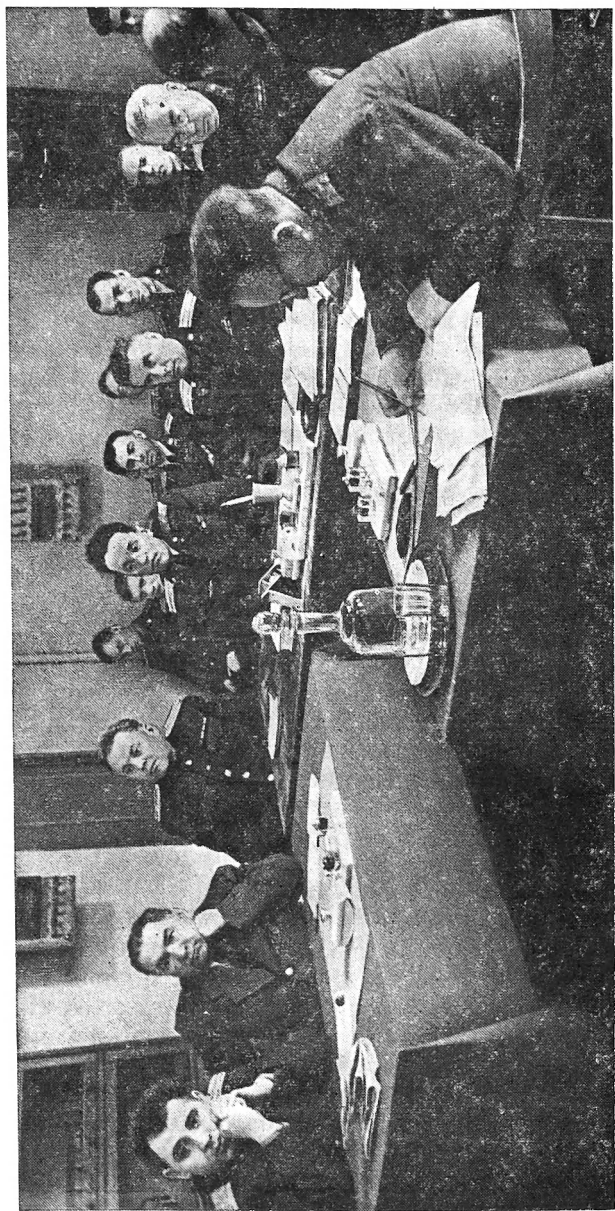
тельская работа, которая проводилась в тесном содружестве со всеми кафедрами академии. Автоматика и телемеханика, которым Кулебакин посвятил свои научные работы еще в предвоенные годы, стали приобретать исключительно важное значение и для авиации. И роль этой новейшей автоматизированной техники с каждым днем все усиливалась. Поэтому в научной и учебной работе кафедры именно этой области стало уделяться большое внимание.

В результате на кафедре было издано немало научных работ, учебников и учебных пособий. Они явились обобщением научной и учебно-методической работы, проведенной под непосредственным руководством В. С. Кулебакина. Ученые неоднократно выступали с научными докладами как на конференциях и совещаниях в академии, так и на всесоюзных конференциях и семинарах, а также на Международном конгрессе по автоматическому управлению (1960 г.).

Итоги своей многолетней работы в Военно-воздушной инженерной академии В. С. Кулебакин обобщил в замечательном труде — четырехтомной монографии «Электрификация самолетов». В создании этого поистине уникального научного труда, равного которому, пожалуй, нет не только в отечественной, но и в мировой литературе по авиационной электроэнергетике, Виктору Сергеевичу активно помогали его ближайшие ученики и помощники А. В. Данилин, К. С. Бобов, И. М. Синдеев, В. Д. Нагорский, В. И. Морозовский, Б. А. Ставровский, В. А. Винокуров, М. М. Красношапка.

Монография «Электрификация самолетов» — важный вклад в сокровищницу авиационной науки. Она с полным правом может быть названа «энциклопедией авиатора». Не случайно Кулебакин, заглядывая далеко вперед, назвал свой труд именно «Электрификация самолетов», а не, скажем, «Самолетное электрооборудование». Он творчески развил применительно к науке, ставшей целью всей его жизни, основополагающие идеи Владимира Ильича Ленина, заложенные в чрезвычайно емкой формуле-прогнозе: «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

С первых же дней существования нашего государства Коммунистическая партия и Советское правительство уделяли неослабное внимание широкому использованию элект-



*Защита дипломных проектов в Военно-Воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского, 1948 г.
За столом Государственной экзаменационной комиссии (справа налево) — начальник факультета Н. И. Пол-
канов, В. С. Кулебакин, начальник Управления ВВС Б. А. Десяткин, начальник кафедры А. С. Козлов. Вто-
рой слева — профессор Б. Ф. Федоров.*

рической энергии в самых различных областях народного хозяйства, в том числе и в авиации. Ныне электричество проникло во все без исключения типы и виды применяемых на самолете приборов, автоматизированных систем, дало жизнь сложнейшим бортовым электронным комплексам управления. Поэтому значение многотомной монографии «Электрификация самолетов» выходит далеко за пределы обычного научного труда одного ученого: она подводит итоги работы целой научной школы.

В предисловии к монографии В. С. Кулебакин писал: «В настоящее время электрическая энергия применяется для самых разнообразных целей на самолетах, вертолетах и других летательных аппаратах; устанавливаемое на них электрическое оборудование представляет собой сложный комплекс различных по принципу действия и конструктивному выполнению машин, аппаратов, приборов...

Специфические условия работы как всей системы электрооборудования самолетов, так и отдельных элементов его, а также специальные требования, предъявляемые к этому электрооборудованию, усложняют задачу электрификации самолетов и выдвигают необходимость особого подхода к решению многих вопросов, связанных с практическим использованием электрической энергии на летательных аппаратах. В силу этих причин наука об электрификации самолетов за последние годы выделилась из области авиационной техники и электротехники в самостоятельную дисциплину и знание всех особенностей применения электрической энергии в авиации, а также правильного использования ее на всех видах летательных устройств стало обязательным не только для электриков, но и для других инженерно-технических работников воздушного флота и для летного состава»¹¹.

Перед Кулебакиным и его учениками стояла трудная задача. С одной стороны, необходимо было подготовить материал, наиболее полно удовлетворяющий программам специальных курсов по электрификации самолетов. С другой — требовалось отразить современные тенденции развития самолетного электрооборудования как у нас, так и за рубежом. Для этого авторам пришлось систематизировать и методически обработать колоссальное количество

¹¹ Кулебакин В. С., Синдеев И. М. Электрификация самолетов. М., 1952, т. I. Системы энергоснабжения, с. 4.

научно-технической литературы по различным вопросам электрификации самолетов и вместе с тем восполнить еще имевшиеся в ней немалые пробелы, которые относились главным образом к теоретическим положениям. Значительную часть вопросов, связанных с электрификацией самолетов, Кулебакин разработал заново, а ряд разделов монографии явился результатом многолетних самостоятельных теоретических и экспериментальных исследований его учеников.

Предназначая свой труд в качестве учебного пособия для студентов высших авиационных учебных заведений, слушателей военных воздушных академий и инженерных училищ, а также в качестве руководства для инженерно-технического персонала, занимающегося электрификацией самолетов и эксплуатацией самолетного электрооборудования, Кулебакин и его ученики уделили большое внимание и методической стороне изложения всего сложного комплекса вопросов энергоснабжения на самолетах, используя для этого многолетний опыт преподавания специальных авиационных электротехнических дисциплин.

Том первый монографии, вышедший в свет под названием «Системы электроснабжения», значительно отличался по содержанию от упоминавшихся опубликованных научных работ. В нем имелось довольно подробное изложение проблемы источников электроснабжения самолетов, начиная от химических источников тока. Впервые с достаточной полнотой и в сконцентрированном виде было освещено применение переменного тока на самолетах, более подробно рассмотрена параллельная работа многих генераторов постоянного тока, разобраны также различные виды и способы преобразования электрической энергии. Большое внимание в первом томе уделено истории развития электрооборудования самолетов в нашей стране. Таким образом, содержание этого тома значительно расширилось по сравнению со сходными по тематике монографиями¹².

При составлении тома основное внимание Виктор Сергеевич обратил на освещение теоретических вопросов, связанных с принципами действия и устройства отдель-

¹² См., например: *Булгаков А. А.* К истории развития советского электропривода. М., 1949; *Князев В. Н., Полищук К. Е.* Оборудование самолетов. М., 1952; и др.

ных видов электрооборудования, на пояснение физической стороны имеющих место явлений и на выяснение влияния различных факторов полета и параметров электроцепей на рабочий процесс и на поведение отдельных элементов энергетического комплекса летательного аппарата.

Описание материальной части приводилось в том объеме, в каком это было необходимо для уяснения теоретических положений и физической сущности, с одной стороны, и для общего знакомства с особенностями типовых конструкций — с другой. Более детальное изучение материальной части должно было проводиться на практических занятиях, предусмотренных соответствующей программой курса. Материал тома, не сковывая инициативы читателя, лишь давал генеральное направление для дальнейшей самостоятельной научной работы.

По мнению Кулебакина, изучению вопросов электрооборудования должна предшествовать соответствующая подготовка по основам электротехники, электрическим машинам и электроматериаловедению. При изложении некоторых разделов Виктору Сергеевичу и его соавторам потребовалось дополнительно осветить ряд вопросов, относящихся к общей теории из области электротехники и электрических машин, авиационных аппаратов, а также автоматики. Изложение их сделано попутно, как бы «вкраплено» в текст с целью более полного и ясного представления особенностей электрификации самолетов.

Материал тома давал научные основы для правильного понимания всех принципов и методов обеспечения самолетов электрической энергией, а также раскрывал все особенности эксплуатации и рационального использования как общей системы производства и распределения электрической энергии, так и отдельных элементов, входящих в сложный комплекс электроэнергетического самолетного оборудования.

Кулебакин и его соавтор по первому тому ныне генерал-майор-инженер, профессор, доктор технических наук И. М. Синдеев считали своим долгом выразить большую признательность члену-корреспонденту АН СССР А. Н. Ларионову, доценту, кандидату исторических наук В. А. Чащину за их ценные замечания и советы, которые ими были сделаны при чтении рукописи этой книги, доценту, кандидату технических наук А. М. Сенкевичу, а также всем членам кафедры, совместная многолетняя работа с

которыми значительно облегчила авторам написание этого труда.

Второй том монографии под названием «Электропривод самолетных агрегатов и механизмов» также отличался капитальным содержанием. Это и понятно: на самолетах да и других летательных аппаратах электропривод продолжал находить все более широкое применение. Он осуществлял работу в машинах, агрегатах, механизмах и других установках, действие и различные процессы в которых связаны с движением отдельных звеньев и органов и с затратой на это механической энергии. Количество таких агрегатов и механизмов, устанавливаемых на самолетах, во многих случаях бывает очень большим, разнообразны и сами механизмы и исполнительные органы по своему назначению, характеру нагрузки, режиму работы. Условия работы самолетных электрифицированных механизмов и силовых агрегатов в большинстве случаев существенным образом отличаются от условий работы наземных систем электропривода. Кроме того, к самолетному электрифицированному силовому оборудованию предъявляется ряд специфических требований. Многие схемы и системы управления в самолетных электроприводах выполняются несколько иначе, чем в наземных установках.

Но несмотря на существенное различие в конструктивном выполнении, в схеме, в структурном оформлении и в условиях работы, физические процессы и принципы построения основных схем и систем самолетных электроприводов являются во многих отношениях общими с теми, что имеются в области наземного промышленного электропривода. И, естественно, как создание, так и дальнейшее развитие самолетного электропривода в нашей стране всегда тесно связано с научными основами, теоретическими разработками, практическими достижениями и успехами в области наземного электропривода. С другой стороны, многие теоретические и практические достижения в области самолетного электропривода оказывают влияние на развитие наземного электропривода.

В советской научной и учебной литературе имелось немало научных работ по общим вопросам теории электропривода, по основам построения схем и расчету отдельных звеньев и всей системы электроприводов для станков, механизмов и других производственных агрегатов. К их числу могут быть отнесены фундаментальные моно-

графии профессоров С. А. Ринкевича, В. К. Попова, Д. П. Морозова, А. Т. Голована, М. Г. Чиликина и др.¹³ Они могли служить пособиями при изучении общих вопросов самолетного электропривода. Были изданы также книги по конкретным видам промышленного электропривода¹⁴. Но труды, которые с достаточной полнотой и в систематизированном виде освещали бы как теорию, так и особенности процессов, принципов действия и конструктивного оформления различных видов самолетного электропривода, правила эксплуатации этого оборудования, по существу отсутствовали.

Поэтому второй том монографии имел своей целью изложить теоретические основы электропривода применительно к агрегатам и механизмам, устанавливаемым на всех скоростных самолетах и вертолетах, описать конструктивные особенности отдельных систем, стационарные и переходные режимы в электроприводе и дать общие указания по использованию электрической энергии для силового привода авиационных механизмов и агрегатов. Кулебакин и его соавтор по второму тому профессор, доктор технических наук В. Д. Нагорский ставили себе также задачу ознакомить специалистов с историей развития электропривода на самолетах, дать обзор достижений отечественной науки и техники в этой области и отметить ведущую роль наших ученых, инженеров и изобретателей в создании наиболее совершенных и новых систем электропривода. Материалом для написания этого труда послужили как фундаментальные труды советских ученых и специалистов в области промышленного и самолетного электропривода, так и результаты многолетних теоретических и экспериментальных исследований авторов.

Ввиду того что второй том должен был служить не только учебным пособием, но и руководством к проектированию, В. С. Кулебакину и В. Д. Нагорскому пришлось изложить некоторые разделы более подробно и углубленно. К их числу относятся искусственные и эксплуатационные характеристики двигателей, теория переходных режимов, методы регулирования скорости и импульсного

¹³ Попов В. К. Основы электропривода. М., 1948; Голован А. Т. Электропривод. М., 1948; Чиликин М. Г. Общий курс электропривода. М., 1953.

¹⁴ Ларионов А. Н. и др. Основы электрооборудования самолетов и автомашин. М., 1955.

управления, построения нагрузочных характеристик для приводов с изменяющимся моментом инерции, автоматика управления и др. Разделы, служащие для более углубленного изучения отдельных вопросов, были напечатаны петитом. Описание конкретных схем и рабочих процессов самолетного электросилового оборудования давалось применительно к наиболее распространенным и ответственным электромеханизмам и агрегатам.

Большую роль в электрифицированном приводе играет силовой следящий привод. Теория следящих систем обычно с достаточной полнотой освещается в курсах по автоматике, и сами следящие приводы применяются на самолетах, главным образом в артиллерийских установках и радиолокационных устройствах. Поэтому более полное изложение всего, что связано с использованием следящего электропривода в этих установках, было сделано позднее в отдельной монографии.

Второй том монографии в строго систематизированном виде и с достаточной полнотой давал основы теории и практики самолетного электропривода.

Третий том монографии назывался «Передача и распределение электроэнергии на самолетах». В. С. Кулебакин подготовил его совместно с профессором, доктором технических наук В. Т. Морозовским. Тематика тома, как и двух предыдущих, весьма актуальна. Действительно, для обеспечения электрической энергией всех самолетных потребителей необходимо иметь на борту промежуточное связующее устройство, с помощью которого осуществлялась бы передача к потребителям электрической энергии, вырабатываемой самолетными генераторами.

Таким промежуточным устройством служит бортовая система передачи и распределения электрической энергии. Она состоит из электрической сети самолета, составленной из электрических проводов и жгутов, коммутационной аппаратуры, служащей для управления потребителями и источниками электрической энергии, защитной аппаратуры, посредством которой электрическая сеть и электрооборудование самолета предохраняются от коротких замыканий и перегрузок, приборов контроля источников электрической энергии и сетевых фильтров. В систему передачи и распределения электрической энергии на самолете входит также всевозможное монтажное и установочное оборудование: сетевые разъемы, распределитель-

ные щиты и коробки, пульта управления и прочее вспомогательное оборудование.

Таким образом, система передачи и распределения электрической энергии на самолете служит для своего рода «канализации» электрической энергии, управления работой отдельных потребителей и генераторов, а также для защиты всего электрооборудования самолета от коротких замыканий и перегрузок.

В связи со значительным ростом установленной мощности и числа потребителей и генераторов электрической энергии на современных самолетах проектирование систем передачи и распределения электрической энергии является довольно трудной задачей. Сложность распределения и канализация тока на современном скоростном самолете усугубляются тем, что электрическая сеть должна быть сконцентрирована в весьма ограниченном пространстве, а при проектировании и монтаже электрических сетей на самолетах должны быть соблюдены все требования в отношении надежности действия, техники безопасности, удобства обслуживания, малой уязвимости, минимального веса и т. д.

Важность и сложность функций, выполняемых системой передачи и распределения электрической энергии, и специфичность условий ее эксплуатации предъявляют к ней весьма высокие требования, выполнение которых должно гарантировать надежность и безотказность снабжения потребителей на самолете электрической энергией.

К системе передачи и распределения электрической энергии предъявляются те же общие требования, что и к любому электрооборудованию самолета. Однако имеются и требования, специфические для системы передачи и распределения электрической энергии на самолете, к числу которых относятся:

а) максимальная живучесть, т. е. обеспечение бесперебойного питания потребителей при возможных аварийных режимах;

б) обеспечение высокого качества электрической энергии, получаемой потребителями;

в) удобство и безопасность в обслуживании; легкий доступ ко всем элементам системы передачи и распределения электрической энергии; безопасность в отношении возникновения пожара и взрыва, а также попадания обслуживающего персонала под напряжение.

Требование максимальной живучести диктуется тем, что на современных самолетах повреждение системы передачи и распределения электрической энергии во время боевых действий является весьма вероятным. Электрическая сеть пронизывает весь самолет, и при попадании в металлическую конструкцию пуль и осколков снарядов повреждение ее неизбежно, а это, в свою очередь, может привести к выводу из строя электрооборудования, от нормальной работы которого зависит возможность выполнения полета. Отсюда очевидно, что электрическая сеть должна быть сконструирована и построена так, чтобы повреждение ее в отдельных местах не нарушало нормальной работы электрооборудования самолета.

Требование высокого качества электрической энергии, получаемой потребителями, вызвано тем, что многие из них начинают ненормально работать или совсем выходят из строя, если напряжение на их зажимах оказывается ниже или выше заданных значений или если частота тока для потребителей переменного тока отклоняется от номинального значения. Например, в осветительных устройствах резко снижается световой поток при понижении напряжения и значительно сокращается срок их службы при повышении напряжения. При пониженном напряжении сильно нагруженные электрические двигатели могут останавливаться и оказаться в режиме короткого замыкания и т. д. В третьем томе монографии подробно проанализированы причины подобных отклонений.

Чрезмерное понижение напряжения на зажимах потребителей может быть вызвано неправильным проектированием электрической сети, большими переходными сопротивлениями контактов, несвоевременным отключением короткого замыкания и т. п. При расчете электрических сетей появляется необходимость в знании нагрузок, действующих как на всю систему в целом, так и на отдельные ее участки. Поэтому в третьем томе излагались также и методы построения графиков электрических нагрузок для самолетных систем постоянного и переменного тока.

В связи с возросшей мощностью бортовых генераторов и потребителей электроэнергии устройства для коммутации электрического тока при передаче и распределении его, а также весь комплекс разнообразной коммутационной и защитной аппаратуры стали представлять весьма

сложную систему, которая обладает многими специфическими особенностями. Эти самолетные устройства во многом отличаются от подобных наземных устройств. Поэтому в третьем томе им посвящался специальный раздел.

Поскольку электро- и радиотехнические установки на современных самолетах находятся в тесном соприкосновении, в книге рассматриваются также весьма важные вопросы их электромагнитной «совместимости» и, естественно, способы эффективной защиты от взаимных помех.

Внедрение на современных самолетах электрооборудования, питающегося от напряжения 60—120 В и выше, потребовало строгого соблюдения экипажем и обслуживающим персоналом всех правил техники электрической безопасности. В книге дополнительно освещен круг и этих вопросов. Кроме того, в ней рассматриваются общие вопросы эксплуатации бортовых систем передачи и распределения электрической энергии.

Четвертый том монографии назывался «Электрическое зажигание в авиадвигателях».

Электрическое зажигание наиболее распространенный вид воспламенения горючих смесей в двигателях внутреннего сгорания. Оно широко используется при запуске и непрерывной работе авиационных поршневых двигателей, для запуска реактивных двигателей и газовых турбин. От исправности действия электрической части системы в значительной мере зависит возможность запуска, надежность и безопасность работы двигателя, а значит — обеспечение и безопасность самого полета.

Электрические системы зажигания — неотъемлемая часть современных авиационных двигателей и представляют собой наиболее ответственную часть среди всего комплекса электрического оборудования самолетов. Поэтому, как вполне обоснованно полагали В. С. Кулебакин и его соавтор по четвертому тому И. М. Синдеев, детальное, всестороннее знание принципов действия, конструкции и всех особенностей работы системы зажигания на авиационных двигателях в условиях полета, а также основных правил эксплуатации этих устройств является жизненно необходимым и для инженера-электрика, и для авиационного инженера-механика.

При изучении систем зажигания возникают вопросы, связанные с самыми разнообразными областями науки и техники: электрическими разрядами в газах, химией го-

рения, термодинамикой, электротехникой, теорией двигателей внутреннего сгорания, радиотехникой и пр. Это обстоятельство вызвало необходимость сделать в четвертом томе некоторые экскурсы в указанные области. Зато авторы получили хорошую возможность с теоретической и практической точек зрения более полно осветить все основные физические процессы в самих системах зажигания в непосредственной связи их с работой как поршневых, так и турбореактивных авиадвигателей на самолетах любых типов.

Глава восьмая

Исследования в области электропривода

Сейчас почти во всех производственных процессах применяются механизмы, которые по условиям работы должны менять направление хода. Так, например, на металлургических заводах при прокате железа и стали используются рольганги, требующие перемены направления хода с довольно большой частотой. Обычно процесс перемены направления хода, или реверсирования, является хотя и необходимой, но все же вспомогательной функцией машин-орудий, удлиняющей общее время самой производственной операции.

«Во многих случаях поднятие производительности, повышение темпа производства и более полное использование стахановских методов работы,— писал В. С. Кулебакин,— бывают тесно связаны с увеличением скорости действия производственных механизмов и с необходимостью сокращения до минимума всех вспомогательных функций, в частности изменения направления хода движения и вращения машин.

Процесс реверсирования складывается из двух основных частей: торможения и разгона, причем продолжительность полного цикла реверсирования зависит не только от диапазона между начальной и конечной скоростями реверсирования, но также от тех тормозных и крутящих моментов, которые развивает двигатель, приводящий в движение механизмы, от нагрузки и моментов инерции подвижных масс»¹.

Кулебакин считал, что при практическом решении задачи сокращения времени реверсирования часто оказывается удобным и рациональным применение мер, на-

¹ Кулебакин В. С. Об ускорении процесса реверсирования асинхронных двигателей с помощью статических конденсаторов.— Известия АН СССР, 1938, № 1, с. 3.

правленных к увеличению тормозных и крутящих моментов двигателя. К таким мерам прибегают обычно и в случаях электромоторного привода производственных механизмов.

Довольно часто электромоторный привод осуществляется посредством асинхронных двигателей. Увеличение крутящего и тормозного моментов в этих машинах можно осуществить при помощи повышения напряжения или путем введения во вторичную цепь соответствующего сопротивления, однако это позволяет увеличить тормозные и крутящие моменты двигателя в сравнительно небольших пределах.

Как известно, в асинхронном двигателе достижение максимально возможного крутящего момента ограничивается постоянными параметрами (реактанцем рассеяния) электрической цепи, а повышение напряжения на значительную величину бывает, как правило, связано с чрезмерным возрастанием намагничивающего тока. Поэтому указанные выше способы повышения крутящих моментов в асинхронных двигателях дают небольшой эффект и в тех случаях, когда в асинхронных двигателях, приводящих в движение производственные механизмы, необходимо получить более эффективные результаты в ускорении торможения и реверсирования, приходится изыскивать специальные методы и прибегать к особым схемам включения асинхронных машин.

Виктор Сергеевич Кулебакин предложил принципиально новый способ включения асинхронного двигателя вместе со статическими конденсаторами. При этом достигалось значительное увеличение тормозных и крутящих моментов, в результате чего можно было сократить период реверсирования. Сущность схем предложенного способа усиления тормозного эффекта и ускорения процесса реверсирования асинхронных двигателей состояла в том, что в цепь мотора вводятся статические конденсаторы, которые включаются автоматически или вручную в начальный момент торможения или реверсирования.

«В настоящее время,— писал Кулебакин,— статические конденсаторы получили общее признание как экономически выгодное средство не только для компенсации сдвига фаз, но и для других целей, и область применения их все более и более расширяется. Надежность действия статических конденсаторов достигла за послед-

ние годы довольно высокой степени. Значительно возросла также и мощность отдельных единиц статических конденсаторов. Если ранее мощность отдельных статических конденсаторов измерялась единицами киловольтампер, то теперь она достигает сотен и тысяч киловольтампер. Большие успехи сделаны за последние годы в направлении уменьшения габаритных размеров и снижения веса статических конденсаторов»².

Вес и объем, приходящиеся на единицу реактивной мощности статического конденсатора, зависят от мощности, напряжения и частоты. Минимум веса и объема у конденсаторов получается при напряжении около 3000—6000 В. Для статических конденсаторов мощностью в пределах от 300 до 1000 кВА при частоте 50 Гц вес составляет около 3,0—2,5 кг/кВА для конденсаторов, изготавливаемых в Европе, и около 2,5—2,0 кг/кВА для американских конденсаторов. Стоимость статических конденсаторов почти в 2 раза меньше таковой для трансформаторов на одинаковую мощность. Статические конденсаторы, изготовлявшиеся в конце 30-х годов в СССР (на Московском трансформаторном заводе и в Киевском индустриальном институте), мощностью от 5 до 10 кВА при напряжении от 3 до 11 кВ имеют вес около 22—30 кг, или около 2,2—4,0 кг/кВА.

Потери энергии в современных статических конденсаторах благодаря применению высококачественных изолирующих материалов очень малы и составляют (включая потери в разрядных сопротивлениях) около 0,2—0,4% реактивной мощности. Приведенные данные статических конденсаторов убедительно говорили о том, что уже в 30-х годах статический конденсатор из дорогостоящего и не вполне совершенного устройства сделался достаточно надежным и экономически выгодным для применения в самых разнообразных условиях.

В настоящее время статические конденсаторы довольно часто применяются в установках асинхронных двигателей с целью повышения коэффициента мощности или улучшения пуска в ход и работы (в случаях питания первичной цепи двигателя от однофазного источника тока). Вопросы компенсации сдвига фаз в установках

² Кулебакин В. С. Об ускорении процесса реверсирования асинхронных двигателей с помощью статических конденсаторов, с. 4.

асинхронных двигателей с помощью статических конденсаторов и рабочего процесса так называемых конденсаторных двигателей были достаточно изучены, и результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также данные в отношении эксплуатации освещены в научной и технической литературе. Что же касается применения статических конденсаторов во вторичной цепи асинхронных двигателей и явлений, которые происходят при этом, то эти вопросы глубоко и подробно исследованы В. С. Кулебакиным.

Им были рассмотрены принципиальные схемы асинхронного двигателя с конденсаторами во вторичной цепи. Первая схема предусматривала последовательное включение конденсаторов, вторая — непосредственное (или через добавочные сопротивления) присоединение к кольцам ротора, т. е. параллельно регулирующим сопротивлениям вторичной цепи. Схемы предусматривали также рубильники или выключатели для ввода в действие или вывода из него конденсаторов. В первой схеме ввод в действие конденсаторов в процессе торможения или реверсирования осуществлялся посредством размыкания контактов рубильника или выключателя; при нормальной работе двигателя конденсаторы находились в короткозамкнутом состоянии. Во второй схеме конденсаторы вводились в действие включением рубильника или замыканием контактов выключателя, но особой необходимости выключать цепь конденсаторов при нормальном режиме двигателя в этом случае нет и конденсаторы могут оставаться присоединенными к кольцам ротора как в процессе торможения или реверсирования, так и при нормальной работе двигателя. Однако введение разъединителей (трэншальтеров) для конденсаторов все же стало обязательным, чтобы отсоединять конденсаторы во время ремонта и при текущем контроле.

Во избежание опасных последствий от остаточных зарядов конденсаторы, как правило, должны быть снабжены разрядными сопротивлениями, которые теперь являются их неотъемлемой принадлежностью.

Для создания определенных условий торможения, реверсирования и пуска в ход реостаты и конденсаторы, вводимые во вторичную цепь асинхронного двигателя, должны иметь устройство для ручной или автоматической регулировки сопротивления и емкости.

Перемена направления вращения трехфазных асинхронных двигателей производится, как известно, посредством изменения порядка последовательного чередования фаз напряжения в первичной цепи, что достигается путем переключения каких-либо двух проводников, идущих от источника тока к зажимам двигателя.

Так как статические конденсаторы включаются во вторичную цепь лишь на период торможения, то с целью более полного использования их при нормальном режиме двигателя их можно присоединить к первичной цепи непосредственно или через трансформатор и тогда они будут способствовать повышению коэффициента мощности сети.

Вначале Кулебакин подробно проанализировал электрические и механические свойства асинхронного двигателя с конденсаторами во вторичной цепи. Такие схемы при пренебрежении влиянием намагничивающего тока в первичной цепи, а также магнитными и механическими потерями в упрощенной форме могут быть представлены двумя простыми контурами. Кулебакин постепенно снимал одно за другим упрощающие допущения, стремясь создать подробнейшую математическую модель динамики конденсаторного двигателя.

С целью проверки всех теоретических соображений он экспериментально исследовал работу асинхронного двигателя с конденсаторами во вторичной цепи. В качестве объекта испытания был взят асинхронный трехфазный двигатель со следующими номинальными данными: мощность 7,36 кВт, скорость вращения 1430 об/мин, напряжение 215 В, ток 27,3 А. Вначале Виктор Сергеевич определил основные электрические параметры этой машины и снял характеристики ее холостого хода и короткого замыкания, которые были изображены на круговых диаграммах.

Статические конденсаторы, предназначавшиеся для включения во вторичную цепь асинхронного двигателя, были доставлены с трансформаторного завода электрокомбината имени В. В. Куйбышева. Номинальные данные одной конденсаторной батареи были таковы: напряжение 380 В, ток 5,3 А, реактивная мощность 3,4 кВА, частота 50 Гц, число фаз 3, фазовая емкость — 25 мкФ. Так как номинальное напряжение конденсаторов значительно выше напряжения вторичной цепи исследуемого

асинхронного двигателя, то с целью более полного использования емкости конденсаторы были включены во вторичную цепь двигателя не непосредственно, а через повышающий трансформатор. В этом случае при испытании применялась общая схема соединений. В ней использовались потенциал-регулятор для регулировки и поддержания постоянства первичного напряжения двигателя, его электрическая цепь, трансформатор, конденсаторы, вольтметры, амперметры, ваттметр, переключатель для схемы измерения мощности.

Все основные и тормозные характеристики асинхронного двигателя снимались для двух скольжений³: $s=1$ и $s=2$. Для осуществления опыта при $s=2$ ротор двигателя приводился в движение посредством мотора постоянного тока. При помощи этого мотора (по току в якоре и по току возбуждения) производилось и измерение тормозных моментов.

Приведенные в работе В. С. Кулебакина диаграммы наглядно проиллюстрировали тормозные режимы асинхронного двигателя при включении конденсаторов во вторичную цепь и подтвердили теоретические соображения автора относительно влияния конденсаторов на крутящие моменты, развиваемые асинхронным двигателем.

Как эксперименты, так и углубленные теоретические исследования В. С. Кулебакина показали, что асинхронные двигатели с конденсаторами во вторичной цепи могут при соответствующем подборе реактивной мощности конденсаторов развивать крутящие и тормозные моменты, значительно превосходящие таковые в двигателях, включаемых по обычной схеме. Наибольший максимум крутящего момента в асинхронных двигателях с конденсаторами во вторичной цепи теоретически имеет весьма высокое значение. Этот максимум зависит от активного сопротивления первичной цепи двигателя и может достигать 10—12 крат номинального момента. Практически достижение таких максимумов не представляется возможным по условиям нагрева и механической прочности; по этим причинам приходится ограничиваться меньшими значениями моментов.

³ Скольжением называют разность между скоростью вращения магнитного поля и скоростью вращения ротора; обычно выражается в относительных единицах.

В. С. Кулебакин установил, что при одном и том же допустимом токе двигатели с конденсаторами во вторичной цепи позволяют увеличить опрокидывающий момент примерно на 30—40%. Включение конденсаторов во вторичную цепь повышает коэффициент мощности, который может быть легко доведен до единицы. Введение конденсаторов в ту же цепь позволяет осуществлять тормозной режим и начальную часть реверсирования и при опережающем токе. Эти обстоятельства создают благоприятные условия для поддержания постоянства напряжения на зажимах двигателя в период торможения и реверсирования. Поэтому увеличение моментов дает возможность существенно ускорить процессы торможения и реверсирования.

«Включение конденсаторов во вторичную цепь асинхронного двигателя с целью увеличения крутящего момента,— отмечал В. С. Кулебакин,— может найти применение и в тех случаях электромоторного привода, когда производственные механизмы для трогания с места требуют относительно больших крутящих моментов (в несколько раз больших, чем при нормальном ходе). Для повышения крутящих моментов асинхронного двигателя требуются конденсаторы реактивной мощностью около 120% от номинальной мощности двигателя»⁴.

Прошли годы. Техника конденсаторостроения достигла высокой ступени развития, и к тому же стоимость самих конденсаторов стала невысока, поэтому статические конденсаторы могут с успехом применяться для улучшения механических характеристик асинхронных двигателей самых различных типов.

Еще во время работы в МЭИ Виктора Сергеевича заинтересовала возможность практического использования однофазного тока 50 Гц для рудничной откатки. Проблема приобретала особую актуальность в связи с тем, что все шахты снабжались переменным током, за исключением электровозной откатки, которая тогда нуждалась в специальных преобразовательных подстанциях постоянного тока. Для ликвидации сложных тяговых подстанций Наркомат угольной промышленности принял в 1940 г. решение о разработке конструкции электровоза с асинхронными конденсаторными двигателями.

⁴ Кулебакин В. С. Об ускорении процесса реверсирования асинхронных двигателей с помощью статических конденсаторов, с. 40.

Электровозы такого типа — наиболее простые по сравнению с другими известными электровозами переменного тока — были предложены В. С. Кулебакиным еще в 1935 г. В 1944 г. на кафедре электрической тяги МЭИ по договору с Наркоматом угольной промышленности началась разработка рудничного конденсаторного электровоза, тогда же был разработан ряд теоретических вопросов и спроектирован опытный электровоз. В этих работах принимал непосредственное участие (как головной исполнитель) завод «Динамо» имени С. М. Кирова. Там в 1946 г. и был построен опытный электровоз, который испытывался затем в Москве на поверхности. В 1947 г. после того, как В. С. Кулебакин предложил внести в его конструкцию ряд принципиальных изменений, электровоз прошел промышленные испытания в одной из шахт Донецкого бассейна.

Через два года в соответствии с постановлением Советского правительства Торецкий машиностроительный завод и завод «Динамо» выпустили первую опытную партию конденсаторных электровозов типа КЭ-1, которую использовали на шахтах Донбасса и Мосбасса. Эти электровозы были спроектированы заводом «Динамо» и Гипроуглемашем при участии МЭИ. В 1951 г. появился электровоз типа КЭ-2, при разработке проекта которого был учтен опыт эксплуатации электровоза КЭ-1. Новые электровозы были отправлены на шахты Донбасса, Мосбасса и Кузбасса, где они продемонстрировали надежность работы, износоустойчивость механической части (специальные редукторы) и аппаратуры (конденсаторы, контроллеры) и высокие тяговые качества. Однако конструкция тяговых двигателей потребовала доработки, которая велась в порядке содружества между коллективом, возглавляемым В. С. Кулебакиным, заводом «Динамо» и Министерством угольной промышленности. На основе исследования теплового режима двигателя была разработана конструкция вентилируемого двигателя, защищенного от вредного воздействия пыли. Опытные двигатели, изготовленные на заводе «Динамо», успешно прошли все испытания.

В 1950 г. Виктор Сергеевич Кулебакин за работу по созданию конденсаторных электровозов и внедрению их в шахтах был удостоен Государственной премии.

Хорошо зная современное ему состояние промышленного производства в нашей стране и направление его

дальнейшего развития, Виктор Сергеевич Кулебакин понимал, что оно непременно будет связано с прогрессом механизации и автоматизации. «Механизация и автоматизация,— отмечал В. С. Кулебакин,— являются основными направлениями в развитии техники нашей эпохи и важнейшими средствами для увеличения производительности труда, повышения качества продукции, эффективности и точности выполнения различных операций, а также поднятия на более высокий уровень культуры производства»⁵. Однако как частичная или комплексная механизация, так и ее высшая форма — автоматизация производственных процессов невозможны без соответствующей энергетической базы. В современной энергетике, в особенности в энергетике нашей страны, электрификация играет первенствующую роль в развитии всех производительных сил, поэтому советское электростроительство с каждым годом приобретает все более широкий размах, чтобы возможно полнее удовлетворить непрерывно возрастающие потребности народного хозяйства в электроэнергии.

Интенсивное развитие электрификации в нашей стране выдвинуло перед наукой и техникой серьезные задачи не только по производству и распределению электрической энергии, но и по рациональному ее потреблению. «В настоящее время,— писал В. С. Кулебакин,— в СССР вырабатывается более 170 млрд. кВт·ч электроэнергии в год, а к концу шестой пятилетки ежегодное производство энергии будет доведено до 320 млрд. кВт·ч, причем около двух третей этого количества будет преобразовываться в механическую энергию с целью приведения в движение самых разнообразных рабочих машин, станков, агрегатов и других орудий производства, которые используются на фабриках, заводах и других промышленных предприятиях, а также в сельском хозяйстве и на транспорте»⁶.

Подобное преобразование электрической энергии в механическую с определенным видом и качеством движения для производственных целей обычно осуществляется посредством так называемых электрических приводов, пред-

⁵ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода.— В кн.: Актуальные проблемы электрификации народного хозяйства. М., 1959, с. 6.

⁶ Там же.

ставляющих комплекс электрических машин, аппаратов и систем управления, связанных конструктивно и параметрически с рабочими машинами.

Однако, чтобы осуществить наиболее выгодные режимы работы, повысить производительность и достигнуть наибольшей эффективности и экономичности в производственных агрегатах и машинах, приходится вести процессы по определенным законам, осуществлять стабилизацию и регулирование многих параметров. Обычно это легко достигается при применении электроприводов. К тому же автоматизация управления последними открывает дополнительные технические возможности, оказывает во многих случаях революционизирующее влияние на самые производственные процессы и является одной из основ дальнейшего прогресса в тяжелой индустрии, в машиностроении и других отраслях промышленности.

«Наиболее характерной особенностью современного электропривода,— отмечал Кулебакин,— определяющей пути его дальнейшего развития, является органическое слияние электрической силовой части с рабочими органами машин и механизмов. Это позволяет существенно упростить сами машины, станки и пр. путем замены механических передач электрическими, совершенствовать управление движением рабочих органов, выполняя его электрическими методами, и, наконец, что самое важное,— создавать такие высокопроизводительные и точные механизмы, которые вообще немыслимы без использования одно- или многодвигательного автоматизированного электропривода.

...Можно указать на электрокопировальные станки, реверсивные и непрерывно прокатные станы, бумагоделательные агрегаты и др. При помощи систем следящего электропривода в копировальных станках легко осуществляется производство деталей сложной формы по заданной модели без непосредственного участия рабочего»⁷.

Освоение нашей промышленностью системы электроприводов с автоматизацией всех операций по пуску в ход, торможению, реверсированию, изменению и поддержанию на заданном уровне скорости вращения привело к созданию современных высокопроизводительных прокат-

⁷ Там же, с. 7.

ных станов и возможности дальнейшего совершенствования этих машин.

Привод с автоматическим согласованием скоростей вращения не одного, а целого комплекса отдельных электродвигателей позволил осуществить высокопроизводительные агрегаты.

Во всех отраслях промышленности тенденция к переходу на непрерывные, поточные методы производства обусловила повышение требований к технике автоматизированного электропривода. Разумеется, комплексная автоматизация непрерывных скоростных производственных процессов на поточных линиях выполняема лишь на основе применения весьма совершенных систем, с достаточной жесткостью обеспечивающих кинематические связи между отдельными участками поточных линий. Это выдвинуло как одну из наиболее актуальных проблему создания систем согласованного (по скорости и положению) движения отдельных звеньев системы автоматизированного электропривода.

Программируемое, т. е. точное, выполнение заданного скоростного технологического и производственного процесса вызывало необходимость вводить в систему автоматизированного электропривода счетно-решающие устройства, программное управление, управление с помощью магнитных записей или посредством специальных машин. Для успешного решения этой задачи стали необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования, разработка специальной аппаратуры.

Чрезвычайно важное значение для автоматизации производственных процессов начали играть надежность работы системы автоматизированного электропривода. Решение этой задачи тесно связано с необходимостью применения более простых и надежных по устройству электрических двигателей, аппаратов и прочих технических средств, более широкого внедрения бесконтактных и статических устройств, к числу которых относятся полупроводниковые элементы, электронно-ионные приборы, фотореле, магнитные усилители и пр.

Конструкторы, стремясь уменьшить число преобразований энергии и повысить надежность установок, все большее внимание стали уделять созданию регулируемых электроприборов, питаемых непосредственно от сетей переменного тока.

«Отечественная промышленность в настоящее время достигла определенных количественных и качественных успехов в выпуске различных систем автоматизированного электропривода,— писал Кулебакин.— Однако дальнейшее развитие автоматизации в нашей стране требует не только значительного расширения выпуска оборудования для электромеханизации различных отраслей промышленности, но и соответствующего усовершенствования этих технических средств»⁸.

По мнению ученого, наиболее важными задачами по обеспечению автоматизации систем электроприводов техническими средствами, которые предстояло решать, являлись дальнейшее усовершенствование конструкций электродвигателей и создание новых типов двигателей, более приспособленных к сочленению с производственной машиной и к условиям работы последней; улучшение существующих и разработка новых быстродействующих усилителей (электромашинных, магнитных и пр.) и мощных преобразователей переменного тока в постоянный и обратно; повышение надежности, срока службы и быстродействия релейно-контакторной аппаратуры; создание специальной аппаратуры для автоматизации управления электроприводами в функции параметров производственного процесса; внедрение новой техники в систему управления (программные, счетно-решающие устройства, магнитные записи и пр.).

Пожалуй, главнейшим в решении перечисленных задач повышения надежности и долговечности элементов системы автоматизированного электропривода являлся путь, основанный на использовании всякого рода бесконтактных устройств, электронных, магнитных, фотоэлектрических, нелинейных сопротивлений, конденсаторов изменяемой емкости и пр. Отсюда весьма серьезна проблема энергетики автоматизированных электроприводов и повышения коэффициента полезного действия (КПД) этих систем.

«...На промышленное производство расходуется наибольшая доля электрической энергии, вырабатываемой всеми электрическими станциями Советского Союза,— писал Кулебакин.— В шестом пятилетии общее потребление

⁸ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода, с. 8.

ние энергии электромеханизированными производственными системами за счет ввода нового оборудования и модернизации существующего составит не менее 500 млрд. кВт·ч. При создании нового, более совершенного электропривода и связанного с ним производственного оборудования имеется возможность значительно снизить потери энергии, а повышение общего КПД даже на 1% позволило бы сэкономить около 5 млрд. кВт·ч энергии и использовать ее на дальнейшее развитие производства. Эти данные показывают, что проблема улучшения энергетических показателей при электромеханизации промышленности приобретает большое народнохозяйственное значение. Не менее важное значение для экономики государства имеет проблема уменьшения веса (без снижения КПД надежности действия и срока службы) всех звеньев системы автоматизированного электропривода. В течение шестого пятилетия в нашей стране будет выпущено около 10 млн. электродвигателей на общую мощность примерно 50 млн. кВт. На изготовление только одних асинхронных двигателей потребуется свыше 300 тыс. т тонколистного проката, 20 тыс. т обмоточных медных проводов и пр.»⁹

Изготовление электрических машин весьма металлоемко. Это показывают приведенные выше цифры. Дальнейший прогресс в металлургии по производству легированных электротехнических сталей, в химии и технологии — по созданию новых изоляционных материалов высокой электрической прочности и повышенной теплостойкости открывают широкие перспективы по значительному снижению веса электрических машин, аппаратов и повышению КПД и надежности их работы. «Отечественный и зарубежный опыт разработки новых серий электрических машин показывает, — отмечал ученый, — что даже при современном уровне имеется возможность намного облегчить конструкцию электрических машин и аппаратуры управления, добиться снижения веса на десятки процентов. Так, например, асинхронные двигатели вновь разработанной в Америке серии обладают удельным весом (весом, приходящимся на единицу мощности), почти в два раза меньшим, чем в прежней серии. Значительного уменьшения веса можно достигнуть и в аппаратуре уп-

⁹ Там же, с. 9.

равления, если использовать все новейшие достижения»¹⁰.

Чтобы эффективно «состыковать» системы электроприводов с различными машинами и исполнительными механизмами, применяются всякого рода муфты, передачи, тормозные устройства и пр. Эти дополнительные звенья системы автоматизированного электропривода также играют важную роль. Путем применения электромагнитных и магнитных муфт, регулируемых передач, тормозных приспособлений и пр. удается улучшить систему электропривода, поэтому совершенствование и изыскание новых принципов построения этих промежуточных звеньев электропривода должно войти в комплекс научно-технических задач по автоматизированному электроприводу.

Советская наука и техника, отмечал Кулебакин, должны поставить себе задачу, чтобы автоматизация производственных процессов осуществлялась техническими средствами, требующими меньших затрат на их изготовление по сравнению с расходами на обычное электрооборудование. Большие задачи возникают перед наукой и техникой в связи с предстоящим развитием электромеханизации новых видов технологических процессов и таких производств, которые по условиям безопасности или недоступности должны осуществляться без непосредственного участия человека (атомные установки, подземные и подводные установки, воздушные и космические летательные аппараты и пр.)¹¹.

Дальнейший прогресс в области автоматизации электропривода невозможен в отрыве от широкого развития научных (теоретических и экспериментальных) исследований и изысканий. Ученый отмечал, что, несмотря на то, что многое из области автоматизированного электропривода может быть рассмотрено на основе общей теории автоматизации и электрических машин, все-таки специфические особенности работы электропривода в сочетании с производственными агрегатами требуют особого подхода при разрешении не только конкретных, но и общих задач электромеханизации производственных процессов, по анализу и синтезу автоматически действующих систем электроприводов. В связи с этим крайне актуальной стала проблема дальнейшего повышения качества автомати-

¹⁰ Там же, с. 10.

¹¹ Там же.

зированной электропривода и построения этих систем на основе применения новейших, более перспективных методов управления и регулирования (использование комбинированного способа управления, нелинейных связей, применение принципа инвариантности и пр.), развития теории регулирования и управления многими параметрами, взаимосвязанными с основным звеном автоматически действующей системы, глубокого изучения законов движения и режимов работы электропривода совместно с производственным агрегатом и учета всех их нагрузок.

Таким образом, создание рационального и высококачественного автоматизированного электропривода, отвечающего всем непрерывно повышающимся требованиям в отношении производительности, быстродействия и точности выполнения заданных функций, представляет довольно сложную научно-техническую и экономическую проблему, разрешение которой должно способствовать прогрессу автоматизации и механизации производственных процессов в различных отраслях народного хозяйства нашей страны.

«В настоящее время в промышленных и других установках,— писал Кулебакин,— применяется автоматизированный электропривод с использованием двигателей постоянного и переменного тока. Техничко-экономическое разграничение областей применения регулируемых и нерегулируемых электроприводов на постоянном и переменном токе точно установить не представляется возможным, так как обе системы, непрерывно совершенствуясь, могут в некоторых областях конкурировать друг с другом»¹².

Двигатели постоянного тока, как это следует из их принципа действия, обладают естественным свойством регулируемости, а использование их в электроприводах по системе «генератор—двигатель» позволяет во многих случаях обеспечивать требуемый диапазон регулировки скорости вращения. Расширению диапазона регулировки скорости вращения и значительному прогрессу в области автоматизации электропривода на постоянном токе способствовало внедрение электромагнитных усилителей (с продольно-поперечным полем, со многими обмотками возбуждения). С помощью этих усилителей удалось не только расширить диапазон регулировки в электроприво-

¹² Там же, с. 11.

дах по системе Леонарда, но и увеличить жесткость электромеханической характеристики привода при одновременном повышении устойчивости, точности и быстродействия.

Правда, непосредственное использование систем электроприводов на постоянном токе связано с необходимостью преобразования переменного тока в постоянный, что удорожает и усложняет эти системы. Кроме того, электропривод постоянного тока осуществляется посредством коллекторных машин, более сложных по устройству, менее надежных в эксплуатации и более дорогих, чем бесколлекторные машины переменного тока. Несмотря на эти недостатки, электропривод постоянного тока довольно распространен и он должен найти применение и в дальнейшем.

Внедрение электронно-ионного управления в системы электроприводов открыло возможности дальнейшего совершенствования системы регулирования, лучшего использования двигателей постоянного тока и расширения областей их применения. Повышению надежности и управляемости электроприводов постоянного тока способствуют также магнитные усилители, выполняющие роль управляющего и регулирующего звена в системе привода.

Конструктор, используя двигатели постоянного тока с электромашинными и магнитными усилителями, имеет возможность создать довольно высококачественные следящие системы. Поэтому электропривод постоянного тока находит применение и в системах, где требуется точное согласованное движение двух или нескольких двигателей.

Помимо ионных и электронных выпрямителей, стали находить все большее применение контактные выпрямители с механическим и электромагнитным управлением замыкания и размыкания контактов. Механические выпрямители обладают высоким коэффициентом полезного действия и могут быть построены на весьма большие токи (свыше 10 тыс. А). Нашли широкое применение и выпрямители роликового типа.

В. С. Кулебакин произвел глубокий анализ контактных выпрямителей. В частности, определенный интерес среди них представляют контактные выпрямители с электромагнитным управлением. Большим достоинством электромагнитного управления контактами выпрямителя является возможность чисто электрическим путем регу-

лировывать фазу замыкания и размыкания контактов. Время замыкания контактов при таком управлении измеряется долями миллисекунды, при этом число надежных замыканий контактов доведено до $(1-2) \cdot 10^9$. Изготавливаемые из специального сплава никель-железа контакты в выпрямителях на 8000 А требуют осмотра и чистки лишь после 1000 часов, а контакты до 400 А способны работать безотказно не менее 4000 час. Особое устройство позволяет контактам избежать подпрыгивания и дребезжания.

Кулебакин считал, что большие перспективы дальнейшего использования двигателей постоянного тока открываются в связи с созданием и промышленным выпуском силовых полупроводниковых выпрямителей (германиевых, кремниевых) в виде диодов и триодов. Применение электронных, ионных, механических и полупроводниковых выпрямителей в системах электроприводов на постоянном токе, а также сеточного и дроссельного управления дает возможность поднять автоматизацию на еще более высокий уровень. Разумеется, в системах электропривода постоянного тока легко осуществить более эффективные методы управления и регулирования, в частности использовать для автоматического регулирования комбинированный метод, принцип инвариантности, нелинейные обратные связи и пр.

Внедрение всех достижений в области выпрямительных устройств и аппаратуры управления, а также новых методов для построения систем автоматизированного электропривода на постоянном токе на основе более эффективного регулирования является одним из путей повышения качества автоматизированных электроприводов на постоянном токе и широкого их использования. Использование выпрямителей в системах электропривода на постоянном токе повышает также и КПД установки. Отсюда Кулебакин делал важный вывод: следует развернуть широкий фронт научных работ по дальнейшему развитию и усовершенствованию систем автоматизированного электропривода на постоянном токе, конструктивному улучшению всех звеньев, развитию теории рабочих процессов и методов рационального построения этих систем¹³.

Благоприятные возможности для развития комплексной автоматизации производственных процессов создает

¹³ См. там же, с. 15.

электропривод переменного тока, поскольку он использует наиболее простые, дешевые и надежные в работе асинхронные двигатели. Этот вид электропривода при дальнейшем его развитии будет в наибольшей мере отвечать требованиям комплексной автоматизации и производства — главному направлению советской техники. Двигатели на переменном токе являются основными потребителями электрической энергии, вырабатываемой в стране. Поэтому от степени их совершенства в значительной мере будет зависеть рациональное использование энергии действующих и сооружаемых в СССР тепловых и гидроэлектрических станций.

В 60-х годах появилась резко выраженная тенденция к более широкому использованию двигателей переменного тока, главным образом асинхронных, и применению их в таких электроприводах, где электрические двигатели постоянного тока уже завоевали достаточно прочное место (судовые механизмы, подъемные устройства, следящие системы и пр.). Как известно, асинхронные двигатели являются наиболее простыми, надежными и более дешевыми среди других электродвигателей. Однако решение задачи по созданию автоматически регулируемых электроприводов с применением асинхронных двигателей, не обладающих естественным свойством регулируемости, является более сложным, чем при использовании двигателей постоянного тока.

Электромеханические характеристики и скоростные свойства электроприводов с асинхронным двигателем зависят от многих факторов: от конструктивного выполнения самого двигателя, частоты, числа пар полюсов, электрических параметров первичной цепи и вторичных цепей (статора, ротора), магнитного насыщения сердечников статора и ротора, схемы включения, величины напряжения на зажимах, степени асимметрии системы напряжения и др. Благодаря этому имеется целый ряд факторов и параметров, которые можно изменять для воздействия на механические свойства и скорость вращения асинхронного двигателя. Так, с помощью различных форм пазов, в которые укладываются проводники ротора, можно изменять электромеханические характеристики асинхронного двигателя и тем самым лучше приспособлять их к условиям работы привода заданного механизма или агрегата.

Однако, хотя конструктивная модификация ротора и дает возможность влиять на электромеханические свойства асинхронного двигателя, посредством ее нельзя добиться желаемого расширения диапазона скорости вращения его. Поэтому для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей в широких пределах приходится прибегать к специальным схемам включения и системам управления.

Регулируя скорость вращения асинхронного двигателя, необходимо иметь в виду его специфические свойства, заключающиеся в том, что естественная скорость вращения определяется частотой переменного тока, а поглощаемая мощность этого двигателя, если пренебречь потерями в статоре, зависит от развиваемого электромагнитного момента и угловой скорости вращения магнитного поля статора. Коэффициент полезного действия асинхронного двигателя зависит от скольжения, и чем больше скольжение, тем он ниже. Следовательно, если требуется изменять скорость вращения в широком диапазоне, то это регулирование всегда связано с потерями в случаях, когда $s \neq 0$. Отсюда следует, что всякое регулирование скорости вращения (в сторону снижения) асинхронного двигателя при постоянной частоте питающего двигателя переменного тока связано с увеличенными затратами энергии на скольжение. Иной результат получается, когда двигатель при требуемой скорости вращения ротора работает с малым скольжением, но это возможно лишь тогда, когда скорость вращения вала отличается незначительно от угловой скорости магнитного поля статора. Таким образом, с точки зрения экономичности необходимо при изменении скорости вращения ротора одновременно изменять и скорость вращения магнитного поля статора, т. е. производить питание двигателя переменным током изменяемой частоты — осуществлять так называемое частотное управление; при этом необходимо устанавливать определенное напряжение на обмотках статора, поскольку оно связано с частотой известным линейным соотношением.

Поток магнитной индукции в асинхронном двигателе нельзя изменять в широком пределе, так как его увеличение может вызвать чрезмерное возрастание намагничивающего тока и, следовательно, потерь, а уменьшение его приводит к снижению максимума крутящего момента. Поэтому регулирование скорости вращения асинхронно-

го двигателя изменением частоты переменного тока должно сопровождаться соответствующим изменением и напряжения на первичной стороне асинхронного двигателя.

Свойства и особенности асинхронных двигателей осложняют решение задачи регулирования скорости вращения в автоматизированных электроприводах переменного тока. Как правило, частотный способ по своему существу является наиболее экономичным способом глубокого регулирования скорости вращения двигателя. Но регулирование этим способом вызывает необходимость преобразования частоты и изменения напряжения.

К тому времени было предложено большое число различных систем электроприводов с частотным управлением, в которых в качестве генераторов или преобразователей частоты применялись синхронные генераторы, вращаемые с переменной скоростью, асинхронные преобразователи, компенсированные коллекторные генераторы, некомпенсированные коллекторные преобразователи, электронно-ионные и электромеханические выпрямители и инверторы. Однако, несмотря на большое число предложенных и разработанных систем преобразователей частоты, отсутствовал совершенный образец и ни одна система не получила широкого применения. Возникла задача создать конструктивно простой преобразователь частоты.

Кулебакин и его ученики предложили ряд новых систем и устройств для преобразования частоты. Отличительной особенностью некоторых из них являлось объединение двигателя и потенциал-регулятора, работающего с переменным магнитным потоком с коллекторным преобразователем частоты, у которого коллектор неподвижен, а щетки вращаются. Особое внимание при разработке электромашинных преобразователей было уделено коммутации.

По мнению Кулебакина, кроме электромашинных коллекторных систем преобразования частоты переменного тока, возможно применение синхронных бесколлекторных преобразователей, в которых изменение частоты производится не плавно, а скачкообразно, ступенчатым образом. Преобразователи подобного типа пригодны главным образом для питания асинхронных двигателей повышенной частоты. Как раз при повышенных частотах имеется воз-

возможность значительно расширить диапазон изменения частоты.

С повышением частоты питающего напряжения появляется реальная возможность сделать преобразователь частоты с большим числом ступеней. Это позволяет значительно уменьшить скачки изменения частоты при переходе с одной ступени на другую и получить более плавное регулирование, чем при применении переменного тока нормальной частоты. Так, например, в преобразователях, рассчитанных на изменение частоты в пределах 25—500 Гц, кратность регулировки скорости вращения достигает 20 и число ступеней может быть доведено до 20.

«За последние годы,— писал Кулебакин,— начаты работы по использованию механических выпрямителей для преобразования частоты. Эти выпрямители отличаются простотой устройства и высоким КПД. Среди других способов преобразования частоты большой практический интерес представляет преобразование посредством электронно-ионных приборов»¹⁴.

Управление скоростью вращения асинхронных двигателей с использованием статических преобразователей частоты имеет ряд существенных преимуществ перед управлением с помощью электромашинных преобразователей: полное отсутствие вращающихся частей и подвижных контактов, сравнительно высокий коэффициент полезного действия (90—95%), меньший вес, габариты и стоимость, возможность установки на более легких фундаментах, независимость (в большинстве конструкций) входной и выходной частот. Правда, необходимость предварительного выпрямления переменного тока в постоянный с последующим инвертированием на заданной частоте и наличие сравнительно большого числа управляемых выпрямителей, конденсаторов и других дополнительных элементов во многом усложняют систему преобразования и инвертирования и снижают надежность работы.

«Громадные возможности для создания надежных и экономичных преобразователей частоты переменного тока,— предвидел Виктор Сергеевич,— открываются в связи с разработкой и предстоящим выпуском в промышленных

¹⁴ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода, с. 19,

масштабах силовых полупроводниковых (германиевых, кремниевых) диодов и триодов»¹⁵.

Действительно, даже в то время частотное управление в системах электроприводов с асинхронными короткозамкнутыми двигателями уже было весьма эффективным. Поэтому так необходимо было обратить особое внимание на создание рациональных преобразователей и сосредоточить усилия ученых и инженеров на решении задач по дальнейшему усовершенствованию ионных, полупроводниковых и ионно-машинных систем преобразования частоты переменного тока и схем инвертирования, на развитие теории автоматического частотного управления асинхронными двигателями.

В процессе создания регулируемых электроприводов переменного тока немаловажной задачей является дальнейшее развитие параметрических методов управления. Применение этих методов позволяет создать более простые и надежно действующие системы электроприводов, в особенности для тех установок, где требуется кратковременное, но глубокое регулирование скорости.

Для современного автоматизированного электропривода среди параметрических методов управления и регулирования наибольшее распространение получает управление посредством изменения магнитного насыщения в цепях управляющих устройств (дросселей насыщения, магнитных усилителей) или самих машин. Достоинством этих методов и способов управления и регулирования являются простота и надежность устройства, возможность получения достаточных степеней усиления и осуществления обратных связей по многим параметрам. Дроссельное управление автоматизированного электропривода может производиться не только со стороны первичной цепи, но и со стороны вторичной.

Электропривод с дроссельным управлением асинхронных двигателей может с успехом применяться как следящая система. Исследования ученика В. С. Кулебакина В. Д. Нагорского показали, что в этом случае следящие системы получаются более простыми и надежными и по своим динамическим свойствам не уступают аналогичным системам с двигателями постоянного тока¹⁶.

¹⁵ Там же, с. 20.

¹⁶ Кулебакин В. С., Нагорский В. Д. Электрификация самолетов. М., 1952. Т. II.

Автоматизированное управление может быть использовано также и в конденсаторных двигателях, питаемых от однофазных сетей, для получения симметричных режимов при различных нагрузках.

«Несмотря на то, что дроссельное управление в электроприводах с асинхронными двигателями получило широкое практическое признание и внедрение, все же приходится отметить,— писал В. С. Кулебакин,— что работы в области создания методов расчета и конструирования дросселей насыщения, ведущиеся в нашей стране, далеко не удовлетворяют назревающим большим потребностям в использовании этих элементов управления»¹⁷.

Исследователи здесь сталкиваются с многочисленными трудностями. Задача анализа и синтеза всей системы автоматизированного электропривода с дроссельным управлением окончательно еще не разрешена. Решение ее оказывается сложным, в особенности если ставятся требования в отношении и устойчивости, и качества регулирования с учетом возмущающих воздействий. К этому надо добавить, что и сам асинхронный двигатель, главное звено автоматически действующей системы, является сложным нелинейным звеном, и система автоматизированного электропривода с асинхронным двигателем и дроссельным управлением трудно поддается чисто аналитическому исследованию. Необходимы большие и серьезные теоретические и экспериментальные исследования рабочих процессов в этих системах и развитие методов расчета систем дроссельного управления электроприводов переменного тока.

Чтобы управлять скоростью вращения асинхронных двигателей, можно использовать дроссели насыщения не только для снижения напряжения на зажимах двигателя, но и для искажения системы трехфазного напряжения. Создавая таким образом искусственную асимметрию напряжений на зажимах двигателя, как известно, можно уменьшать напряжение прямой последовательности и получать систему напряжений обратной последовательности, вызывающую образование инверсных полей. Интересные исследования по управлению асинхронными двигателями были проведены многими учениками Кулебакина.

¹⁷ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода, с. 22.

«Во многих современных электроприводах,— отмечал Виктор Сергеевич,— нашло широкое распространение регулирование скорости вращения двигателей переменного тока путем переключения числа полюсов. В Советском Союзе разработаны специальные типы асинхронных двигателей с несколькими ступенями переключения полюсов.

Применение переключения числа полюсов в комбинации с дроссельным регулированием обеспечивает возможность плавного управления электроприводом и повышения КПД всей системы»¹⁸.

Советские ученые А. Г. Ивахненко, Л. И. Гутенмахер и другие предложили осуществлять регулирование скорости вращения асинхронного двигателя путем искусственного усиления насыщения магнитной цепи статора, для чего применить на статоре двигателя дополнительную намагничивающую обмотку. Если пропускать по ней постоянный ток, то можно путем его регулировки изменять насыщение и тем самым изменять намагничивающий ток в основной обмотке статора. Увеличение намагничивающего тока вызовет снижение напряжения на зажимах асинхронного двигателя, а следовательно, и скорость его вращения. «...Правда, подобный способ регулирования скорости вращения,— отмечал Кулебакин,— связан со значительным ухудшением коэффициента мощности как самого двигателя, так и питающей сети»¹⁹.

Катушка индуктивности в цепи двигателя по существу представляет реактивное сопротивление, величина которого изменяется путем регулирования тока подмагничивающей обмотки, на что тратится малая мощность по сравнению с управляемой реактивной мощностью самого дросселя; поэтому такое устройство представляет собой реактивный усилитель. Но в нем реактивное сопротивление при регулировании тока подмагничивания может изменяться от некоторого конечного меньшего индуктивного сопротивления до другого предела — большого индуктивного сопротивления. Благодаря этому введение дросселя насыщения в цепь статора асинхронного двигателя всегда вызывает снижение подводимого напряжения на зажимах двигателя и, следовательно, недоиспользование электромеханических свойств двигателя. В. С. Кулебакин

¹⁸ Там же, с. 23.

¹⁹ Там же, с. 24.

совместно со своим учеником Г. В. Орешкевичем показал, как может быть устранен и этот недостаток. Оказывается, посредством реактивного усилителя в виде синхронного двигателя, включаемого последовательно в цепь статора асинхронного двигателя, можно обойти все эти трудности. При перевозбуждении синхронный двигатель создает в цепи асинхронного двигателя реактивное емкостное сопротивление; при слабом возбуждении последний превращается в реактивное (индуктивное) сопротивление. Таким образом, регулируя ток возбуждения последовательно включенного синхронного двигателя, работающего вхолостую или при малой нагрузке, можно напряжение на зажимах асинхронного двигателя изменять в широком диапазоне, при этом не только не снижать, но и устанавливать его выше номинального.

Надо сказать, что использование синхронной машины для управления скоростью вращения асинхронных двигателей предложил также А. Г. Ивахненко. Однако разработанная им схема отличалась от предыдущей тем, что синхронный двигатель включался не последовательно, а параллельно к зажимам регулируемого двигателя.

Разумеется, изложенное выше далеко не исчерпывает всех возможностей, которые открываются в области управления асинхронными двигателями с помощью дросселей насыщения, реактивных усилителей и магнитного насыщения самого двигателя, но уже достигнутые тогда положительные результаты практического внедрения электроприводов с дроссельным управлением дали достаточные основания для более широкого использования этого способа управления, особенно для установок, требующих повышенной надежности и кратковременного глубокого регулирования скорости вращения. В начале 60-х годов Кулебакин и его ученики продолжили работу в этом направлении, уделив особое внимание уменьшению веса и габаритов дросселей насыщения, повышению энергетических показателей установок и развитию теории этих систем управления.

Примерно в те же годы в автоматизированных электроприводах переменного тока стал находить применение импульсный метод управления. Сущность его состоит в периодическом изменении электрических параметров первичной или вторичной цепи асинхронного двигателя при переключении фаз первичной обмотки. При таком управ-

лении подача электрической энергии к двигателю происходит импульсами. Изменяя относительную продолжительность действия импульсов, можно, оказывается, регулировать и стабилизировать скорость вращения электропривода. Частота импульсов устанавливается в зависимости от допустимых пульсаций скорости вращения и чувствительности органов реагирования.

Используя этот метод управления, можно регулировать скорость вращения в довольно широком диапазоне и даже осуществлять реверсирование. Этот метод используется и в специальных следящих системах. Существенным достоинством импульсного метода являются простота управления, большое скоростное действие и обозначение устойчивой работы системы на пониженных скоростях вращения. Для регулирования импульсным методом требуется применение быстродействующей контактной аппаратуры. Вместо контактных аппаратов в системах электроприводов переменного тока для импульсного управления могут с успехом применяться бесконтактные магнитные и ионные прерыватели.

Развивая теоретические и практические работы в области импульсного управления электроприводов переменного тока, Кулебакин сосредоточил усилия на дальнейшем усовершенствовании этих систем и более широком внедрении их в промышленность. Был создан ряд электроприводов с двигателями переменного тока, питаемыми от источников переменного тока повышенной частоты. Применение такого тока явилось перспективным, так как открыло широкие возможности для создания электроприводов с большими скоростями вращения, достигающими до 100—200 тыс. об/мин. Применение повышенных частот во многих случаях позволило также по-иному и более рационально решать задачу по электроприводу некоторых машин, агрегатов и значительно повысить надежность всей системы.

Одним из существенных недостатков электропривода, используемого в качестве электробура с трехзвенным двигателем, являются сложность устройства и ненадежность в эксплуатации токоподвода, если питание двигателей производится от трехфазной сети с применением трехжильных или двухжильных кабелей. Поэтому трехфазный токоподвод не позволял в полной мере использовать преимущество электробурения.

Советские ученые И. Бобко и Д. Марьяновский предложили питать трехфазный двигатель через статический преобразователь числа фаз. Первичная цепь этого преобразователя двухфазная, но питание ее должно производиться по одножильному кабелю с использованием в качестве обратного проводника тела самих бурильных труб; вторая цепь преобразователя — трехфазная. Для получения сдвига фаз в 90% в первичную цепь преобразователя включается статический конденсатор.

«При существующем в настоящее время уровне производства трансформаторов и конденсаторов на повышенной частоте, — отмечал Кулебакин, — встроить в трубы статический фазовый преобразователь технически возможно, а подвод однофазного тока к нему по одножильному кабелю значительно упростится, так как он будет требовать одноконтakтных соединительных муфт.

Все изложенное относительно регулируемых электроприводов переменного тока касалось таких случаев, когда в качестве первичного источника электрической энергии используются сети переменного тока промышленной частоты»²⁰.

Как известно, электрификация многих силовых установок базируется на автономных источниках переменного тока, подвижных и неподвижных. Их характерной особенностью является питание электроприводов от генераторов соизмеримой мощности. В этих случаях источник питания с первичным двигателем и электропривод с исполнительным механизмом необходимо рассматривать как единую взаимосвязанную систему машин. Только при правильном подборе параметров отдельных звеньев этой системы можно обеспечить требуемый режим работы электропривода.

Сам процесс создания рационального и надежно действующего электропривода с автономным питанием представлял довольно сложную научно-техническую задачу, требовавшую специального подхода для ее решения. Опыт работы Института автоматизации и телемеханики Академии наук СССР в тесном научном содружестве с одним из заводов убедительно подтвердил это соображение. Совместными исследованиями было установлено,

²⁰ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода, с. 26.

что при автономном питании вопрос стабилизации напряжения на зажимах асинхронного двигателя, работающего в тяжелом режиме, приобретает первенствующее значение.

Поскольку силовые электроприводы и всякого рода электрические трансмиссии имеют важное значение для многих областей (сельское хозяйство, бурение нефтяных скважин, суда, катера, экскаваторы, дизель-электровозы, танки, электролеты и пр.), Кулебакин обращал особое внимание на развитие научно-исследовательских и конструкторских работ в указанной выше области электропривода переменного тока нормальной и повышенной частот.

По мере внедрения асинхронных двигателей возникла проблема регулирования скорости приводного вала рабочих машин посредством электромеханических муфт. Так, например, использование асинхронных (индукционных) муфт может в ряде случаев привести к наиболее рациональному построению системы автоматизированного электропривода. Перспективны электромагнитные муфты с ферромагнитным наполнителем (порошковые муфты), способные выполнять функции тормоза, динамометра, фиксатора положения, ограничителя момента и т. п. Помимо того, они могут служить для плавного запуска привода, для разгона больших инерционных масс, для регулирования момента или скорости и т. д.

«Изучение всех процессов управления посредством электромагнитных муфт, — считал Кулебакин, — представляет большой интерес не только теоретического, но и практического характера»²¹.

Пожалуй, наиболее важными, но в то время еще не решенными проблемами современного электропривода следовало считать создание электропривода возвратно-поступательного и вибрационного движения. Еще не были найдены пути для вытеснения неэкономичного парового привода с возвратно-поступательным движением в штамповочных молотах. Решение этой задачи состояло в создании простого, надежного в работе электродвигателя поступательного движения, а главное — в разработке быстродействующей и точной системы электрического управления, которая могла бы конкурировать в этом

²¹ Там же, с. 27.

смысле с системой парового управления. Окончательное решение потребовало проведения большого количества теоретических и экспериментальных исследований, а также конструктивных разработок.

Примерно те же задачи возникли перед конструкторами при разработке устройств вибрационного движения. Главнейшими из них являлись создание автоколебательных систем с однофазными двигателями поступательно-го движения и разработка электромагнитных вибраторов с простой системой управления амплитудой и частотой вибраций. Предстояло разрешить немало проблем, связанных с улучшением систем автоматического управления электроприводами, особенно в комплексной автоматизации технологических процессов. В то время для сложных схем управления рядом электроприводов, особенно для автоматических поточных линий и заводов-автоматов, было характерно большое насыщение их релейно-контакторной аппаратурой, работающей в режимах частых срабатываний. Так, в схемах автоматических линий станков число включений и других коммутационных операций достигало десятков тысяч в час, а на заводах-автоматах — сотен тысяч в час, что снижало надежность систем электрического управления и тормозило дальнейшее развитие автоматизации. В связи с этим приобретали особое значение разработка и внедрение для таких установок телемеханических принципов управления и, что особенно важно, бесконтактных электрических аппаратов и систем бесконтактного управления, а также создание научных основ резервирования элементов управления и методов повышения надежности работы системы в целом.

Для резкого снижения габаритов и веса бесконтактных аппаратов, применяемых в цепях управления (путевые выключатели, реле и другие устройства), Кулебакин считал полезным их конструирование на повышенную частоту тока до 500 Гц. При разработке систем управления автоматизированными электроприводами, считал он, большое внимание должно быть уделено широкому использованию полупроводниковых приборов и устройств.

Рабочие скорости производственных машин для механизмов такого типа, как шахтные подъемники, лифты, экскаваторы и др., продолжали увеличиваться. Возникла необходимость обеспечения при пуске и замедлении не-

зависимой от нагрузки заданной формы кривой скорости. Отсюда вытекало требование разработки простых и надежных схем программного управления процессами ускорения и замедления. Кулебакин предлагал²² значительно шире использовать возможности пневмо-гидроприводов, которые в сочетании с электроприводом и с электрическим управлением могли бы дать в ряде случаев рациональное решение вопроса автоматизации установок.

Решение практических задач по созданию мощных высокопроизводительных и скоростных автоматизированных электроприводов тесно связано с необходимостью решения ряда теоретических задач в области механики электропривода. В основном уравнении движения электропривода все элементы привода обычно рассматриваются как идеально твердые тела, и поэтому явления и процессы, в которых играют роль упругие деформации элементов приводного устройства, не могут быть описаны и исследованы при помощи общепринятого уравнения. Между тем в современных электроприводах упругие деформации начинают приобретать все большее значение, в соответствии с чем возникла необходимость в изучении и разработке этого вопроса.

Эти и ряд других проблем Кулебакин поставил перед своими учениками. Он отмечал, что еще не получил общего решения и учет потерь в механических передачах электропривода от действия динамических моментов. Основное уравнение движения в этом случае не может быть разрешено в явном виде относительно ускорения, так как моменты сопротивления зависят от значения передаваемого механизмом динамического момента и, следовательно, являются функцией ускорения. Попытки решить это уравнение привели различных исследователей либо к чрезмерно грубым упрощениям, нередко искажающим физическую сущность явления (метод введения КПД передач в формулы приведения моментов инерции), либо к весьма сложной методике, непригодной для практических расчетов. В то же время опыт показывает, что пренебрежение этими потерями может привести к значи-

²² См.: Кулебакин В. С., Нагорский В. Д. Электропривод самолетных агрегатов и механизмов. М., 1958; Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода.

тельными ошибкам при определении величины динамического момента.

Ряд задач был выдвинут ученым и в области теории нагрева и охлаждения двигателей и аппаратуры управления электроприводов. Тепловые расчеты электроприводов базировались на одноступенчатой теории нагрева, рассматривавшей электродвигатель как моногенное тело с одним источником тепла, тогда как в действительности он представляет собой сложную систему тел с несколькими внутренними источниками тепла. Вследствие этого возникли противоречия между теорией и практикой, которые в ряде случаев не находили удовлетворительного объяснения и являлись причиной неправильного выбора мощности электродвигателей.

Таким образом, Кулебакин и его школа своими исследованиями вновь подтвердили, что автоматизированный электропривод является энергетической основой промышленности, развитие и качество его определяют технический уровень электромеханизации всех видов производств. Для поднятия этого уровня на большую высоту стало необходимо значительно усилить научно-исследовательскую работу не только в учреждениях Академии наук СССР, но и в высших учебных заведениях, в конструкторских бюро на заводах, быстрее внедрять все прогрессивное в практику и намного расширить производство в электротехнической промышленности.

«Перед отечественной высшей школой,— отмечал Кулебакин,— стоит весьма ответственная задача по подготовке высококвалифицированных специалистов с широким научным, техническим и политическим кругозором, способных двигать вперед науку и практику автоматизированного электропривода»²³.

²³ Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода, с. 29.

Труды по автоматике и телемеханике

Много времени и сил отдал Виктор Сергеевич Кулебакин решению и другой важнейшей проблемы — созданию теоретических основ автоматизации народного хозяйства. Работы в этой области занимают видное место в его научной и инженерной деятельности. Ряд научных трудов по автоматике явился результатом многолетних исследований, проводившихся Кулебакиным на кафедре электроаппаратостроения Московского энергетического института. Его работы по определению свойств скоростящих возбудителей, по кинетике возбуждения и автоматическому регулированию электрических машин имеют прямое отношение к автоматике. В Институте автоматике и телемеханики Академии наук СССР Кулебакин организовал и лично проводил большие исследования в области автоматизированного электропривода. Его работы по электромашинным усилителям, а также по использованию электрических машин с продольно-поперечной системой возбуждения в двигательном режиме явились серьезным вкладом в теорию электрических машин. Они немало способствовали созданию отечественной промышленностью новых образцов электрических машин и их использованию в системах автоматизированного привода.

Виктор Сергеевич всегда подчеркивал необходимость комплексного исследования регулятора и объекта регулирования. Ему принадлежит тезис о том, что не только регулятор нужно строить с учетом характеристики объекта регулирования, но и регулируемую машину или регулируемый агрегат следует проектировать с учетом требований автоматизации.

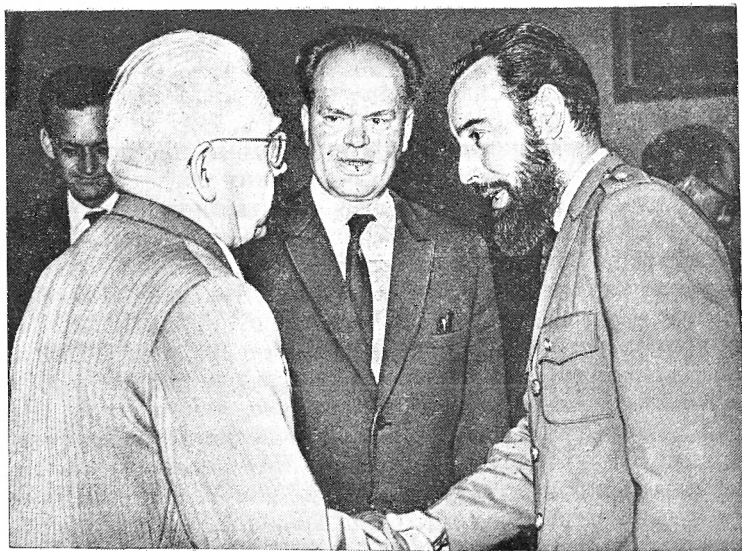
В своих теоретических работах в области автоматике В. С. Кулебакин уделял большое внимание синтезу и определению оптимальных параметров автоматически управляемых систем, качеству процесса регулирования с

учетом непрерывно действующих возмущений. Здесь им предложен ряд оригинальных решений, в том числе и по усовершенствованию вибрационного регулятора напряжения.

Для поддержания постоянства напряжения на зажимах самолетных генераторов еще в 40—50-х годах широко применялись автоматические вибрационные регуляторы, работавшие по так называемой «системе Тиррилла». В основу их устройства был положен принцип электромагнитного прерывателя, посредством которого создавалось прерывистое, короткое замыкание добавочного сопротивления, вводимого в цепь возбуждения генератора или обмотки возбуждения.

Наиболее проста схема устройства и присоединения автоматического так называемого одноступенчатого регулятора вибрационного типа. Основными деталями его являются электромагнит и прерывательный механизм, состоящий из неподвижного и подвижного контактов, причем подвижной механически связан с якорем электромагнита. Последний приходит в движение от совместного действия двух сил: силы, создаваемой пружиной, и силы электромагнитного притяжения, возникающей при прохождении тока по обмотке электромагнита. Если вибрационный регулятор используется для поддержания постоянства напряжения, то обмотка электромагнита через добавочное сопротивление подключается к зажимам генератора.

Сам процесс автоматического регулирования напряжения посредством регулятора вибрационного типа протекает, как известно, следующим образом: когда напряжение на зажимах генератора имеет значение меньше необходимого для поддержания его постоянным (на которое настроен регулятор), сила действия пружин превалирует над силой электромагнитного притяжения и подвижной контакт прижимается к неподвижному; если контакты регулятора присоединены параллельно к добавочному сопротивлению, включенному в цепь возбуждения генератора, то при соприкосновении контактов происходит почти короткое замыкание добавочного сопротивления. Вследствие уменьшения общего сопротивления цепи возбуждения ток в обмотке возбуждения начинает возрастать, а напряжение на зажимах генератора повышаться. От этого ток в обмотке электромагнита регулятора воз-



В. С. Кулебакин в Президиуме Академии наук СССР на встрече с посланцами героической Кубы. В центре — академик М. Д. Миллиончиков

растает, сила электромагнитного притяжения увеличивается и, когда она начинает преобладать над силой пружины, контакты размыкаются, добавочное сопротивление включается в цепь возбуждения, отчего ток в последней начинает падать. При падении тока понижается напряжение, что вызывает уменьшение силы электромагнитного притяжения якоря электромагнита. Когда ток в обмотке электромагнита уменьшится настолько, что сила электромагнитного притяжения якоря электромагнита регулятора станет недостаточной для поддержания контактов в разомкнутом состоянии, контакты снова вступят в соприкосновение. Процесс замыкания и размыкания контактов повторяется. Благодаря этому контакты вибрируют, а напряжение на зажимах генератора периодически то повышается, то снижается, сохраняя при этом свое среднее значение на определенном постоянном уровне. При вибрации контактов регулятора в цепи возбуждения генератора, обладающей индуктивностью, происходит пульсация тока.

Формулы показывают, что изменением относительной замкнутости вибрирующих контактов можно устанавливать различные токи возбуждения; осуществляется это автоматически посредством электромагнитного вибрационного регулятора.

При включении вибрирующих контактов по схеме с увеличением относительной их замкнутости ток в цепи возбуждения возрастает; если контакты присоединены параллельно к обмотке возбуждения, то увеличение их относительной замкнутости ведет к уменьшению тока возбуждения. При замкнутом состоянии ток в цепи возбуждения нарастает, и, следовательно, напряжение повышается, если контакты присоединены последовательно, и, наоборот, при параллельном включении ток возбуждения уменьшается, а напряжение снижается. При размыкании контактов происходят явления обратного порядка. Таким образом, изменяя относительную замкнутость вибрирующих контактов, можно регулировать ток возбуждения и тем самым поддерживать напряжение на определенном среднем уровне.

Чтобы напряжение на зажимах авиационных генераторов поддерживать постоянным при различных скоростях вращения и нагрузках, приходится регулировать ток возбуждения в довольно широком диапазоне, который определяется разностью максимума и минимума возбуждения, необходимого для поддержания постоянного напряжения. Максимальный ток возбуждения требуется, когда генератор вращается с допустимой наименьшей скоростью и нагружен полностью; при вращении с допустимой максимальной скоростью и холостую тот же уровень напряжения поддерживается значительно меньшим током возбуждения.

Поскольку авиационные генераторы рассчитаны на нормальную работу при изменении скорости вращения, степень регулировки тока возбуждения может достигать 6—8 и даже большего значения. При таком широком диапазоне потребного изменения тока возбуждения генератора, если подключать контакты параллельно к добавочному сопротивлению, напряжение на контактах при размыкании повышается чрезмерно. Поэтому для уменьшения напряжения на контактах в момент их размыкания приходится прибегать к так называемому двухступенчатому регулированию или включать одноступенчатый ре-

регулятор по особым схемам. Одноступенчатые регуляторы работают надежнее двухступенчатых, в связи с чем последние обычно не используются.

При периодическом замыкании и размыкании контактов происходит, естественно, пульсация тока возбуждения и напряжения на зажимах генераторов, при этом амплитуда пульсаций уменьшается с ростом частоты вибраций.

Чтобы уменьшить амплитуду пульсаций напряжения, конструктивные и электрические параметры в регуляторе подбираются надлежащим образом и в соответствии с параметрами регулируемого генератора. Помимо этого для повышения частоты вибрации контактов сердечник электромагнита регулятора снабжается дополнительной так называемой ускоряющей обмоткой, присоединяемой через добавочное сопротивление параллельно к обмотке возбуждения; применяется и другой способ — включение в цепь основной обмотки электромагнита части добавочного сопротивления цепи возбуждения генератора, как это сделано в автоматических регуляторах типа РК.

Такой важный для авиационных аппаратов параметр, как надежность для автоматического вибрационного регулятора напряжения, в значительной мере зависит от качества работы контактов и состояния последних. Чтобы вибрирующие контакты поставить в возможно благоприятные условия для работы, необходимо свести до минимума разрывную мощность контактов, установить надлежащую частоту вибраций и давление на контакты.

Действительно, во время работы автоматических вибрирующих регуляторов замыкание и размыкание контактов может сопровождаться образованием электрических разрядов — искр или вольтовой дуги — в зависимости от параметров регулируемой электрической цепи и от материала, из которого изготовлены сами контакты. Эти разряды являются причиной химического и физического разрушения контактов. В результате химического разрушения (коррозии) контакты окисляются, на их активной поверхности образуется пленка, увеличивающая переходное сопротивление, что может привести к временному или даже полному нарушению электрического контакта. Эрозия, или физическая форма разрушения, обычно сопровождается переносом металла с одного контакта на другой, в результате чего на одном контакте образуются

бугорки, наросты в виде пик и соответствующих углублений — кратеров — на другом, что в конце концов может стать причиной короткого замыкания. Кроме того, при прохождении тока может получаться сваривание или спекание контактов.

Главный фактор электрического износа (эрозии) контактов — форма разрядов между ними, которая зависит от напряжения, тока, проходящего по контактам, и параметров электрической цепи (индуктивности, емкости, сопротивления и искрогасительных устройств). Если ток и напряжение между контактами достаточно велики, то образуется дуговой разряд, и тогда перенос металла с одного контакта на другой происходит интенсивно. Однако и при недостаточном напряжении или токе образуется перенос металла на катод в виде иголок или мостиков. Для уменьшения разрушающего действия электрических разрядов на контакты приходится прибегать к особым искро- и дугогасительным устройствам и подбирать соответствующий материал для контактов.

Кроме химического и физического разрушения, контакты изнашиваются и чисто механически — от давления и живой силы удара, от частоты замыкания и размыкания. Контактное давление оказывает существенное влияние на их работу. Вредные последствия мелкого переноса металла (пики, иглы, мостики) менее заметны при больших контактных давлениях. При повышении давления разрушаются окисные пленки и уменьшается переходное сопротивление. Практика и исследования показывают, что при больших давлениях наблюдается значительно меньшее число нарушений нормальной работы контактов, чем при малых. Особенно неблагоприятное влияние на контакты оказывает их нерегулярная вибрация. Если замыкание контактов сопровождается подпрыгиванием (дребезжанием), то вместо одного разряда замыкания возникает несколько последовательных разрядов замыкания и размыкания, что сильно увеличивает эрозию и перенос металла. Таким образом, при пониженном давлении надежность работы контактов уменьшается. Поэтому рекомендуется контактное давление по возможности увеличивать, однако при этом необходимо иметь в виду, что чрезмерное повышение давления может привести к ускорению механического износа (к сплющиванию и даже разрушению контактов).

При повышении частоты вибраций усиливается электрический и механический износ контактов. Поэтому для сохранения контактов желательно частоту вибрации уменьшать, однако при уменьшении ее в регуляторах возрастает амплитуда пульсаций напряжения и токов. Поэтому частоту вибрации контактов приходится устанавливать по допустимым пределам значения пульсаций.

Функциональная надежность вибрационных автоматических регуляторов в значительной мере зависит от степени совершенства работы контактного устройства. Поэтому необходимо создать по возможности наиболее благоприятные условия для работы контактов. На работу контактов, несомненно, существенное влияние оказывают параметры электрических цепей. Но каким образом?

В. С. Кулебакин, пожалуй, первый из авиационных инженеров-электриков нашел расчетным путем наиболее благоприятные соотношения для сопротивлений, включаемых в цепь возбуждения электрических самолетных генераторов¹. Он глубоко проанализировал этапы автоматического регулирования напряжения посредством вибрационных регуляторов типа РК и выявил основные явления, характеризующие процесс действия этих регуляторов.

Оказалось, что при непосредственном включении шунтовой цепи электромагнита регулятора частота вибраций контактов получается довольно низкой. Это приводит к значительным амплитудам пульсаций тока возбуждения и напряжения на зажимах генератора, а также буферного тока, если параллельно к генератору присоединена аккумуляторная батарея. Регулятор системы РК, в отличие от регулятора типа РКК, не имел специальной так называемой ускоряющей обмотки, а в нем с целью повышения частоты вибрации было применено подключение одного конца цепи обмотки электромагнита к зажиму генератора, а другого — к части добавочного сопротивления цепи возбуждения. При таком присоединении цепь обмотки регулятора находится непосредственно под напряжением генератора, когда контакты замкнуты. В период

¹ Кулебакин В. С. К теории самолетных вибрационных регуляторов напряжения.— В кн.: Двадцать лет Военно-воздушной орден Ленина академии Красной Армии имени Н. Е. Жуковского; Юбилейный сборник научных трудов. М., 1942, т. 1,

разомкнутого состояния контактов в цепи электромагнита дополнительно снижается напряжение от падения напряжения на участке дополнительного сопротивления. Вследствие этого при размыкании контактов скорость уменьшения тока в обмотке электромагнита увеличивается, сила электромагнитного притяжения быстро падает, отчего промежуток времени разомкнутого состояния контактов сокращается. Таким образом достигается повышение частоты вибрации.

Кулебакин показал, что если пренебречь влиянием добавочного падения напряжения в сопротивлении от тока электромагнита регулятора, то напряжение, под которым находится при разомкнутых контактах цепь обмотки регулятора, может быть вычислено по трехкомпонентной формуле. Анализ ее позволяет сделать вывод, что напряжение на зажимах регулятора с увеличением тока возбуждения уменьшается, и оно может приобрести не только нулевое, но и отрицательное значение, если увеличить коэффициент относительного сопротивления. Делая отвлечение на большей или меньшей части добавочного сопротивления, можно установить необходимую частоту вибрации. Увеличение ускорительной части добавочного сопротивления позволяет получить очень высокие частоты вибрации. Однако чрезмерное повышение частоты является нежелательным с точки зрения механической прочности вибрирующей части регулятора (контакты, пружина).

Далее Кулебакин показал, что повышение частоты вибрации контактов в регуляторе системы РК может быть достигнуто также путем применения и ускоряющей обмотки, как это сделано в регуляторах системы РРК. В этом случае, подключая ускоряющую обмотку параллельно к обмотке возбуждения, следует добавочное сопротивление подобрать так, чтобы общее сопротивление цепи ускоряющей обмотки регулятора играло роль шунтирующего сопротивления.

Таким образом, Кулебакин впервые в мировой практике установил, как мы теперь говорим, оптимальные значения основных параметров цепи возбуждения электрических генераторов постоянного тока. При них создавались наиболее благоприятные условия для работы одноступенчатых автоматических вибрационных регуляторов. Кроме того, Кулебакин вывел основополагающие форму-

лы и диаграммы, посредством которых можно проанализировать процесс действия этих регуляторов. Помимо аналитической проработки проблемы, ученый провел многочисленные экспериментальные исследования, их результаты подтверждали все теоретические положения и выводы.

В. С. Кулебакин отдавал много творческой энергии дальнейшему совершенствованию математического аппарата, используемого многотысячной армией инженеров-проектировщиков. Дело в том, что при решении многих теоретических и практических задач электротехники, а также при исследованиях самых разнообразных физических процессов, нестационарных явлений и т. п. исследователю приходится часто встречаться с различными функциональными зависимостями, получаемыми на основе расчета или в результате эксперимента. Во многих случаях бывает не только желательно, но даже необходимо найти такие аналитические выражения для этих функций, которые, с одной стороны, с достаточной точностью изображали бы заданные зависимости и, с другой — были удобны для математических операций. Подобное требование может быть отнесено и к функциям, заданным формулами, если формулы оказываются слишком сложными или затрудняющими получение конечных результатов исследования.

В практике весьма часто приходится встречаться с такими случаями, когда при изучении или исследовании различных физических процессов и явлений (не только в области электротехники) не представляется возможным выразить непосредственно аналитической функцией законы, связывающие изучаемые величины. Вместе с тем без труда удается установить зависимости между теми же величинами и их производными или дифференциалами, т. е. описать процессы и явления при помощи дифференциальных уравнений.

Дифференциальные уравнения уже давно широко используются при решении самых разнообразных математических задач по физике, электротехнике, механике и во многих других областях науки и техники. Для их решения разработаны многие методы, среди которых получили распространение операционное исчисление и различные способы преобразований (Лапласа, Хевисайда, Дарбу, Фурье и др.). Несмотря на широкий арсенал ма-

тематического аппарата, для решения дифференциальных уравнений на практике встречаются трудности или сложности по использованию его.

Кулебакин развил операционный метод для решения линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. При этом он предложил новый метод записи с целью облегчения и уменьшения операций по интегрированию дифференциальных уравнений, к которым приходится прибегать при теоретических и экспериментальных исследованиях различных стационарных и переходных процессов, а также при выполнении работ по анализу и синтезу динамических систем (в частности, самых разнообразных автоматически действующих устройств), электрических цепей и схем и т. п. Кулебакин ввел новое операторное изображение в виде многочлена операторов дифференцирования и назвал его $K(D)$ -изображением заданных аналитических функций, являющихся общим решением однородных линейных дифференциальных уравнений.

Как показал опыт, использование $K(D)$ -изображений в целом ряде случаев математической и инженерной практики является вполне целесообразным.

В своих работах Кулебакин обобщил основные теоретические соображения относительно $K(D)$ -изображения заданных функций, привел многочисленные примеры, иллюстрирующие конкретные виды применения этого изображения. Учитывая определенные сложности, в основном психологического характера, в перестройке сложившегося у проектировщиков математического аппарата, Кулебакин начал издавелека. «В математическом анализе, — указывал он, — уже давно подмечено некоторое подобие принципа двойственности, состоящее в том, что чисто аналитическое свойство, налагаемое на функцию, оказывается строго эквивалентным геометрической структуре этой функции. Классическим примером этого служит знаменитая теорема Чебышева — Вейерштрасса об изображении функции равномерно сходящимся рядом многочленов на отрезке эквивалентно ее непрерывности на всем этом отрезке. Другой, сравнительно недавний, пример этого рода представляют изыскания Г. Бора²: всякая функция, представляемая на всей оси $[-\infty,$

² Бор Г. Почти периодические функции. М., 1934.

$+\infty$] равномерно сходящимся рядом конечных тригонометрических выражений с какими-нибудь действительными показателями, есть почти периодическая»³.

Разумеется, было бы весьма интересно дать в терминах геометрической структуры необходимое и достаточное условие для того, чтобы функция допускала сколь угодно точную аппроксимацию интегралами линейных дифференциальных уравнений, однородных и с постоянными коэффициентами. Эта проблема, охватывающая, очевидно, как частные случаи и теорему Чебышева и результат Г. Бора, заслуживает внимания не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Важный частный случай этой проблемы тот, где рассматриваемые дифференциальные уравнения подчинены известному правилу устойчивости Гурвица и где дело идет об изображении функций на целой полуоси $[0, +\infty]$. Эта проблема — одна из важных для техники, и в частности для автоматки, и было бы весьма желательно иметь какие-либо общие результаты в этом направлении.

К. Шеннон показал⁴, что и другие функции, за исключением гипертрансцендентных функций, являются решениями однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Таким образом, для аппроксимации непрерывных функций, ограниченных по модулю, имеется обширный класс аналитических выражений, представляющих интегралы однородных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Следует особо отметить, что идея воспроизводства заданных аналитических функций путем решения линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами впервые была высказана и реализована академиком А. Н. Крыловым еще в 1911 г.⁵, но это он сделал применительно к фундаментальным, или гармоническим, функциям. Кулебакин же показал, что интегралами однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами можно выражать не только гармонические функции, но и воспроизводить точно или с

³ Кулебакин В. С. Операторное $K(D)$ -изображение функций и его практическое применение. М., 1958, с. 2.

⁴ Shannon C.— J. Math. and Phys., 1941, vol. 20, p. 337—354.

⁵ Крылов А. Н. Лекции о приближенных вычислениях. СПб., 1911.

любым приближением и многие другие непрерывные функции.

Как известно, каждому однородному дифференциальному уравнению с определенными начальными условиями соответствует единственное решение. Поэтому каждую непрерывную функцию можно точно или с любым заданным приближением не только представлять аналитическими выражениями, а условно изображать посредством многочлена, состоящего из операторов дифференцирования с постоянными коэффициентами и начальными данными относительно этой функции. Характерной особенностью такого изображающего операторного многочлена является то, что в результате воздействия им на изображаемую функцию получается тождественный нуль, т. е.

$$K(D)f(t) = 0.$$

Этот операторный многочлен Кулебакин предложил назвать изображением заданной функции:

$$K(D) \rightarrow f(t).$$

Во многих случаях заданная функция может быть выражена абсолютно точно или с любой заданной точностью решением однородного дифференциального уравнения с переменными коэффициентами. Кулебакин прекрасно понимал, что в настоящее время при решении дифференциальных уравнений широко используются преобразования Лапласа. Он писал, что между преобразованием заданной функции по Лапласу $L(p)$ и $K(D)$ -изображением этой функции существует определенная формальная связь. Более того, представление непрерывных функций посредством $K(D)$ -изображения во многих случаях облегчает решение различных задач и сокращает количество операций по вычислениям. Оно может быть использовано для приведения неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами к обобщенному однородному или обобщающей системе нескольких однородных уравнений, что теперь положено в основу принципа действия современных счетно-решающих машин и моделирующих устройств. $K(D)$ -изображения могут просто и наглядно характеризовать заданные возмущения, действующие на различные системы, и облегчать исследования поведения систем, находящихся под непрерывным влиянием внешних возмущающих сил

$f(t)$, а также решение задач по выбору параметров систем автоматического управления и регулирования с учетом возмущений и пр. Широкое применение $K(D)$ -изображения могут найти при исследованиях всякого рода переходных режимов, в частности нестационарных процессов в электрических цепях, в автоматических системах и пр.

Так, сформулировав основные принципы, Кулебакин затем дал более подробное описание методов использования операторного изображения для решения различных практических задач. Он отмечал: в некоторых случаях при теоретических исследованиях и решении практических задач является целесообразным заменить неоднородное линейное дифференциальное уравнение одним обобщенным однородным уравнением, общее решение которого было бы равно полному решению неоднородного, или обобщающей системой однородных уравнений. Кулебакин показал, каким образом приведение неоднородного линейного уравнения к одному или нескольким однородным осуществляется на основе использования операторного $K(D)$ -изображения заданных функций, стоящих в правой части неоднородного уравнения.

Примеры расчета волнового сопротивления, которые представил Виктору Сергеевичу один из ближайших его учеников — Д. В. Голубев, показали, что метод $K(D)$ -изображений гораздо проще, чем метод интеграла Дюамеля, поскольку применение последнего часто связано с необходимостью отыскания довольно сложных интегралов.

Описанный выше прием использования $K(D)$ -изображений для приведения неоднородных дифференциальных уравнений к однородным или к системе таковых находит теперь применение при аналитических решениях и при решениях посредством различных математических машин различного рода задач из области физики, техники.

Весьма целесообразным оказывается приведение неоднородных дифференциальных уравнений к однородному на основе использования $K(D)$ -изображения при исследованиях процессов в автоматических системах, находящихся под влиянием непрерывно действующих возмущающих сил, в определенном отрезке времени, при переходе от одной стационарной нагрузки к другой. Как известно, многие процессы в автоматизированных системах при малых изменениях могут быть описаны с достаточным

приближением при помощи системы линейных дифференциальных уравнений.

Таким образом, $K(D)$ -изображение аналитических функций может быть использовано для облегчения решения обыкновенных дифференциальных уравнений машинным способом, в частности посредством счетно-решающих устройств, дифференциальных анализаторов, механических и электрических интеграторов и других аналогичных математических машин. Конструкция и вся система этих машин получаются значительно проще, когда в них функциональные элементы или звенья заменены интегрирующими устройствами, дающими решение требуемых функций.

В настоящее время этот способ нашел применение почти во всех математических устройствах, интегрирующие звенья которых используются для воспроизводства более широкого класса заданных функций, что открывает дополнительные возможности решения обыкновенных дифференциальных уравнений различной формы и структуры.

Большое разнообразие формы и структуры, возможное даже и в простых дифференциальных уравнениях, представляет средство для создания и применения существенно новых типов функций, которые определяются только своими дифференциальными уравнениями, решение которых во многих случаях не поддается обычным классическим приемам, но легко осуществляется посредством математических машин. Для иллюстрации Кулебакин детально рассмотрел несколько примеров для образования аналитических функций и решения некоторых обыкновенных уравнений⁶. Эти примеры показывают, что при решении некоторых обыкновенных дифференциальных уравнений требуется исходные уравнения приводить к системам уравнений, обобщенный порядок которых получается гораздо выше порядка основного уравнения. Поэтому необходимо заметить, что при всем многочисленном разнообразии форм и структуры обыкновенных дифференциальных уравнений «порядок» основного дифференциального уравнения не является достаточной характеристикой его.

⁶ Кулебакин В. С. Операторное $K(D)$ -изображение функций и его практическое применение, с. 30.

При обычном аналитическом решении мера порядка дифференциального уравнения устанавливается лишь по одной стороне управления, при этом игнорируется другая сторона. Между тем, как было показано Кулебакиным, когда аналитические или машинные способы решения дифференциальных уравнений базируются на использовании интегрирующих звеньев для воспроизводства заданных или известных функций по их $K(D)$ -изображениям, то обобщенный порядок эквивалентных дифференциальных уравнений получается равным сумме порядка первоначального уравнения и порядка дифференциальных уравнений, отображающих заданные аналитические функции.

Таким образом, обобщенный порядок характеризует степень сложности первоначального уравнения и определяет число интеграторов, необходимых для решения заданного уравнения при помощи дифференциальных анализаторов и других аналогичных математических машин.

Развитие теории по автоматическому регулированию и управлению, а также по следящим системам, имевшее место за последние годы, в значительной мере способствовало конструированию и усовершенствованию этих систем. Однако, несмотря на большие достижения в области автоматизации, практика непрерывно предъявляла все более и более высокие требования к автоматически регулируемым и следящим системам и к созданию таких методов расчета, посредством которых можно было бы определять основные параметры автоматически регулируемых и следящих систем с учетом непрерывного возмущающего воздействия. Последнее обстоятельство должно было быть наиболее типичным, вероятным или наиболее неблагоприятным для реальных условий данной системы.

Приведенными выше примерами далеко не исчерпывается область применения предложенного Кулебакиным оператора $K(D)$ для изображения заданных функций. В частности, $K(D)$ -изображения с успехом можно использовать при интегральной оценке ошибок во время исследования качества процессов в автоматически действующих системах, находящихся под непрерывным внешним возмущением. В этом случае путем приведения неоднородного дифференциального уравнения к однородному можно легко определить интегральную ошибку при воз-

мушенном движении, не прибегая к решению дифференциального уравнения, а используя для этого методы, предложенные Кулебакиным и его учениками.

Введение $K(D)$ -изображения заданных функций не только облегчает решение многих теоретических и прикладных математических задач, но и позволяет более просто, а в некоторых случаях и по-иному подходить к ним при аналитических исследованиях в области физики, электротехники, механики, автоматике, а также при синтезе различного рода динамических систем, в частности и автоматически действующих.

Положенный в основу построения $K(D)$ -изображения принцип для представления или аппроксимации заданных функций с любой наперед заданной степенью точности посредством интегралов однородных линейных дифференциальных уравнений позволил получать требуемые аналитические функции машинным способом без применения различных шаблонов, открыл широкие возможности для дальнейшего усовершенствования и значительного упрощения устройства и конструкций математических вычислительных машин, дифференциальных анализаторов, электрических, механических и других интеграторов, счетно-решающих устройств и т. п., которые теперь стали довольно распространенным инструментом в руках исследователя и инженера, сделались важными звеньями автоматически действующих систем.

Летом 1960 г. в Москве проходил Первый международный конгресс по автоматическому управлению. Организовала его Международная федерация по автоматическому управлению (ИФАК), в которой большим авторитетом неизменно пользовались советские ученые. С большим докладом «Теория инвариантности автоматически регулируемых и управляемых систем» выступил академик В. С. Кулебакин. «За последние годы в нашей стране и за рубежом,— отметил он,— имеются большие достижения в области теории и практики автоматического регулирования, а также в повышении качества процессов в автоматизированных объектах.

Среди многих высококачественных автоматически регулируемых и управляемых устройств заслуживают большого внимания системы, построенные на основе компенсации возмущений, или инвариантности (независимости)

регулируемой величины от возмущений, действующих на регулируемый объект»⁷.

Кулебакин остановился на математической и физической сущности принципа инвариантности, на базе которого могут быть созданы различные системы регулирования и управления. Затем он перешел к рассмотрению особенностей этих систем. Чтобы облегчить аудитории восприятие далеко не простого по теме доклада, анализ, исследование процессов проводились в линейном приближении и относились к таким системам, в которых поведение главного звена — объекта регулирования — характеризовалось двумя координатами. Кулебакин показал, что в любой системе регулирования, помимо каналов, передающих внешние возмущения на регулирующее устройство, имеются обратные связи, образующие замкнутые цепи для передачи информации об отклонениях координат регулируемого объекта. Схема такого комбинированного управления относится к системам так называемого замкнуто-разомкнутого цикла с компаундированием обратных связей.

Комбинированный способ управления может быть осуществлен без компаундирования обратных связей, а лишь при одной связи — по регулируемой величине или какому-либо другому параметру объекта регулирования.

Если на вход системы не поступает информация от внешнего возмущения или нагрузки, действующих на регулируемый объект, а управление системой осуществляется только за счет обратных связей регулируемой и другой координаты объекта регулирования, то она превращается в систему замкнутого цикла. Такая система представляет собой систему регулирования по отклонению. Блок-схема последней является частным случаем системы комбинированного регулирования. Если система имеет обратную связь по двум координатам объекта регулирования, то она — система компаундного регулирования по отклонению. Для описания процессов в ней могут быть использованы те же уравнения, если в ней оператор при возмущающей силе (нагрузке) приравнять нулю.

Одной из основных задач синтеза автоматических систем является выбор соответствующих параметров,

⁷ Кулебакин В. С. Теория инвариантности автоматически регулируемых и управляемых систем.— В кн.: Труды I Международного конгресса ИФАК. М., 1961, с. 103.

структурных схем и установление таких видов управления, при которых может осуществляться компенсация влияния возмущающих сил для того, чтобы процессы в системе протекали более совершенным образом согласно заданным требованиям в отношении устойчивости и точности, а сама система была бы по возможности простой и надежно действующей. Так, ко всем системам автоматического регулирования и управления, как известно, предъявляется основное требование: отклонения регулируемой величины от заданного или должного значения во время переходных процессов и при действии возмущающих сил должны быть возможно меньшими. В выполнении этого требования и заключается основная физическая сущность задачи регулирования.

Решение системы уравнений относительно регулируемой координаты в автоматически управляемой системе приводят обычно к общему виду. Полное решение этого дифференциального уравнения, выражающее поведение регулируемой координаты, можно представить как сумму трех компонент: свободной составляющей, зависящей от динамических свойств системы и начальных условий; вынужденных составляющих, получающихся в результате влияния на систему возмущения, и задающего воздействия.

Первая компонента является общим решением однородного дифференциального уравнения, вынужденные составляющие определяются как частные решения соответствующих уравнений с правой частью.

В высококачественных автоматических системах необходимо, чтобы свободная составляющая быстро затухала и имела по возможности малое отклонение по модулю. Что касается вынужденных составляющих, то одна компонента должна быть практически равна нулю, а другая воспроизводить с точностью до постоянного множителя задающее воздействие. Выполнение этих требований оказывается возможным при определенных условиях для случаев, когда нагрузка (или внешнее возмущение) представляет собой либо произвольную функцию времени, ограниченную по модулю, либо заданную или заранее известную функцию времени, также ограниченную по модулю.

Далее в докладе В. С. Кулебакин показал, что для того, чтобы при произвольной функции нагрузок иметь нулевое тождество, необходимо, чтобы были выполнены

некоторые дополнительные условия. В зависимости от того, в какой мере осуществляется приближение к нулю тождества и от влияния какого возмущения освобождается заданная координата, различают следующие виды инвариантности: полную, с точностью до свободной составляющей; абсолютную, с точностью до ε ; селективную, или избирательную; с точностью до влияния производных от возмущения.

Первый способ обеспечения инвариантности системы состоит в применении дополнительного управления по нагрузке. Практическое осуществление его заключается в измерении внешних возмущений, действующих на объект регулирования, и подаче в определенном виде информации об этих возмущениях на органы реагирования регулятора системы.

Второй способ предусматривает применение компандирующих обратных связей. В 1939 г. Г. В. Щипановым была опубликована работа⁸, в которой он впервые обратил внимание на то, что в системах регулирования, поведение обобщенных координат которых описывается стандартными уравнениями, при соответствующем подборе операторов дифференцирования можно теоретически сделать одну из адъюнкт при соответствующем элементе матрицы тождественно равной нулю. Отсюда следует, что частное решение уравнения, представляющее вынужденную составляющую, равно нулю, т. е. параметр системы делается независимым от произвольной или заданной функции возмущения нагрузки. С физической точки зрения это означает, что в автоматических системах, или стабилизирующих устройствах, относящихся по существу терминологии к классу систем замкнутого цикла, достижение полной компенсации влияния возмущения на регулируемый параметр возможно лишь при компандном управлении, т. е. тогда, когда эти системы, или устройства, в своих регуляторах имеют органы, не только реагирующие на отклонение значения регулируемой координаты от должной величины, но и приходящие в действие под влиянием дополнительных обратных связей по другим координатам объекта регулирования. Таким образом, эти системы должны иметь несколько, но не менее

⁸ Щипанов Г. В. Теория и методы проектирования регуляторов.— Автоматика и телемеханика, 1939, № 1.

двух каналов для передачи на вход информации о поведении регулируемого объекта. В противном случае осуществление полной компенсации по второму способу при обратной связи лишь только по одной регулируемой координате невозможно.

Предложенная Г. В. Шипановым идея компенсации внешних возмущений, отмечал далее В. С. Кулебакин, послужила академику Н. Н. Лузину⁹, а затем ему же совместно с П. И. Кузнецовым¹⁰ предметом математических исследований абсолютной инвариантности в теории линейных дифференциальных уравнений. Сформулированные ими теоремы справедливы и для тех случаев, когда компенсация влияния возмущения на координату производится первым способом, т. е. по дополнительному воздействию от возмущения.

Иногда по тем или иным причинам не представляется возможным осуществить полную компенсацию только первым или вторым способом. В этих случаях прибегают к использованию одновременно двух этих способов, т. е. к применению компаундирования с дополнительным воздействием по возмущению.

На основании выполнения условий полной компенсации возмущения можно создавать не только системы стабилизации, но и системы программного регулирования, а также следящие системы, обладающие высокой точностью воспроизводства программы или любого задающего воздействия.

Кулебакин показал, что если в системах программного регулирования или в следящих системах с обратной связью по выходной величине используется еще дополнительное воздействие по внешней нагрузке, т. е. применяется комбинированное управление, при котором полная компенсация внешнего возмущения приводит к нулевому тождеству, то необходимо оператор при задающем воздействии подобрать таким образом, чтобы было удовлетворено составленное из полиномов равенство.

Кулебакин отметил в своем уже цитированном нами докладе на Первом Международном конгрессе ИФАК, что советским ученым Г. М. Улановым разработана теория

⁹ Лузин Н. Н. К изучению матричной теории дифференциальных уравнений.— Автоматика и телемеханика, 1940, № 5.

¹⁰ Лузин Н. Н., Кузнецов П. И.— ДАН СССР, 1946, т. 51; 1951, т. 80.

инвариантности до ε и для нелинейных комбинированных автоматически регулируемых систем¹¹.

В системе, находящейся под одновременным влиянием нескольких возмущений, можно создать такие условия, при которых любая координата становится независимой от одного или нескольких возмущений, т. е. можно достигнуть так называемой избирательной, или селективной, инвариантности. Критерием такой инвариантности в отношении возмущения является тождественное уничтожение адъюнкты соответствующего элемента характеристической матрицы.

В заключение Кулебакин остановился на инвариантности до влияния высших производных возмущений. На этом принципе построены все астатические системы (с астатизмом первого и более высокого порядка) при использовании управления по отклонению или комбинированным способом (по отклонению и по возмущению). Кулебакин писал, что этот вид инвариантности представляет частный случай инвариантности до ε .

Как показали в дальнейшем теоретические и экспериментальные исследования академика Б. Н. Петрова, профессора Г. М. Уланова¹² и других советских ученых, принцип инвариантности может быть с успехом использован для создания высококачественных нелинейных систем автоматического регулирования и управления. Условия компенсации применимы также и для устранения отрицательного влияния автоколебаний, возникающих в автоматических системах при наличии в них нелинейных элементов любого типа.

Так сформулированные Кулебакиным основные принципы инвариантности для систем автоматического регулирования были развиты в трудах его многочисленных учеников и соратников.

¹¹ Уланов Г. М. Системы автоматического регулирования и следящие системы, работающие по разомкнутому и замкнутому циклам, и принцип инвариантности.— ДАН СССР, 1954, т. 96.

¹² Петров Б. Н., Уланов Г. М. Вопросы теории комбинированного управления.— В кн.: Труды сессии АН СССР «Научно-технические проблемы автоматизированного электропривода». М.: Изд-во АН СССР, 1957.

Глава десятая

Последние годы

В начале 60-х годов Виктор Сергеевич серьезно заболел. Сказались перегрузки во время напряженной научной работы в годы войны да и от многочисленных обязанностей далеко не научного плана, которые он считал своим долгом выполнять сам, не перекладывая на других. Врачи категорически запретили работать и направили академика в клинический санаторий. Виктор Сергеевич попросился поближе к дому, к Москве. Так он оказался в санатории «Архангельское».

Здесь, в санатории, Виктор Сергеевич встретил женщину, которая стала его верным спутником в последние годы жизни. Их первая встреча произошла десять лет назад в сочинском санатории, где Анна Демьяновна работала методистом лечебной физкультуры.

И вот теперь нечаянная встреча в «Архангельском», в кабинете ЛФК. По-прежнему Анна Демьяновна — методист лечебной физкультуры, но кое-что изменилось в ее судьбе. Окончила институт физкультуры, поступила в заочную аспирантуру и сейчас под руководством известного физиолога И. И. Саркисова-Серазини набирает материал для кандидатской диссертации.

Анна Демьяновна внимательно вчиталась в записи врачей. У Виктора Сергеевича серьезное заболевание: нарушена двигательная способность руки и ноги. Почти вся левая часть тела как бы отключилась от надежного управления, опасно подскочило кровяное давление. Да, природа не простила бессонных ночей над проектами, бесконечных волнений.

Врачи рекомендовали Кулебакину носить с собой маленький теннисный мячик. Упругий, он должен был сыграть роль микроэспандера. Врачи советовали почаще сжимать кистью этот маленький мячик. Будут напрягаться мышечные связки, посылая электрические импульсы в мозг. Электричество должно прийти на помощь и пионе-



Торжественный вечер, посвященный 70-летию академика В. С. Кулебакина. О творческом пути Виктора Сергеевича и его научной школе рассказывает министр энергетики и электрификации СССР П. С. Непорожний. Справа — академик А. Ю. Ишлинский (1961)

ру авиационной электротехники. Клетки мозга будут как бы постепенно «оттаивать» от сковавшей их неподвижности, зажигая все новыми огоньками контрольный люминофор на экране энцефалографического прибора.

Однако все оказалось не так просто. И теперь уже опытный глаз Анны Демьяновны схватил главное: работать с мячом еще рановато. Мышцы руки согнуты в локтевом суставе, тонизированы до предела. Кисть надо расслаблять, расслаблять. И только потом возможно тихое, размеренное катание по идеальному льду санаторного катка, упражнение с эспандером.

Главная забота Анны Демьяновны — добиться, чтобы рука Кулебакина не была так крепко сжата в кулак. А для этого надо очень точно дозировать нагрузку. Пре-



*Одним из первых поздравил юбиляра его известный ученик
В. П. Упеник*

дельная осторожность требуется здесь от медицинского работника, ибо начнешь форсировать движения с нарастающей амплитудой и перечеркнешь достигнутое, усугубишь болезнь. Анна Демьяновна подолгу оставалась в палате с женой Виктора Сергеевича — Зинаидой Ивановной, стараясь во всем помочь ей. Выздоровление шло, но не так быстро, как хотелось. Но вот однажды Кулебакин радостно воскликнул: «Зина, смотри, я могу полностью расслабить руку!»

Первые шаги с палочкой, без посторонней помощи. Пройдено пятьдесят шагов... Сто... Вся аллея... Академик, казалось, приговоренный к пожизненной неподвижности, зашагал, как и прежде. И все началось с исключительной настойчивости и душевной преданности Анны Демьяновны. «Вы вернули меня науке», — признался он ей.

После этого случая Кулебакины стали проводить отпуск непременно в «Архангельском». Ни один день не

обходился без того, чтобы они не гуляли вместе по прекрасным аллеям Юсуповского дворца, делились планами, заботами, радостями и огорчениями, которые как-то незаметно стали для всех общими. Постепенно Анна Демьяновна превратилась в настоящего друга семьи Кулебакиных. Ее не удивляли поздние звонки из Москвы. Когда требовалось, она спешила в Большой Харитоньевский переулок.

Но однажды (это было в марте 1965 г.) телефонный звонок из Москвы ее сильно встревожил. Звонила Зинаида Ивановна.

— Что-нибудь с Виктором Сергеевичем?

— Нет, все хорошо, — сказала, чуть помедлив, Зинаида Ивановна. — Но я вас очень прошу приехать...

Раньше времени сдав дела, она помчалась в Москву. Виктор Сергеевич был в своем рабочем кабинете. Женщины вышли из дома. Зинаида Ивановна тяжело оперлась о руку своего друга. Только тут Анна Демьяновна поразила ее необычайной бледности, особенно заметной при дневном свете.

— Аня, я серьезно больна... У меня саркома... Прошу Вас, берегите Виктора Сергеевича. Детей у нас нет... Я, Вы знаете, боялась, что они также унаследуют от меня болезнь легких, обременят Виктора Сергеевича, оторвут его от науки. Вы стали нам родным человеком. Оставайтесь им навсегда...

К сожалению, опасения Зинаиды Ивановны подтвердились. 21 декабря 1965 г. она умерла...

Виктор Сергеевич очень тяжело пережил кончину жены. Вновь появились изнуряющие приметы старой болезни. Дни и ночи не покидала его Анна Демьяновна. Ей вновь удалось сделать, казалось, невозможное — вернуть Виктора Сергеевича к активной жизни. И если пять последующих лет мозг академика работал во имя науки, генерируя новые идеи, и Виктор Сергеевич щедро одаривал ими своих учеников, всех, кто шел с ним рядом, приближая и ускоряя воплощение в жизнь гениальных прогнозов ленинского плана электрификации, то в немалой степени в этом заслуга Анны Демьяновны — лекаря, помощника и верного друга академика.

Умер Виктор Сергеевич зимой 1970 г.

Школа Кулебакина

Прошло несколько лет после кончины Виктора Сергеевича. И вот 30 октября 1973 г. в квартире по Большому Харитоньевскому переулку раздался звонок. Дверь открыла вдова академика. Почтальон вручил ей бережно упакованную посылку. В день рождения своего учителя и друга его соратники считали своим долгом отдать дань уважения выдающемуся советскому ученому.

«Уважаемая Анна Демьяновна! — писали они. — Мы, ученики и близкие сотрудники В. С. Кулебакина, с удовольствием посылаем Вам сборник трудов „Электромеханика и автоматика“, который посвящен светлой памяти Вашего мужа, академика В. С. Кулебакина, выдающегося ученого в области электромеханики и автоматического управления.

Желаем Вам доброго здоровья и всего самого наилучшего».

Кулебакин своими работами открыл перед отечественной наукой новые горизонты. Многие из его высказываний актуальны и по сей день. Так, в 1955 г. на Втором Всесоюзном совещании по теории автоматического регулирования он впервые поднял вопрос об экономических показателях процессов управления и регулирования. Виктор Сергеевич писал: «Ко всем автоматизированным системам должно предъявляться требование в отношении экономичности, высокого коэффициента полезного действия, сокращения потерь до минимума. Эта сторона почти совсем не освещается в работах по автоматическому регулированию и управлению. Мало обращается внимания на выбор таких параметров управления, при которых достигаются наибольшая эффективность и экономичность»¹.

¹ *Кулебакин В. С.* Об основных задачах и методах повышения качества автоматических управляемых систем.— В кн.: Труды

Мы видим, что теперь вопросам эффективности и экономичности систем автоматического управления придается колоссальное значение и эти работы уже переросли в самостоятельное направление. Идеи В. С. Кулебакина развиваются дальше в работах его многочисленных учеников и исследователей. Широко известны работы Б. Н. Петрова, А. Ю. Ишлинского, Г. С. Поспелова, Ю. П. Доброленского, И. М. Синдеева, В. Д. Нагорского, В. И. Винокурова, В. А. Боднера, В. П. Селезнева, В. В. Петрова, Г. М. Уланова, А. И. Кухтенко, А. Г. Ивахненко и других крупнейших ученых нашей страны. По теории инвариантности состоялось несколько всесоюзных совещаний, первые из которых были организованы по инициативе и при активном участии В. С. Кулебакина. Эти совещания не только имели большое значение для теории инвариантности, но и способствовали дальнейшему развитию общей теории управления.

На Третьей Международной конференции по космической науке и технике (Рим, 3—8 мая 1971 г.) была доложена работа трех соратников и учеников Виктора Сергеевича. Это были академик Б. Н. Петров, доктора технических наук В. Ю. Рутковский и С. Д. Земляков. Работа называлась «Двукратная инвариантность в адаптивных системах координатно-параметрического управления летательными аппаратами». Таким образом, теория инвариантности оказалась крайне нужна и сверхзвуковой авиации и космонавтике.

До сравнительно недавнего времени традиционными органами управления летательными аппаратами являлись воздушные рули, элероны, щитки и т. д. Несколько позже появились газоструйные рули, затем стали применять для управления двигатели, установленные в кардановом подвесе, специальные газоструйные сопла. Все перечисленные органы с точки зрения математической модели объекта создавали управляющие силы или моменты за счет изменения каких-либо координат, входящих в уравнения движения летательных аппаратов. Поэтому такое управление было названо координатным. Однако за последнее время достаточно часто стали применять для целей управления специально организованное изменение

II Всесоюзного совещания по теории автоматического регулирования. М., 1955, с.

конструктивных характеристик летательного аппарата или параметров его дифференциального уравнения. Сюда относятся, например, изменение геометрии крыльев, изменение площади рулей, изменение передаточного коэффициента от вала рулевой машинки до руля, перемещение крыльев вдоль продольной оси летательного аппарата, что приводит к изменению расстояния между центром тяжести и центром давления летательного аппарата, и т. д. Целенаправленное изменение параметров летательного аппарата для управления им стало называться параметрическим управлением.

В общем случае ныне используется как координатное, так и параметрическое управление (координатно-параметрическое управление). В ряде случаев параметрическое управление вводится лишь для стабилизации динамических характеристик объекта, меняющихся в течение полета. Причем последнее часто необходимо, несмотря на то что для координатного управления применяется адаптивный автомат. Действительно, если эффективность регулирующих органов в течение полета меняется в 500 раз и максимальное их отклонение составляет, например, 45° , то при одном и том же возмущении, пусть максимальном, рули должны отклоняться при минимальной эффективности на 45° , а при максимальной — на $45^\circ/500 \approx 0,09^\circ$. Естественно, что таким рулем при максимальной его эффективности управлять нельзя и надо изменять либо площадь руля, либо передаточное отношение от рулевой машинки до руля, т. е. вводить параметрическое управление. С другой стороны, параметрическое управление часто позволяет получить объект с новыми качествами, которые принципиально невозможно осуществить при координатном управлении. Например, изменяя расстояние между центром давления и центром тяжести, можно получить объект либо нейтральным, либо с заданной степенью устойчивости в условиях, когда масса летательного аппарата или его геометрические формы существенно меняются в течение полета. Координатно-параметрическое управление может быть основано на принципах обычных систем и на принципах адаптации.

Ученики Кулебакина показали, что второй путь является более перспективным. В этом случае необходимое соблюдение реализуемости условий абсолютной инвариантности выполняется, поскольку система двухканальная.

Второй канал прохождения параметрических возмущений образуется за счет контуров самонастройки.

Следует подчеркнуть, что условия инвариантности выполнялись лишь при $t \rightarrow \infty$. Следовательно, абсолютная инвариантность, строго говоря, могла быть достигнута лишь при $t \rightarrow \infty$. Однако это затруднение не имело практического значения, так как всегда можно считать, что переходные процессы закончены, если изображающая точка вошла в некоторую зону окрестности начала координат фазового пространства. Именно это же предполагается, когда оценивается время регулирования в любой линейной системе регулирования.

Такая постановка задачи об инвариантности является по существу разновидностью рассматривавшейся Кулебакиным инвариантности с точностью до ε . «Вопросы инвариантности, или компенсации, внешних нагрузок имеют давнюю историю, — отмечает один из ближайших соратников Кулебакина академик А. Ю. Ишлинский. — Можно привести ряд примеров автоматических устройств, начиная с ветряных мельниц и кончая современными синхронными передачами, где в той или иной мере используется компенсация внешних нагрузок. Некоторые теоретические разработки в этом направлении были не всегда безупречны и подвергались подчас ожесточенной критике. Сюда относятся в первую очередь попытки покойного Г. В. Щипанова сформулировать условия полной компенсации внешних возмущений в системах автоматического регулирования, действующих по отклонению регулируемой величины. Вместе с тем и сама критика в своих обобщениях оказалась недостаточно осторожной, утверждая, например, что ни в какой физически реальной системе полная компенсация внешних возмущений невозможна. Достойно также сожаления стремление придать спорам чуть ли не идеологический характер. Как и всегда в подобных случаях, конкретные примеры полезнее общих рассуждений, особенно примеры из практики фактически действующих устройств. Следует различать по крайней мере два вида осуществления независимости хода изменения одного из параметров, характеризующих систему, от закона изменения одной или нескольких из действующих на нее внешних нагрузок. К первому виду относится распадение совокупности дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы, на две или

несколько подсовокупностей; в одну из них входит интересующий нас параметр, а в другую — упомянутые нагрузки. При этом процессы, которые соответствуют каждой подсовокупности уравнений, разыгрываются, вообще говоря, на одних и тех же элементах рассматриваемой системы; условия же распадаения в сущности и являются так называемыми условиями инвариантности»².

В. С. Кулебакин показал, что условия так называемой балансировки электрического мостика совпадают с условиями компенсации Г. В. Щипанова для системы с тремя степенями свободы. Так, электрическая система мостика не является автоматическим регулятором в обычном смысле этого слова. Однако она представляет собой физически реальную систему, довольно распространенную в электротехнике. В. С. Кулебакин дал ряд новых примеров, полезных для практики, где схемы типа мостика являются частью автоматического устройства.

Отсюда многочисленные примеры распадаения можно выявить в области механики колебаний упругих систем, если ее рассматривать с этой новой точки зрения. Так, идеи инвариантности оказываются весьма плодотворными в теории гироскопов. Гироскопы используются на подвижных объектах в большинстве случаев в составе устройств, служащих для указания направлений и определенным образом ориентированных относительно неподвижных звезд. Такими устройствами являются, в частности, гироскопическая вертикаль (гирогоризонт), гироскопический компас, гироазимут и другие более сложные устройства, например гиροгоризонткомпас (пространственный гироскопический компас).

Движение объекта, на котором расположено соответствующее измерительное гироскопическое устройство, относительно Земли и связанные с этим движением инерционные воздействия на элементы устройства вызывают дополнительные отклонения осей гироскопов. В результате гироскопическое устройство указывает нужное направление с той или иной ошибкой. Можно, однако, указать ряд гироскопических устройств, где с принципиальной точки зрения такая ошибка полностью устраняется.

² *Ишлинский А. Ю.* Идеи инвариантности и гироскопические системы с полной компенсацией возмущений, вызванных их неравномерным движением.— В кн.: Автоматика и электромеханика. М., 1973, с. 18.

Таким образом, идеи, лежащие в основе создания подобных устройств, близки к тем, которые в теории регулирования известны под названием компенсации внешних возмущений и условий инвариантности.

Другой пример. Проектирование любой системы автоматического управления (САУ) часто связано с отысканием принципов ее построения и расчета, предусматривающих полную или частичную компенсацию внешних возмущений. Методы решения этой проблемы существенно зависят от априорных сведений о САУ. Для ряда автоматических систем можно указать некоторый класс возмущающих воздействий, наиболее типичных или опасных в условиях их работы. В этом случае возникает задача о создании автоматических систем, инвариантных к определенному классу воздействий. Впервые на возможность такого подхода указал В. С. Кулебакин. Им было открыто преобразование, впоследствии названное его именем ($K(D)$ -изображение), на основе которого может быть синтезирована непрерывная система с нулевой ошибкой управления в вынужденном (установившемся) режиме. Впоследствии этот метод неоднократно использовался многими исследователями при анализе и синтезе инвариантных систем.

В плане развития $K(D)$ -изображения ученик Виктора Сергеевича П. И. Чинаев предложил метод эквивалентных начальных условий как одну из форм отыскания $K(D)$ -изображения³. Применение этого метода позволило наиболее полно раскрыть смысл абсолютно инвариантных систем. Применение $K(D)$ -изображения для случая статистически заданных возмущений рассматривали Б. Н. Петров, Г. М. Уланов и С. В. Емельянов⁴. Советские ученые В. А. Никольский и Н. П. Севастьянов применяли метод В. С. Кулебакина для построения дискретных инвариантных автоматических систем⁵. При

³ Чинаев П. И. Методы анализа и синтеза многомерных автоматических систем. Киев, 1969.

⁴ Петров Б. Н., Уланов Г. М., Емельянов С. В. Оптимизация и инвариантность систем автоматического регулирования с переменной структурой.— В кн.: Труды II Международного конгресса ИФАК. М., 1965.

⁵ Никольский В. А., Севастьянов Н. П. $K(E)$ -преобразование решетчатых функций в задачах исследования дискретных систем.— В кн.: Автоматика и электромеханика.

этом они использовали понятие $K(E)$ -преобразования решетчатых функций. Это преобразование является дискретным аналогом $K(D)$ -изображения В. С. Кулебакина и обладает рядом специфических свойств. Самое же главное состоит в том, что понятие $K(E)$ -преобразования дискретных функций оказывается весьма полезным при синтезе дискретных инвариантных автоматических систем управления, содержащих одну или комплекс быстродействующих ЭВМ.

Таким образом, идея $K(D)$ -изображения, выдвинутая В. С. Кулебакиным еще в 50-х годах, оказалась плодотворной и в случае дискретных систем. При этом при исследовании дискретных систем данным методом могут решаться наряду с задачами анализа и синтеза крайне важные для народного хозяйства задачи фильтрации и оптимального прогнозирования.

Уже почти десять лет как нет среди нас Виктора Сергеевича Кулебакина. Но начатое им — пионером авиационной электроэнергетики — дело успешно развивается. Ученики академика сами стали маститыми учеными, лауреатами Ленинской и Государственной премий, воспитали своих учеников, прославили советскую науку. В этом заключается глубокий смысл преемственности научных поколений, вечно обновляющегося процесса познания истины, который не прекращается и тогда, когда родоначальник научной школы уходит из жизни. Как тут не вспомнить слова «отца русской авиации» Н. Е. Жуковского, с которым Кулебакина связывала давняя творческая дружба: «Но когда человек приближается к концу своего жизненного пути, он с грустью задает себе вопрос: суждено ли ему увидеть те манящие горизонты, которые расстилаются там впереди?»

Утешением ему является то, что за ним идут молодые силы, что старость и юность сливаются в непрерывной работе для исследования истины...»

Основные даты жизни и деятельности

- 1891, 30 (18) октября. Родился Виктор Сергеевич Кулебакин.
1909. Окончил с золотой медалью Набилковское коммерческое училище в Москве.
1914. С отличием окончил Московское техническое училище (МТУ) и получил звание инженера-механика.
- 1914—1916. Военная служба в авиационных частях.
- 1916—1918. Офицер-приемщик авиационного имущества в Управлении Военно-воздушного флота. Преподаватель теоретических курсов авиации при МВТУ.
1917. Преподаватель по руководству занятиями в Электротехнической лаборатории.
- 1917—1940. Преподаватель, а затем профессор и заведующий кафедрой электрических аппаратов в МВТУ, с 1932 г. (после преобразования МВТУ) — в Московском энергетическом институте (МЭИ).
- 1918—1920. Ученый секретарь Электротехнического факультета МВТУ.
- 1918—1924. Инженер, главный инженер и управляющий Электротехническим отделом «Москвуаголь».
- 1920—1921. Выполнял работы по заданию Комиссии ГОЭЛРО.
- 1920—1926. Председатель Комиссии по ночным полетам при Управлении Военно-Воздушных Сил.
1921. Участие в организации Государственного экспериментального электротехнического института (ГЭЭИ, ныне Всесоюзный электротехнический институт имени В. И. Ленина). Профессор кафедры переменных токов в Механико-электротехническом институте имени М. В. Ломоносова.
- 1921—1932. Консультант заводов «Радио» и «Электрозавод».
- 1921—1934. Заместитель директора ГЭЭИ, а после преобразования его в ВЭИ — заведующий измерительным и аппаратным отделом. Главный научный руководитель института.
- 1923—1930. Член бюро Секции научных работников Профсоюзного союза работников просвещения.
- 1923—1934. Председатель Секции электрических машин Всесоюзного научного инженерно-технического общества энергетиков (ВНИТОЭ) и председатель Общества светотехников.
- 1923—1960. Начальник кафедры Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского.
1927. Профессор кафедры электромеханики Военно-воздушной академии. Удостоен почетной грамоты Первой Всесоюзной светотехнической выставки за лучшие научные исследования в области светотехники.

- 1927—1930. Профессор кафедры электрических машин и аппаратов МВТУ.
1932. Член Ученого совета Энергетического института АН СССР. Получил первую премию Наркомпроса за труд «Испытание электрических машин и трансформаторов». Удостоен почетного звания «Ударник науки».
- 1932—1934. Заместитель директора по учебно-научной части Московского энергетического института.
1933. Избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.
1934. Присуждена ученая степень доктора технических наук без защиты диссертации.
- 1935—1937. Член Комиссии при Совете Труда и Обороне по разработке вопроса применения 100-периодного тока.
1936. Присуждена премия за труд «Электрическая аппаратура». Награжден орденом Красной Звезды за подготовку и воспитание военных кадров.
1937. Получил первую премию на Всесоюзном конкурсе высших технических учебных заведений за лучшие научные работы и образцовую организацию аппаратной лаборатории Московского энергетического института.
- 1937—1940. Председатель Секции аппаратов и авиационного и автотракторного оборудования ВНИТОЭ.
1938. Председатель Всесоюзной научной конференции по автотракторному электрооборудованию. Награжден наркомом обороны СССР ценным именованным подарком за долголетнюю плодотворную научную и педагогическую работу.
- 1938—1939. Председатель Комитета по телемеханике и автоматике Академии наук СССР.
1939. Присвоено воинское звание бригадного инженера. Избран действительным членом Академии наук СССР.
- 1939—1941. Директор Института автоматики и телемеханики Академии наук СССР. Заместитель академика-секретаря Отделения технических наук Академии наук СССР.
1940. Награжден орденом «Знак Почета» в связи с 35-летием Московского энергетического института за выдающиеся заслуги в деле выращивания и воспитания кадров энергетиков для народного хозяйства. Председатель организованной им при Отделении технических наук Академии наук СССР научной конференции по автоматическому регулированию. Член Научно-технической экспертизы Госплана СССР и член Высшей аттестационной комиссии при ВКВШ.
- 1940—1941. Председатель Комиссии Академии наук СССР по выбору рода тока для электрической тяги.
- 1940—1947. Член комиссии Академии наук СССР по проблеме подземной газификации углей.
- 1940—1953. Член Совета научно-технической и технико-экономической экспертизы Госплана СССР.
- 1941—1944. Член Комиссии при Академии наук СССР по мобилизации ресурсов Урала.
- 1941—1945. Руководитель работ Академии наук СССР и Военно-воздушной инженерной академии по оказанию научно-технической помощи и содействия фронту и промышленности.
1942. Присвоено воинское звание генерал-майора инженерно-авиационной службы. Награжден орденом Ленина в связи с 20-й

- годовщиной Военно-воздушной ордена Ленина академии Красной Армии имени Н. Е. Жуковского за плодотворную работу по воспитанию авиационных кадров.
- 1942—1943. Председатель Комиссии по запальным свечам при Отделении технических наук Академии наук СССР.
1944. Награжден орденом Красной Звезды за образцовое выполнение заданий командования по подготовке и повышению квалификации авиационных кадров для действующей Красной Армии. Награжден медалью «За боевые заслуги» за безупречную службу в Красной Армии.
- 1944—1970. Научный руководитель и заведующий лабораторией Института автоматики и телемеханики Академии наук СССР.
- 1944—1952. Руководитель организованной им в Московском энергетическом институте кафедры.
1945. Награжден орденом Трудового Красного Знамени за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники в связи с 220-летием Академии наук СССР. Награжден орденом Красной Звезды.
- 1945—1947. Уполномоченный Академии наук СССР в Германии.
1946. Награжден медалями «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» и «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.»
- 1947—1970. Член Ученого совета Института автоматики и телемеханики Академии наук СССР.
1950. Награжден орденом Красного Знамени. Удостоен Государственной премии за создание и внедрение нового рудничного конденсаторного электровоза.
- 1952—1953. Член Комиссии по проблемам текстильной промышленности Академии наук СССР.
- 1953—1959. Депутат Московского городского совета депутатов трудящихся.
1954. Председатель Комитета по организации и проведению совещания по автоматизации производственных процессов в сельском хозяйстве.
1955. Член редколлегии журнала «Автоматика и телемеханика».
1956. Член Библиотечной комиссии Академии наук СССР. Член Ученого совета Военно-воздушной инженерной академии имени Н. Е. Жуковского. Награжден орденом Ленина.
- 1957—1970. Член президиума Национального комитета СССР Всемирной федерации по автоматическому регулированию. Член Бюро Отделения технических наук Академии наук СССР. Член Редакционно-издательского совета, член президиума Редакционно-издательского совета Академии наук СССР.
- 1958—1970. Заместитель председателя Экспертной комиссии премии имени П. Н. Яблочкова. Главный редактор журнала «Известия Академии наук СССР. Отделение технических наук». Командирован в Венгерскую Народную Республику для ознакомления с состоянием работ по автоматизации электромашинных систем и других работ по автоматике.
- 1959—1970. Член секции Государственного комитета по автоматизации и машиностроению. Член Ученого совета Института электронных управляющих машин Академии наук СССР. Командирован в Чехословакию для ознакомления с состоянием работ в учреждениях Чехословацкой академии наук по

- автоматике и для консультаций по ряду научных вопросов.
1961. Присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР за большие заслуги в области науки и техники и подготовки инженерных и научных кадров. Награжден орденом «Знак Почета» за большие заслуги в деле подготовки кадров специалистов и развитие науки. Член Научного совета по проблеме «Энергетика и электрификация» Государственного комитета Совета Министров СССР по координации научно-исследовательских работ.
- 1961—1970. Член редколлегии журнала «Электричество». Исполняющий обязанности председателя, затем председатель Комитета технической терминологии Академии наук СССР. Председатель Редакционной комиссии по изданию трудов ГОЭЛРО. Член Комитета Советского национального объединения историков естествознания и техники.
- 1970, 22 февраля. В. С. Кулебакин умер. Похоронен на Ново-Девичьем кладбище в Москве.

1. Кулебакин В. С. Авиационные магнето высокого напряжения. М., 1924.
2. Кулебакин В. С. Испытание электрических машин и трансформаторов. М., 1935.
3. Кулебакин В. С. Об ускорении процесса реверсирования асинхронных двигателей с помощью статических конденсаторов.— Известия АН СССР, 1938, № 1, с. 3—41.
4. Кулебакин В. С. К теории самолетных вибрационных регуляторов напряжения.— В кн.: Двадцать лет Военно-воздушной ордена Ленина академии Красной Армии имени Н. Е. Жуковского: Юбилейный сборник научных трудов, т. I. М., 1942.
5. Кулебакин В. С., Синдеев И. М. Электрификация самолетов. М., 1952. Т. I. Системы энергоснабжения.
6. Кулебакин В. С., Нагорский В. Д. Электрификация самолетов. М., 1952, т. II. Электропривод самолетных агрегатов и механизмов.
7. Кулебакин В. С., Морозовский В. Т. Электрификация самолетов. М., 1953. Т. III. Передача и распределение электроэнергии на самолетах.
8. Кулебакин В. С., Синдеев И. М. Электрификация самолетов. М., 1953. Т. IV. Электрическое зажигание в авиадвигателях.
9. Кулебакин В. С., Морозовский В. Т., Синдеев И. М. Электроснабжение самолетов. М., 1956.
10. Кулебакин В. С., Нагорский В. Д. Электропривод самолетных агрегатов и механизмов. М., 1958.
11. Кулебакин В. С. Операторное $K(D)$ -изображение функций и его практическое применение. М., 1958.
12. Кулебакин В. С. Научно-технические проблемы, связанные с развитием автоматизированного привода.— В кн.: Актуальные проблемы электрификации народного хозяйства. М., 1959.
13. Кулебакин В. С. Ленин и ГОЭЛРО.— Вестник АН СССР, 1960, № 4, с. 30—38.
14. Кулебакин В. С. Теория инвариантности автоматически регулируемых и управляемых систем.— В кн.: Труды I Международного конгресса ИФАК. М., 1964, с. 3—12.
15. Кулебакин В. С. О применимости принципа абсолютной инвариантности в физических реальных системах.— ДАН СССР, 1948, т. 60, № 2.
16. Кулебакин В. С. О работе электрических машин продольно-поперечного поля в двигательном режиме. М., 1949.

17. *Кулебакин В. С.* О поведении непрерывно возмущаемых автоматизированных линейных систем.— ДАН СССР, 1949, т. 68, № 5.
18. *Кулебакин В. С.* О работе электромашинных усилителей продольно-поперечного поля в режиме двигателя.— Изв. АН СССР, ОТН, 1950, № 1.
19. *Кулебакин В. С.* Об основных задачах и методах повышения качества автоматических управляемых систем.— В кн.: Труды II Всесоюзного совещания по теории автоматического регулирования. М., 1955.
20. *Кулебакин В. С.* Пусковые и регулирующие реостаты. М.; Л., 1929.
21. *Кулебакин В. С.* Кинетика возбуждения синхронных машин. М., 1933.

Литература о В. С. Кулебакине

1. *Акимов В. Н., Апаров Б. П., Балагуров В. А., Галгеев Ф. Ф., Коробан Н. Т., Ларионов А. Н., Мاستяев Е. З.* Основы электрооборудования самолетов и автомашин. М., 1955.
2. *Александров А. Г. и др.* Электротехника. Под ред. П. Г. Грудинского и др.— В кн.: История энергетической техники СССР: В 3-х т. М., 1957, т. 2.
3. *Бабат Г. И.* Электричество работает. М., 1950.
4. *Белькинд Л. Д.* Карл Адольфович Круг. М., 1956.
5. *Бобов К. С.* Краткий очерк научной, инженерной и педагогической деятельности академика В. С. Кулебакина.— В кн.: Виктор Сергеевич Кулебакин. М., 1961, с. 8—18.
6. *Булгаков А. А.* К истории развития советского электропривода.— Автоматика и телемеханика, 1949, т. 10, № 5, с. 385—394.
7. *Веселовский О. Н., Шнейберг Я. А.* Энергетическая техника и ее развитие. М., 1976.
8. *Воронин Т. А., Демин Н. Л., Латернер А. Л., Розанов К. А., Сорокин А. Н., Фролов С. П., Щетинин Н. Н.* Основы авиации. М., 1958.
9. *Егоров К. Д.* Электрификация угольной промышленности в плане ГОЭЛРО.— В кн.: Энергетика народного хозяйства в плане ГОЭЛРО. М., 1966.
10. *Ишлинский А. Ю.* Идеи теории инвариантности и гироскопические системы с полной компенсацией возмущений, вызванных их неравномерным движением.— В кн.: Автоматика и электромеханика. М., 1973, с. 18—29.
11. *Князев В. Н., Полищук К. Е.* Оборудование самолетов. М., 1952.
12. *Кржижановский Г. М.* Об электрификации: Доклад на VIII Всероссийском съезде Советов.— В кн.: 40 лет плана ГОЭЛРО. М., 1960.

13. *Левит Г. О.* История энергетических обществ СССР. М., 1957.
14. *Никольский В. А., Севастьянов Н. П.* К(Е)-преобразование решетчатых функций в задачах исследования дискретных систем.— В кн.: Автоматика и электромеханика. М., 1973, с. 30—36.
15. *Папалекси Н. Д.* Радиопомехи и борьба с ними. М., 1944.
16. *Петров Б. Н., Рутковский В. Ю., Земляков С. Д.* Двукратная инвариантность в адаптивных системах координатно-параметрического управления летательными аппаратами.— В кн.: Автоматика и электромеханика. М., 1973, с. 11—17.
17. *Рутковский В. Ю.* Работы академика В. С. Кулебакина в области теории автоматического регулирования.— В кн.: Автоматика и электромеханика. М., 1973, с. 5—10.
18. *Семенов И. С., Бологников В. Ф., Семенов В. А., Сергеев В. А.* К истории Краснознаменной ордена Ленина Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н. Е. Жуковского. М., 1961.
19. *Симаков Б. Л., Шипилов И. Ф.* Воздушный Флот Страны Советов. М., 1957.
20. *Синдеев И. М.* Лекции по курсу: «Электрификация самолетов»: Электрическое зажигание в авиационных двигателях. М., 1948.
21. *Стеклов В. Ю.* В. И. Ленин и электрификация. 2-е изд., доп. М., 1975.
22. *Трунов К. И.* Петр Нестеров. М., 1975.
23. *Фролов С. П.* Авиационная электротехника: Энергоснабжение самолетов и дирижаблей. М., вып. 1, 1938.
24. *Фролов В. С.* Летчик — генерал — академик.— Наука и жизнь, 1976, № 12, с. 116—121.
25. *Чиликин М. Г. и др.* 50 лет Московского ордена Ленина энергетического института. М., 1955.
26. *Чиликин М. Г. и др.* Московский ордена Ленина энергетический институт, 1905—1965. М., 1965.
27. *Чиликин М. Г. и др.* Московский энергетический институт за 50 лет Советской власти. М., 1967.
28. *Чулков В. С., Бураго Г. Ф., Виноградов Н. А., Сергеев В. А., Шитов В. А., Стернин В. В.* 50 лет Военно-воздушной инженерной ордена Ленина Краснознаменной академии имени профессора Н. Е. Жуковского, 1920—1970: Исторический очерк. М., 1970.
29. *Шателен М. А.* Русские электротехники второй половины XIX века. М., 1949.

Оглавление

О Кулебакине (А. Ю. Ишлинский)	5
Глава первая	
Юношеские годы	7
Глава вторая	
Первые шаги русской авиации. Пилот-авиатор	
Кулебакин	22
Глава третья	
В Комиссии ГОЭЛРО	35
Глава четвертая	
Во главе первого электротехнического НИИ	58
Глава пятая	
На педагогической работе	79
Глава шестая	
В Комиссии по ночным полетам	92
Глава седьмая	
Работа по укреплению оборонной мощи Красного Воздушного Флота	103
Глава восьмая	
Исследования в области электропривода	138
Глава девятая	
Труды по автоматике и телемеханике	169
Глава десятая	
Последние годы	190
Глава одиннадцатая	
Школа Кулебакина	194
Основные даты жизни и деятельности	201
Избранные труды	205
Литература о В. С. Кулебакине	206

Виктор Сергеевич КУЛЕБАКИН

В. С. Фролов



В. С. Фролов

**Виктор Сергеевич
КУЛЕБАКИН**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Кочина П. Я.

НИКОЛАЙ ЕВГРАФОВИЧ КОЧИН.

(Научно-биографическая серия)

1979, 20 л. 1 р. 70 к. 10 000 экз.

Книга посвящена жизни и научной деятельности выдающегося советского ученого, академика Николая Евграфовича Кочина (1901—1944), внесшего большой вклад в гидродинамику и теоретическую метеорологию. Рассказывается также об учителях Н. Е. Кочина и его товарищах по работе: В. И. Смирнове, А. А. Фридмане, А. Н. Крылове, И. М. Виноградове, С. А. Чапльгине, С. Л. Соболеве, С. А. Христиановиче и др.

Книга рассчитана на математиков, гидромехаников и всех интересующихся историей отечественной науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова 91/97

370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13

734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95

252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4

443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2

197110 **Ленинград**, П-110, Петрозаводская ул., 7-А

117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12

630090 **Новосибирск**, 90, Морской проспект, 22

620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137

700029 **Ташкент**, Л-29, ул. К. Маркса, 28

450059 **Уфа**, ул. Р. Зорге, 10

720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42

310003 **Харьков**, Уфимский пер., 4/6.

Цена 35 коп.