

УДК 621.3.049.779

## Михаил Александрович Гаврилов и логическая теория проектирования дискретных систем управления

Левин В. И.

**Актуальность.** Рассматривается биография крупного учёного в области автоматики и телемеханики Михаила Александровича Гаврилова, приуроченная к 120-летию со дня его рождения. **Цель статьи** – на примере научной работы М.А. Гаврилова сформировать у начинающих учёных понимание различных подходов к формированию новых научных знаний. **Результат.** Для достижения цели статьи использована отечественная и зарубежная литература. Изложен смысл научных результатов М.А. Гаврилова. **Новизна и теоретическая значимость.** Воссоздана научная биография М.А. Гаврилова. Акцент сделан на работы М.А. Гаврилова в области управления техническими системами средствами автоматики и телемеханики. Работа будет полезна молодым учёным, изучающим методологию научных исследований.

**Ключевые слова:** автоматика, телемеханика, управление, М.А. Гаврилов, Москва, В.И. Шестаков, математическая логика, релейно-контактные схемы.

### Из истории становления автоматики и телемеханики

Несмотря на то, что автоматические устройства управления в технике используются давно, устройства автоматического регулирования были обласканы научными исследованиями в значительно большей степени, чем устройства релейного действия. Действительно, регуляторы Уатта, Ползунова, братьев Сименс уже через несколько десятков лет после их изобретения привлекали внимание крупнейших исследователей – физиков, механиков и математиков (П.Л. Чебышев, Д.К. Максвелл, И.А. Вышеградский и многие другие). Вместе с тем устройства релейного действия, например, золотник, переключающий струю пара высокого давления от полости к полости, без которого паровая машина так же неосуществима, не удостоивается внимания исследователей, как элемент динамической системы. В принципе в этом и не было необходимости, поскольку реализуемая этими устройствами задача (функция) была тривиальна. В начале XX века с развитием телефонной связи релейная техника заняла значительные позиции в мире технических систем, значительно усложнилась, и в ее проектировании и эксплуатации появились значительные проблемы. Не случайно работавший в России австрийский физик П. Эренфест в 1910 г. в рецензии на книгу Л. Кутюра «Алгебра логики» [2] указывал на потенциальную возмож-

#### Библиографическая ссылка на статью:

Левин В. И. Михаил Александрович Гаврилов и логическая теория проектирования дискретных систем управления // Системы управления, связи и безопасности. 2023. № 4. С. 283-303. DOI: 10.24412/2410-9916-2023-4-283-303

#### Reference for citation:

Levin V. I. Mikhail Alexandrovich Gavrilov and the logical theory of designing discrete control systems. *Systems of Control, Communication and Security*, 2023, no. 4, pp. 283-303 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2023-4-283-303

ность этого раздела математики в анализе схем телефонии, вместо «пробования на графике». Однако эта его ремарка осталась незамеченной. Но уже в 1920 гг. в технических системах появляется объект, в управлении которым релейные устройства – устройства телемеханики – играют решающую роль и, что важно, логические методы в принятии управленческих решений становятся преобладающими, а ошибки в управлении влекут за собой огромные потери. Это энергосистемы. Первые энергосистемы появились в США, затем в Европе. Они, как правило, ограничивались рамками одной производящей компании. В Советской России по мере воплощения плана ГОЭЛРО создаются крупные энергосети, использующие преимущества свойственной социализму централизации в управлении хозяйством. И, несмотря на общую отсталость России, энергосети по сложности и масштабам были вполне соизмеримы с крупнейшими энергосистемами США и Европы.

В это время в Москве и Подмосковье вводится в действие огромное количество вновь сооружаемых энергетических объектов (электростанций, энергосетей с резервными подсетями, коммутирующими и понижающими подстанциями и питающимися от них потребителями с различной степенью важности, от рядовых коммунальных потребителей до оборонных объектов и вплоть до «святая святых» – Кремля и его обитателей).



М. А. Гаврилов

Во главе всего этого хозяйства в Москве стоял диспетчер, который в течение нескольких секунд должен был (только лишь по тенденциям изменения частоты в некоторых подсетях) предугадать, что будет дальше и отключить часть менее важных потребителей. Все это нужно было для того, чтобы энергосеть не развалилась из-за нехватки мощности. Причем при первых же признаках появления резерва мощности следовало включить этих потребителей, пока они еще не успели пожаловаться. При этом в голове нужно было держать десятки, а, возможно, и сотни вариантов отключения и помнить обратные цепочки включения. И вот этим «дирижером» в центральной диспетчерской МОГЭС был молодой человек, среднего роста, интеллигентной внешности, коренной москвич, со-

всем не пролетарского происхождения, вчерашний выпускник МВТУ им. Баумана – Михаил Александрович Гаврилов. В только что созданной Диспетчерской МОГЭС он довольно быстро становится ведущим специалистом, и ему поручают обучение и подготовку людей новой профессии – диспетчеров энергосетей, разработку регламентов, инструкций, методических материалов, учебных пособий и т.п. Сохранилась фотография Михаила Александровича тех лет. Мы видим красивого, довольно уверенного молодого человека, несколько свысока смотрящего на мир. И у него к этому были основания, поскольку ему пришлось довольно рано (с 15 лет!) делать себя и свою карьеру практически без какой-либо поддержки. Как же это произошло?

### Детство и юность М.А. Гаврилова. Его становление

Михаил Александрович Гаврилов родился 11 ноября 1903 г. в Москве. Отец его Александр Митрофанович Гаврилов был артистом балета Большого театра, мать – Елизавета Сергеевна Гаврилова – зубной врач, здесь же при «Большом». В семье была дружная и теплая атмосфера, не редкая в среде творческой интеллигенции тех лет. Часто музицируют, Миша тонко чувствует музыку и, как сам с гордостью вспоминал, «был лучшим перевертывателем нот в Москве». Хотя в семье техникой никто не занимался, по словам Нины Александровны – сестры Михаила Александровича, он буквально с двухлетнего возраста проявлял интерес к технике. Михаил Александрович получил среднее образование, окончив в 1920 г. 109 трудовую школу в Москве. Еще будучи учащимся, в 1918 г. он начал трудовую деятельность. Вот как он сам пишет об этом в своей автобиографии: «По найму я работаю с 1918 года, когда еще до окончания трудовой школы я принужден был поступить на работу в качестве конторщика в продотдел Московского Совета РКиС депутатов». Как он вспоминал, театры тогда не работали, у отца почти не было заработка, артисты разъехались, и у мамы – зубного врача при театре – работы тоже практически не стало, и он взял на себя часть тягот по обеспечению семьи продуктами и всем необходимым.



М.А. Гаврилов с сестрой и отцом. Около 1910 г.



М.А. Гаврилов с сестрами  
(слева – отец), 1921 г.



М.А. Гаврилов с матерью и  
сестрой, 1946 г.

Постепенно жизнь налаживается и в 1920 г., после окончания трудовой школы Михаил Александрович стал курсантом Высших железнодорожных курсов. Вот фотография 1921 г. Композиция на фото очень точно отражает, сложившиеся отношения в семье – старший брат опекает младших сестер. Михаил Александрович очень любил и дорожил отношениями со своими близкими. Забегая несколько вперед, отметим, что лучшую свою книгу «Теория релейно-контактных схем» он посвящает памяти отца – Александра Митрофановича Гаврилова.

В 1921 г. Михаил Александрович перевелся в Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана (МВТУ), которое окончил в декабре 1925 г. по электротехническому факультету, получив звание инженера-электрика. После окончания МВТУ Михаил Александрович работал в течение 9 лет – с 1926 по 1935 г. в Правлении МОГЭС (затем Управление Мосэнерго) в качестве инженера, где занимал ряд должностей, начиная с инженера технического отдела и дежурного диспетчера до начальника цеха экспериментальной лаборатории. Михаил Александрович очень гордился своей работой в Мосэнерго, здесь он впервые столкнулся с проблемами телемеханики и диспетчеризации. Он считался лучшим диспетчером. В 1975 г., когда отмечалось 50-летие Мосэнерго, он был приглашен на торжества, был в Президиуме торжественного заседания, получил памятные награды и с удовольствием рассказывал, что его вспоминали как лучшего и одного из первых диспетчеров МОГЭС. Выше уже говорилось о работе диспетчера: основным инструментом диспетчерской тех лет были журналы распоряжений, рапорты от дежурных специалистов станций и подстанций и собственная голова; а основным техническим средством – телефон. Здесь Михаил Александрович впервые проявил свои способности к практической комбинаторике и логике, способность мгновенно оценить ситуацию, предугадать сценарий развития, оценить последствия, в реальном масштабе времени принять

решение и добиться его неукоснительного выполнения. Работая сменным инженером в диспетчерской, М.А. Гаврилов на практике остро осознал потребность в устройствах автоматики и телемеханики. Этот период его жизни описан в первых главах книги писателя Юрия Вебера «Когда приходит ответ». Как известно, Михаил Александрович был прообразом главного героя книги инженера Григория Мартьянова [3].<sup>2</sup>

### **Начало научной и педагогической деятельности**

Работая в системе Мосэнерго, в частности, в экспериментальной лаборатории, Михаил Александрович начал заниматься научно-исследовательской деятельностью. Следует заметить, что отраслевых институтов тогда еще не было, в АН СССР занимались, в основном, высокой наукой, а проблемами техники и энергетики занимались, в основном, инженеры в «заводских лабораториях». Экспериментальная лаборатория МОГЭС была одной из таких «заводских лабораторий», а фактически мозговым центром нарождающейся советской энергетики. Здесь велись собственные технические разработки, проводили экспертизу предложений по закупке техники за рубежом, готовили методические материалы для региональных технических служб энергосистемы, организовывали всевозможные курсы для ИТР, готовили обзорные материалы по состоянию советских и зарубежных энергетических объектов и сетей. Михаил Александрович Гаврилов разрабатывал вопросы эксплуатационных режимов больших энергосистем. В 1932 г. он создал первое отечественное устройство телеуправления – телесигнализации для энергосистем. В течение нескольких десятилетий он систематически публиковал статьи и книги по проблемам телемеханики. Первые публикации М.А. Гаврилова по телемеханике относятся к 1928–1935 гг. Он исследовал вопросы применения телемеханики в энергосистемах, изучал и обобщал имеющийся опыт в области телеуправления и телеизмерения, подходу к нему критически, выполнял новые разработки. Начиная с 1933 г. М.А. Гаврилов создает методы проектирования и наладки телемеханических устройств. Задачи проектирования в дальнейшем послужили базой для развития теории релейных устройств.

Для энергетического хозяйства страны телемеханика представляла собой новую, малоизученную область, недоставало специалистов. М.А. Гаврилов по поручению Мосэнерго занимался систематизацией сведений из этой области. Для институтов и комиссий АН СССР он составлял и публиковал аналитические обзоры по принципам построения устройств телемеханики и дистанционного диспетчерского управления производством, изучал состояние промышленной телемеханики и освещал этапы и тенденции ее развития.

В этот период он также проходит службу (сборы) в Советской Армии. В эти же годы проявляется еще одна страсть Михаила Александровича – любовь к путешествиям.

---

<sup>2</sup> Прообразом другого героя этой книги – ученого Василия Игнатьевича Шестопалова был Виктор Иванович Шестаков (см. [20], [21]).



М.А. Гаврилов – альпинист и путешественник (1920 – начало 1930-х гг.)



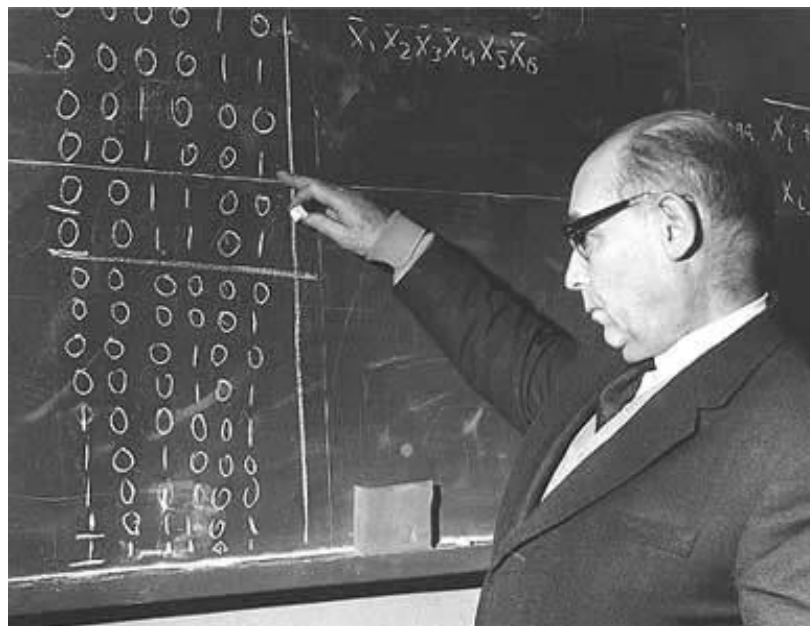
М.А. Гаврилов на армейских сборах (1928 г.)

Еще в Мосэнерго Михаил Александрович начал и педагогическую деятельность: сперва, выступая с лекциями на различных курсах повышения квалификации инженеров, а затем в МЭИ в качестве ассистента и доцента. В 1934 г. он основал в МЭИ кафедру автоматики и телемеханики (первую в Москве) и был ее первым заведующим, а в 1935 г. перешел туда на постоянную работу. Сохранилась фотография М.А. Гаврилова 1935 г, на обороте которой надпись его рукой – 1935 г. доцент МЭИ. Фрагмент воспоминания одной из первых студенток по кафедре автоматики и телемеханики МЭИ Марьяны Ильиничны Карлинской: «Он пришел к нам, когда мы закончили курс общетехнического факультета и встала задача выбора специализации в 1936 г. Он стал рассказывать про телемеханику. У него была лаборатория в Мосэнерго. После его рассказа о новой специальности «телемеханика» к нему на специализацию записалось 22 очника и 22 заочника, а когда он начал читать лекции – это был ужас, он читал так быстро и сумбурно, что мы не давали ему покоя своими вопросами. На экзамене вся группа получила двойки. Летом вышла его книжка, мы готовились по ней к экзамену и все получили 4 и 5. Это была прекрасная книга – мы поняли, что такое телемеханика». Михаил Александрович практически всю свою активную научную жизнь преподавал. К работе он активно привлекал своих сотрудников, особенно молодежь, тем самым, предоставляя возможность как проявить себя, так и поддерживая материально. Он очень бережно относился к своим талантливым ученикам. Так, например, после успешного окончания МЭИ М.И. Карлинская (одна из первых студенток Михаила Александровича), а также двое ее однокашников по рекомендации Михаила Александровича были распределены на работу в систему Мосэнерго. После этого он продолжал их кон-

сультурить и фактически руководил их работой при создании первой в Москве системы телеуправления освещением города. Эта система затем проработала 26 лет и выдвигалась на Сталинскую премию. Впоследствии М.И. Карлинская была его первой защитившейся аспиранткой.



М.А. Гаврилов – доцент  
МЭИ (1935 г.)



М.А. Гаврилов на  
семинаре (1970-е гг.)

В 1934 г. для подготовки подразделения «Автоматика и телемеханика» в раздел по развитию науки в плане очередной пятилетки при АН СССР был организован общественный комитет по «Автоматике, телемеханике и диспетчеризации». Комитет был создан по решению «Объединенного заседания по диспетчерскому управлению в народном хозяйстве», проведенного в 1934 г. под председательством вице-президента АН СССР, академика Г.М. Кржижановского. В этот комитет Михаил Александрович был включен по рекомендации Главэнерго и готовил раздел по диспетчеризации. Комитет подготовил хороший, аргументированный материал, хорошо себя зарекомендовал, и было принято решение о его сохранении вначале при ВСНТО, а затем в виде подразделения АН. Так в 1935 г. был создан комитет (затем преобразован в Комиссию) по телемеханике и автоматике – КТА. Михаил Александрович был приглашен работать в него вначале как внештатник, а затем уже на штатной основе, где возглавил лабораторию по дискретной телемеханике. Он активно участвует в подготовке обоснований в необходимости создания Института автоматки и телемеханики. В 1939 г. КТА была преобразована в Институт автоматки и телемеханики (ИАТ) и таким образом Михаил Александрович становится одним из «отцов-основателей» ИАТа. Позднее ИАТ был переименован в Институт проблем управления (ИПУ), в котором Михаил Александрович трудился до последнего дня своей жизни. Итогом 10-летней работы М.А. Гаврилова в области телемеханики стало признание ему в 1938 г. (без защиты диссертации, по совокупности опубликованных работ) в Ленинградском индустриальном институте степени кандидата

технических наук. В том же Совете ему было предложено по опубликованным работам представить диссертацию на степень доктора технических наук. Это было официальное признание его вклада в телемеханику.<sup>3</sup>

К этому времени (1938 г.) он опубликовал уже более 40 научных работ по телемеханике, три монографии, среди них одна из первых в Советском Союзе монографий по телемеханике «Телемеханизация диспетчерского управления энергетическими системами» (1938 г.). Он публикует аналитические обзоры по состоянию работ в области телемеханики, выступает на Всесоюзных совещаниях с проблемными докладами, вот некоторые публикации: [4–8].

Михаил Александрович очень большое внимание уделял работе по терминологии. Он всегда считал это одной из важнейших научных работ. Он участвует в работе комиссии терминологии по телемеханике, позднее возглавляет комитет терминологии по автоматике, затем теории управления. Его труды в этой области: [9–13].

После образования Института автоматики и телемеханики АН СССР (1939 г.) он возглавил коллектив лаборатории № 3, занимавшейся в то время проблемами телеуправления и выполнившей ряд практических работ по автоматизации различных производственных процессов.

Михаил Александрович занимался телемеханикой еще более 20 лет. Ряд новых разработок был внедрен в различных отраслях народного хозяйства страны в системы и устройства телемеханики и релейной автоматики для сверхмощных энергосистем, нефте- и газопроводов, мелиоративного хозяйства, угольных шахт, кранового и транспортного хозяйств предприятий, сооружений подземной газификации угля, водопроводных станций, метрополитена и железнодорожных сортировочных горок.

Михаил Александрович поддерживал непрерывный контакт с широким кругом специалистов-практиков, и его идеи находили применение, оказывали ощутимое влияние на образ мыслей специалистов и на техническую политику соответствующих организаций в области телемеханизации и автоматизации производства. Современники М.А. Гаврилова знают, однако, что путь распространения его идей не был гладким, предлагаемые им направления исследований и разработок пробивали себе дорогу в полемике с другими видными специалистами, которым представлялись более правильными иные направления. Polemika возникала, главным образом, по принципиальным вопросам: 1) какая теоретическая научная проблематика вытекает из конкретных инженерных задач телемеханизации в народном хозяйстве; 2) каким инженерным решениям следует отдать предпочтение для обеспечения более полного соответствия имеющемуся и ожидаемому уровню развития техники (например, при выборе способов уплотнения каналов, видов модуляции сигналов). Во многих случаях время и практика подтвердили правоту М.А. Гаврилова в этих спорах. С 1948 г. в

---

<sup>3</sup> Присуждение М.А. Гаврилову в 1938 г. степени к.т.н. без защиты диссертации было в то время обычным явлением по отношению к известным специалистам, поскольку только что (1935 г.) была введена государственная система аттестации научных кадров и требовалось быстро «остепенить» тех, кто сможет квалифицированно оценивать других претендентов на степень.



работах М.А. Гаврилова выкристаллизовалось одно из важнейших для телемеханики направлений исследований: комбинированное использование разнообразных импульсных признаков в телемеханических сигналах, создание соответствующей аппаратуры, обеспечивающей высокую информационную емкость сигналов и надежную защиту от искажений. В дальнейшем это направление привело к появлению теории построения телемеханических сигналов, базирующейся на принципах помехоустойчивого кодирования. Аналогичный подход к рассмотрению неисправностей дискретных устройств привел к разработке теории и методов построения устройств с заданной степенью безотказности, обеспечиваемой автоматической коррекцией сигналов, поступающих с отказавших элементов устройства.

Итог своих работ по телемеханике он подводит в докладе на сессии АН СССР 15-20 октября 1956 г. [14].

Позднее, разнообразие проводимых лабораторией № 3 исследований привело к выделению новых научных направлений, вокруг которых группировались ученые, и в результате в составе Института проблем управления образовались пять новых самостоятельных лабораторий:

1) Лаборатория № 17 «Системы массового обслуживания», руководимая д.т.н., профессором В.А. Жожикашвили, первым из ИАТовских защитившихся аспирантов М.А. Гаврилова;

2) Лаборатория № 27 «Техническая диагностика», долгое время руководимая д.т.н., профессором, членом-корреспондентом РАН П.П. Пархоменко;

3) Лаборатория № 31 «Параллельные вычислительные системы», руководимая д.т.н., профессором, академиком АН Грузии И.В. Прангишвили, многолетним директором Института (ИПУ);

4) Лаборатория № 11, руководимая д.т.н., профессором О.П. Кузнецовым;

5) Лаборатория, впоследствии сектор № 49.3 «Автоматизация проектирования дискретных устройств управления», руководимая д.т.н., профессором В.В. Девятковым.

С переходом на научно-исследовательскую работу Михаил Александрович не прекращает педагогическую деятельность. С 1936 по 1949 гг. он заведовал во Всесоюзном заочном политехническом институте кафедрой автоматики и телемеханики, организовав заочное обучение по этой специальности. В 1947 г. он организовал и стал заведовать кафедрой автоматики и телемеханики (в течение 15 лет) в новом Всесоюзном заочном энергетическом институте.

Работая в области телемеханики, М.А. Гаврилов особое внимание уделял вопросам проектирования различных устройств, а, как известно, основными устройствами дистанционного управления и всей телемеханики того времени были релейные устройства. Вот публикации по этим вопросам: [15, 16].

Основной методологический прием тех лет при создании релейных устройств заключался сначала в изобретении устройства (придумывании схемы, как говорил Михаил Александрович), а затем в его совершенствовании и исследовании. При этом основные исследования и дискуссии велись вокруг предпочтительных способов функционирования систем телемеханики: с разделением времени или с разделением частот. М.А. Гаврилова интересовали совсем другие

вопросы: он все время пытался понять, почему устройства разной структуры, следовательно, разной проводимости, работают одинаково? Здесь следует напомнить, что первыми автоматчиками и телемеханиками были инженеры-электрики. Как известно, основные исследования цепей в электротехнике основываются на изучении динамики потока электронов (тока). При этом электрическая цепь рассматривается как некоторый двухполюсник соответственно с входом в одном полюсе и выходом в другом. Релейное устройство с точки зрения электрической проводимости вне зависимости от числа контактов также является двухполюсником. Однако динамика тока ничего не проясняет в его функционировании. Более того, в некоторых случаях устройства с различным числом контактных элементов с разной проводимостью одинаково реагируют на одни и те же переключения контактных элементов.

Возвращаясь к сравнению автоматического регулирования и релейных устройств, отметим, что здесь последним опять не повезло. В одной из своих публикаций по теории автоматического регулирования проф. Летов отмечал, что теории автоматического управления очень повезло, поскольку математика XIX века создала прекрасную математическую теорию – матанализ, благодаря успехам которого были решены основные задачи автоматического регулирования. Что же касается дискретной техники, то все попытки использовать здесь известный математический аппарат не имели успеха.

### **Работа над логической теорией релейно-контактных и других дискретных схем**

И вот в 1938 г. М.А. Гаврилов случайно оказался на семинаре Московского математического общества, на котором выступал физик из МГУ В.И. Шестаков с докладом о применении алгебры Буля (аппарат одного из разделов математической логики) для описания структуры релейных схем. Это посещение красиво описано в двух статьях Д.А. Поспелова о Школе Гаврилова [17, 18].<sup>4</sup> Сам Михаил Александрович работу В.И. Шестакова считал революционной, значение которой так и не было понято даже автором, поскольку, как он считал, мало кто представлял в те годы проблемы телемеханики.<sup>5</sup> Все рассматривали релейно-контактные схемы с точки зрения проводимости (даже А. Накашима, В.И. Шестаков и К. Шеннон), а исчисление высказываний (алгебра логики) использовалось исключительно для описания структуры. А М.А. Гаврилов в то время контактные элементы классифицирует как приемные и исполнительные (читай: входные и выходные), т.е. рассматривает движение не электрического тока, а информации от входов к выходам, что совсем не совпадает с движением тока (см., например, [19]). Второе обстоятельство, явившееся тормозом в приня-

<sup>4</sup> К сожалению, во второй статье Д.А. Поспелова японский ученый А. Накашима, один из авторов открытия логического моделирования релейных схем, назван ошибочно Накамура.

<sup>5</sup> Заявление М.А. Гаврилова о непонимании В.И. Шестаковым своей работы представляется несправедливым. Шестаков и другие ученые, работавшие над данной проблемой, отлично понимали значение своих работ, впервые позволивших заменить эквивалентные преобразования (значит, и проектирование) релейных схем эквивалентными преобразованиями логических функций проводимости этих схем (подробнее см. [20]).

тии предлагаемых методов к проектированию релейных устройств, это отсутствие понятий, отображающих реальное время в функционировании схемы. М.А. Гаврилов как практический блестящий проектировщик и не менее блестящий аналитик по релейно-контактным схемам понимает, что в таблице истинности и формуле алгебры логики потерялась последовательность в срабатывании элементов. В то время как любой инженер-проектировщик использует последовательность срабатывания как мощнейший инструмент в интуитивном синтезе (придумывании схемы). Напомню, что это 1930-е годы. Еще нет работ по конечным автоматам, выполненных С. Клини, Дж. Нейманом и Э. Муром и вошедших в знаменитый сборник «Автоматы» 1956 г.; еще нет работы У. Маккаллока и У. Питса 1943 г. по модели сети нейронов.<sup>6</sup> Это в модели конечного автомата появляется дискретное время, как заменитель реального. А Михаил Александрович уже знает про такты, но вот проблема: как их связать с таблицей истинности, которой безразлично, что в какой последовательности срабатывает?

В начале сороковых годов М.А. Гаврилов задался целью создать научную методику проектирования релейно-контактных схем. Проводя анализ развития методов создания релейно-контактных схем, М.А. Гаврилов писал: «Первые существенные достижения по пути развития научного обоснования методики построения схем были получены только тогда, когда был найден математический аппарат, отображающий соотношения, существующие в этих схемах». Таким аппаратом стала алгебра логики. Исходя из работ В.И. Шестакова и К.Э. Шеннона, М.А. Гаврилов создал стройную теорию анализа и синтеза одно- и многотактных релейно-контактных схем. За первой его работой (1943 г.) последовало много статей этого направления, которые были положены в основу диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (1946 г.). В первых работах упор делался на создание теории (описание и построение) многотактных (последовательностных) схем – релейных устройств с памятью. Михаил Александрович предложил язык «таблиц включений», по которым можно было получить структурную формулу многотактных схем. Он разработал методику преобразования не только параллельно-последовательных, но и мостиковых схем (так называемых схем класса Н), как с релейно-контактными элементами общего вида, так и со специализированными элементами (искателями, поляризованными и амплитудными реле и т.п.).<sup>7</sup> О защите его докторской диссертации (воспоминания М.И. Карлинской) гуляли легенды: якобы, она длилась 8 часов, выступали философ Яновская и логик Новиков, была группа недоброжелателей – инженеров-практиков из Ленинграда, но чашу весов в пользу Михаила Александровича склонил А.И. Берг).<sup>8</sup> Все результаты исследований, пред-

<sup>6</sup> Все эти работы были опубликованы в знаменитом сборнике «Автоматы» [22].

<sup>7</sup> До М.А. Гаврилова логическое моделирование мостиковых схем было предложено А. Накашимой (1935–36 гг.) и К.Э. Шенноном.

<sup>8</sup> Согласно воспоминаниям Д.А. Пospelова (основанным, по-видимому, на воспоминаниях самого М.А. Гаврилова), большой, а, возможно, и решающий вклад в успех защиты внесла официальный оппонент С.А. Яновская, которая все обвинения недоброжелателей Михаила Александровича (протаскивание идеализма в советскую науку и технику, использование буржуазной лженауки – логики и т.д.) веско и изящно отбила, зачитав необходимые цитаты из

ставленные в диссертации, были им систематизированы и оформлены в виде монографии «Теория релейно-контактных схем», выпущенной в свет в 1950 г. издательством АН СССР. Об этой книге академик Виктор Сергеевич Кулебакин отзывался следующим образом: «Книга доктора технических наук М.А. Гаврилова является первым фундаментальным трудом, в котором на базе практических достижений и теоретических разработок, как самого автора, так и других лиц созданы научные основы построения релейно-контактных схем».<sup>9</sup> Сам Михаил Александрович в предисловии к книге писал: «Автор далек от мысли, что в настоящем его труде дано исчерпывающее решение основных вопросов теории релейно-контактных схем. Однако даже в том объеме, в котором она изложена в настоящей книге, эта теория, как показал опыт практического ее применения в некоторых проектных и научно-исследовательских организациях, уже приносит существенный эффект как в отношении сокращения времени, необходимого для разработки схем, так и в отношении получения более совершенных решений. Внедрение теории релейно-контактных схем в практику, несомненно, выдвинет новые вопросы и вызовет необходимость в ее дальнейшем развитии». Опубликование монографии привлекло внимание широких кругов инженеров и научно-исследовательских работников к вопросам этой теории и послужило толчком к ее дальнейшему развитию. Книга была переведена на ряд иностранных языков.

В середине 1950-х годов М.А. Гавриловым были разработаны методы минимизации мостиковых контактных и контактно-вентильных схем, а также метод минимизации булевых функций, получивший известность как «метод проб М.А. Гаврилова». В связи с большой трудоемкостью минимизации возникла необходимость в разработке методов приближенной минимизации, годных для инженерной практики. М.А. Гаврилов предложил общий подход к построению методов синтеза этого типа, получивший название направленного поиска минимальных реализаций. За развитие этой теории, методов расчета и принципов построения релейных схем в 1958 г. Президиум АН СССР присудил М.А. Гаврилову премию им. П.М. Яблочкова. В 1963 г. Михаил Александрович избирается членом-корреспондентом АН СССР по теории управления. Работы М.А. Гаврилова 1960–1970-х годов были посвящены развитию метода направленного поиска применительно к сложным базисам логических элементов, мажоритарных, пороговых, элементов с произвольной структурой, однородных сред и т. д., а также применительно к сложным формам задания дискретных устройств большой размерности – интервальным и скобочным формам. Важный вклад в теорию дискретных автоматов составили предложенные М.А. Гавриловым формулировка проблемы полноты и непротиворечивости описания поведения релейных устройств, методы минимизации числа элементов памяти, блочный подход

---

Ленина, полное собрание сочинений которого, с закладками в необходимых местах, она принесла с собой. В таких делах Софья Александровна была непревзойденным мастером, а вдобавок у нее был непререкаемый авторитет «партийного философа», с партстажем со времен гражданской войны.

<sup>9</sup> Первой в мире книгой, излагающей научные основы построения релейно-контактных схем, была опубликованная в 1947 году книга австрийского ученого О. Плехля [23], второй – книга ленинградского ученого П. Рамлау [24], третьей – монография М.А. Гаврилова [25].

к описанию и синтезу автоматов. Блочный подход заключается в представлении автоматов системой блоков, каждый из которых описывается своей таблицей переходов. М.А. Гаврилов ввел операции композиции над таблицами переходов, позволяющие описывать различные виды взаимодействия автоматов и устанавливать эквивалентность автомата некоторой сети автоматов. Он исследовал зависимость числа состояний автомата от числа состояний блоков, составляющих этот автомат, при различных видах взаимодействия блоков. Работы М.А. Гаврилова по блочному синтезу явились толчком к развитию целой серии работ по методам композиции и декомпозиции автоматов.

Интересной и плодотворной оказалась высказанная М.А. Гавриловым идея применить к дискретным автоматам для повышения их надежности разработанные в теории передачи информации коды, позволяющие обнаруживать и исправлять ошибки – сбои в работе отдельных релейных элементов или цепей. Это положило начало новому направлению в развитии теории дискретных автоматов – надежностному синтезу дискретных последовательностных автоматов.

В последние годы М.А. Гавриловым был разработан метод синтеза многовыходных комбинационных устройств большой размерности, описываемых системой булевых функций. Этот метод развивал и обобщал накопленный опыт по использованию идеи направленного поиска.

### Организационная работа

М.А. Гаврилов неоднократно подчеркивал важность доведения предлагаемых методов синтеза до уровня инженерной практики. Именно поэтому в последние 20 лет своей жизни он уделял основное внимание вопросам автоматизации проектирования дискретных устройств, начиная с создания специализированных логических устройств – машин для анализа и синтеза релейных устройств. Это направление перешло в разработку отдельных программ для ЭВМ, а затем – в создание интегрированных систем автоматизированного проектирования – человеко-машинных систем, работающих в режиме диалога.

М.А. Гаврилов принимал личное и активное участие в организации работ по автоматизации проектирования. Под его научным руководством был создан и утвержден государственный стандарт «Проектирование автоматизированное. Термины и определения» (ГОСТ 22487–77). Михаил Александрович активно участвовал и в разработке «Общепромышленных руководящих методических материалов по созданию систем автоматизированного проектирования (САПР)». Вообще, в последние годы жизни М.А. Гаврилов вел большую научно-организационную и координационную деятельность в области автоматизированного проектирования в Научном совете по проблеме «Автоматизация проектирования» Комитета системного анализа АН СССР и в Секции технической кибернетики Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР. Возглавляя эти советы, он стремился решить такие важные задачи автоматизации проектирования, как системная методология в принятии проектных решений и в создании и развитии САПР.

Будучи председателем Секции технической кибернетики, организованной в 1962 г. в составе Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, возглавляемого академиком А.И. Бергом, и председателем Комиссии по теории релейных устройств этой секции, Михаил Александрович координировал научно-исследовательские работы в этой области. Эта комиссия рассматривала также вопросы, связанные с организацией всесоюзных конференций и международных семинаров, формированием их программ. Более десяти лет при комиссии работал Московский семинар по теории релейных устройств. Наиболее плодотворной формой координации и руководства научно-исследовательскими работами по тематике комиссии явилась Школа по теории дискретных устройств, которая была организована Михаилом Александровичем. Школа помогла сконцентрировать внимание исследователей на наиболее важных для практики задачах, объединить усилия и предоставила возможность исследователям ознакомиться достаточно широкий круг специалистов с полученными ими результатами. Школа по теории дискретных устройств была детищем М.А. Гаврилова, и ей по праву присвоено его имя.



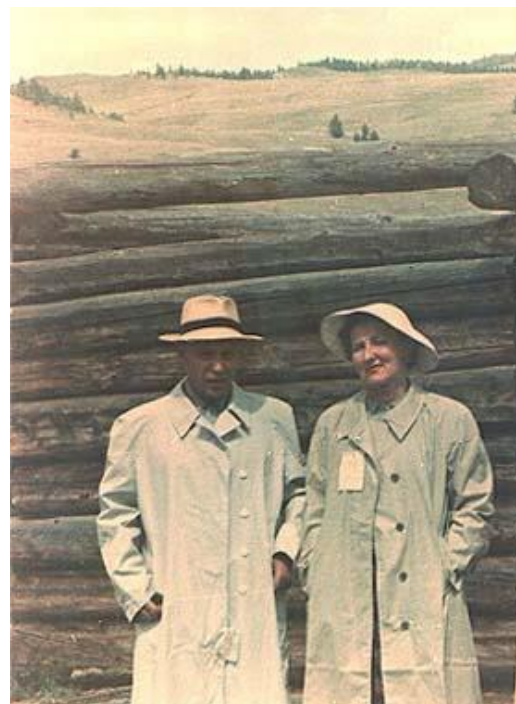
Участники Школы по теории дискретных устройств (конец 1960-х гг.).  
В центре 1 ряда – М.А. Гаврилов

М.А. Гаврилов на протяжении всей своей жизни растил научные кадры, собирая вокруг себя и воспитывая талантливую молодежь. Под его руководством защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук около 50 человек, более десяти из них присвоена ученой степень доктора наук. Отношение Михаила Александровича к аспирантам было удиви-

тельным, он был невероятно строг, но всегда вставал на защиту своего ученика.<sup>10</sup> Особую роль в жизни Михаила Александровича занимала его супруга – Наталья Николаевна Потапова.



М.А. Гаврилов открывает Школу



М.А. Гаврилов с супругой на отдыхе (1960-е г.)

<sup>10</sup> Несмотря на свои высокие человеческие качества, наиболее полно проявившиеся в его взаимоотношениях с учениками, М.А. Гаврилов не всегда мог выстроить хорошие отношения с коллегами, равными ему по силе, когда появлялся фактор конкуренции. Так, у него не сложились нормальные отношения с выдающимся ученым В.И. Шестаковым. Более того, последний считал, что, будучи членом редколлегии журнала «Автоматика и телемеханика», М.А. Гаврилов придерживает там его статьи, пропуская вперед свои (см. [20], [21]).

М.А. Гавриловым за время его научной деятельности опубликовано 256 работ. Первая, посвященная сетям электропередач, была опубликована в 1928 г., последние работы, посвященные системам автоматизации проектирования, – в 1979 г. М.А. Гаврилов выполнял огромную работу по редактированию сборников, книг, трудов многих всесоюзных и международных совещаний, периодических и переводных изданий. Под его редакцией издавался периодический сборник «Абстрактная и структурная теория релейных устройств», он являлся членом редколлегии «Энциклопедии по автоматике», был членом редакционной коллегии международного журнала «Проблемы управления и теории информации» с момента его основания, членом редколлегии ряда других журналов. Говоря о редакционно-издательской деятельности М.А. Гаврилова, нельзя не сказать еще раз о той огромной работе, которую он проводил в области терминологии релейных устройств. Первая его статья по терминологии появилась в 1950 г. в «Бюллетене Комитета технической терминологии АН СССР». Впоследствии работы М.А. Гаврилова по терминологии были опубликованы в 1953, 1954, 1960, 1961 гг., переведены на английский язык и изданы в США. Редактируя различные издания, Михаил Александрович проявлял себя как чуткий, доброжелательный, но вместе с тем строгий критик, как внимательный и мудрый редактор.



М.А. Гаврилов с супругой на банкете



М.А. Гаврилов с супругой на отдыхе

За свою активную научную и организационную деятельность Михаил Александрович был награжден тремя орденами Трудового Красного Знамени и четырьмя медалями, а также «Медалью Республики Румыния» в ознаменование 25-летия Республики (1969 г.) и медалью АН ГДР в ознаменование 20-летия научных связей АН СССР и ГДР (1977 г.).

Большое место в жизни М.А. Гаврилова занимали международные научные контакты. Он читал лекции в научных организациях мира, пропагандировал достижения советской науки и техники во многих странах мира, был участником всех конгрессов ИФАК по дискретным системам и многих симпозиумов.

М.А. Гаврилов работал в тесном содружестве с учеными из социалистических стран. Он был одним из организаторов, а затем и руководителем темы «Теория управления». Работа в рамках этой темы позволила сформировать меж-



дународный коллектив ученых, охватывающий самый широкий спектр задач теории управления, а регулярный обмен информацией позволял повысить эффективность труда ученых. Можно смело сказать, что фундаментальные результаты М.А. Гаврилова, его оригинальные идеи оказали большое влияние на развитие в мире теории и автоматизации проектирования дискретных управляющих устройств.



М.А. Гаврилов, В.В. Девятков, Е.И. Пупырев и коллеги из Дрездена



М.А. Гаврилов с группой зарубежных коллег из Румынии и Швейцарии

И вот, возвращаясь из ГДР с Советско-Германского семинара по теории автоматов, 29 апреля 1979 года М.А. Гаврилов скончался. Уже минуло много лет с того трагического дня, но память о Михаиле Александровиче жива и для его учеников, и для других людей, любящих науку.

### Литература

1. Амбарцумян А. А. Чл.-корр. АН СССР М.А. Гаврилов: основные вехи жизни и творчества. Доклад на торжественном заседании по поводу 100-летия со дня рождения М.А. Гаврилова. – М.: ИПУ РАН, 2003.
2. Эренфест П. Рецензия на книгу Л. Кутюра «Алгебра логики» (Одесса, Ma-thesis, 1909) // ЖРФХО. Физич. отдел. 1910. Т. 42. О. 2. № 10. С. 382–387.
3. Вебер Ю. Г. Когда приходит ответ. – М.: Детская литература, 1977.
4. Гаврилов М.А. Применение телемеханики в энергетических системах. – М.: Связьтехиздат, 1933.
5. Гаврилов М. А. Состояние телеизмерительной техники в СССР // Электростанции. 1935. № 12. С. 1–8.
6. Гаврилов М. А. Применение автоматики и телемеханики при эксплуатации электрических станций и сетей // Материалы I Всесоюзного совещания по эксплуатации энергоснабжения систем. В. II. – М.: ОНТИ, 1935.
7. Гаврилов М. А. Современные тенденции в развитии промышленных устройств телеуправления // Автоматика и телемеханика. 1937. № 2. С. 31–54.
8. Гаврилов М. А. О тематике научно-исследовательских работ по автоматизации и телемеханизации электрических станций и энергосистем // Автоматика и телемеханика. 1939. № 1. С. 136–143.
9. Гаврилов М. А. О терминологии по телемеханике // Автоматика и телемеханика. 1939. № 3. С. 125–133.
10. Гаврилов М. А. Терминология по структурному анализу и синтезу релей-но-контактных схем // Бюллетень Комитета технической терминологии АН СССР. – М.–Л.: АН СССР, 1950.
11. Гаврилов М. А. Терминология по структурному синтезу и анализу релейно-контактных схем // Бюллетень Комитета технической терминологии АН СССР. В. 8. – М.: АН СССР, 1953.
12. Гаврилов М. А. Терминология основных понятий автоматики. – М.: АН СССР, 1954. 23 с.
13. Гаврилов М. А. Терминология основных понятий автоматики // Труды I Международного конгресса по автоматическому управлению. Москва. 27 июня – 7 июля 1960. Т. 3. – М.: АН СССР, 1961. – С. 642–677 (в соавторстве с Артоболевским И.И. и Булгаковым А.Л).
14. Гаврилов М. А. Основные научные проблемы, вытекающие из задач телемеханизации в народном хозяйстве // Труды сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. – М.: АН СССР, 1957. – С. 17-43.
15. Гаврилов М. А. О некоторых ошибках в проектировании устройств телеуправления // Электрические станции. 1935. № 11. С. 38–43.

16. Гаврилов М. А. Принцип построения из элементов «Baukasten» в конструировании устройств телеуправления // Автоматика и телемеханика. 1936. № 2. С. 11–19.
17. Поспелов Д. А. Как рождаются, процветают и умирают научные школы // Новости искусственного интеллекта. 1994. № 1. С. 102–118.
18. Поспелов Д. А. Школа МАГа // Новости искусственного интеллекта. – 1997. № 3. С. 80–129.
19. Гаврилов М. А. Схемы включения исполнительных реле в устройствах телеуправления // Автоматика и телемеханика. 1939. № 3. С. 59–82.
20. Левин В. И. В.И. Шестаков – ученый и человек // VIII Международная научно-практическая конференция «Проблемы образования в современной России и на постсоветском пространстве». – Пенза: ПДЗ. 2006. – С. 27–34.
21. Бирюков Б. В., Верстин И. С., Левин В. И. Жизненный и научный путь В.И. Шестакова // Логические исследования. – Вып. 14. – М.: Наука, 2007.
22. Автоматы. Сб. стат. под ред. К. Шеннона и Дж. Маккарти. – М.: ИЛ, 1956.
23. Plechl O. Schalter und Apparatebau. Verlesung an der Technischen Hochschule in Wien. – ТТ. 1, 2. – 1947.
24. Рамлау П. Применение алгебры логики для анализа схем связи и СЦБ. – Л.: Изд-во Ленинградского электротехнического ин-та инженеров сигнализации и связи, 1948.
25. Гаврилов М.А. Теория релейно-контактных схем. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950.

### References

1. Ambarcumyan A. A. CHl.-korr. AN SSSR M.A. Gavrilov: osnovnye vekhi zhizni i tvorchestva. Doklad na torzhestvennom zasedanii po povodu 100-letiya so dnya rozhdeniya M.A. Gavrilova. – М: IPU RAN, 2003. (in Russian).
2. Erenfest P. Recenziya na knigu L. Kutyura «Algebra logiki» (Odessa, Mathesis, 1909). *ZHRFHO. Fizich. otdel*, 1910, vol. 42, o. 2, no. 10, P. 382–387. (in Russian).
3. Veber Yu. G. Kogda prihodit otvet. Moscow, Detskaya literatura, 1977. (in Russian).
4. Gavrilov M. A. Primenenie telemekhaniki v energeticheskikh sistemah. Moscow, Svyaz'tekhizdat, 1933. (in Russian).
5. Gavrilov M. A. Sostoyanie teleizmeritel'noj tekhniki v SSSR. *Elektrostantsii*, 1935, no. 12, pp. 1–8. (in Russian).
6. Gavrilov M. A. Primenenie avtomatiki i telemekhaniki pri ekspluatatsii elektricheskikh stancij i setej. *Materialy I Vsesoyuznogo soveshchaniya po ekspluatatsii energosnabzheniya system*, Moscow, ONTI, 1935, Vol. 2. (in Russian).
7. Gavrilov M. A. Sovremennye tendencii v razvitii promyshlennykh ustrojstv teleupravleniya. *Avtomatika i telemekhanika*, 1937, no. 2, pp. 31–54. (in Russian).

8. Gavrilov M. A. O tematike nauchno-issledovatel'skikh rabot po avtomatizacii i telemekhanizacii elektricheskikh stancij i energosistem. *Avtomatika i telemekhanika*, 1939, no. 1, pp. 136–143. (in Russian).
9. Gavrilov M. A. O terminologii po telemekhanike. *Avtomatika i telemekhanika*, 1939, no. 3, pp. 125–133. (in Russian).
10. Gavrilov M. A. Terminologiya po strukturnomu analizu i sintezu relej-no-kontaktnyh skhem. *Byulleten' Komiteta tekhnicheskoy terminologii AN SSSR*, Moscow, 1950. (in Russian).
11. Gavrilov M. A. Terminologiya po strukturnomu sintezu i analizu relejno-kontaktnyh skhem. *Byulleten' Komiteta tekhnicheskoy terminologii AN SSSR*, 1953, Vol. 8. (in Russian).
12. Gavrilov M. A. *Terminologiya osnovnyh ponyatij avtomatiki*. Moscow, AN SSSR, 1954. 23 p. (in Russian).
13. Gavrilov M. A. Terminologiya osnovnyh ponyatij avtomatiki. *Trudy I Mezhdunarodnogo kongressa po avtomaticheskomu upravleniyu*. Moscow, AN SSSR, 1961. Pp. 642–677. (in Russian).
14. Gavrilov M. A. Osnovnye nauchnye problemy, vytekayushchie iz zadach telemekhanizacii v narodnom hozyajstve. *Trudy sessii AN SSSR po nauchnym problemam avtomatizacii proizvodstva*. Moscow, AN SSSR, 1957. Pp. 17-43. (in Russian).
15. Gavrilov M. A. O nekotoryh oshibkah v proektirovanii ustrojstv teleupravleniya. *Elektricheskie stancii*, 1935, no. 11, pp. 38–43. (in Russian).
16. Gavrilov M. A. Princip postroeniya iz elementov «Baukasten» v konstruirovanii ustrojstv teleupravleniya. *Avtomatika i telemekhanika*, 1936, no. 2, pp. 11–19. (in Russian).
17. Pospelov D. A. Kak rozhdayutsya, procvetayut i umirayut nauchnye shkoly. *Novosti iskusstvennogo intellekta*, 1994, no. 1, pp. 102–118. (in Russian).
18. Pospelov D. A. SHkola MAGa. *Novosti iskusstvennogo intellekta*, 1997, no. 3, pp. 80–129. (in Russian).
19. Gavrilov M. A. Skhemy vklyucheniya ispolnitel'nyh rele v ustrojstvah teleupravleniya. *Avtomatika i telemekhanika*, 1939, no. 3, pp. 59–82. (in Russian).
20. Levin V. I. V.I. SHestakov – uchenyj i chelovek. *VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Problemy obrazovaniya v sovremennoj Rossii i na postsovetskom prostranstve»*. Penza, PDZ. 2006. Pp. 27–34. (in Russian).
21. Biryukov B. V., Verstin I. S., Levin V. I. ZHiznennyj i nauchnyj put' V.I. SHestakova. *Logicheskie issledovaniya*. Moscow, Nauka, 2007. (in Russian).
22. *Avtomaty*. Sb. stat. pod red. K. SHennona i Dzh. Makkarti. Moscow, IL, 1956. (in Russian).
23. Plechl O. *Schalter und Apparatebau. Verlesung an der Technischen Hochschule in Wien*. 1947. Vol. 1, 2.
24. Ramlau P. *Primenenie algebry logiki dlya analiza skhem svyazi i SCB*. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo elektrotekhnicheskogo in-ta inzhenerov signalizacii i svyazi, 1948. (in Russian).
25. Gavrilov M. A. *Teoriya relejno-kontaktnyh skhem*. Moscow, AN SSSR, 1950. (in Russian).

Статья поступила 17 ноября 2023 г.

### Информация об авторе

*Левин Виталий Ильич* – доктор технических наук, профессор, PhD, Full Professor. Заслуженный деятель науки РФ. Пензенский государственный технологический университет. Область научных интересов: логика; математическое моделирование в технике, экономике, социологии, истории; принятие решений; оптимизация; теория автоматов; теория надежности; распознавание; история науки; проблемы образования. E-mail: vilevin@mail.ru

Адрес: 440039, Россия, Пенза, пр. Байдукова / ул. Гагарина, д. 1а/11.

---

### Mikhail Alexandrovich Gavrilov and the logical theory of designing discrete control systems

V. I. Levin

**Relevance.** *The biography of a major scientist in field of automation and telemechanics, Mikhail Alexandrovich Gavrilov, dedicated to the 120th anniversary of his birth, is considered. The purpose of the article is to use the example of the scientific work of M.A. Gavrilov to form among beginning scientists an understanding of various approaches to the formation of new scientific knowledge. Result.* To achieve the purpose of the article, domestic and foreign literature was used. The meaning of the scientific results of M.A. Gavrilov is outlined. **Novelty and theoretical significance.** *The scientific biography of M.A. Gavrilov has been reconstructed. The emphasis is on the work of M.A. Gavrilov in the field of control of technical systems by means of automation and telemechanics. The work will be useful for young scientists studying research methodology.*

**Keywords:** *automation, telemechanics, control, M.A. Gavrilov, Moscow, V.I. Shestakov, mathematical logic, relay contact circuits.*

### Information about Author

*Vitaly Ilich Levin* – Doctor of Technical Sciences, Full Professor. Honoured Scientist of Russia. Penza State Technological University. Field of Research: logic; mathematical modeling in technics, economics, sociology, history; optimization, decision making, recognition, automata theory, reliability theory, problems of education, history of science. E-mail: vilevin@mail.ru

Address: Russia, 440039, Penza, Baidukova pr. / Gagarina st., 1a/11.