

**УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК****ПАМЯТИ Г. С. ГОРЕЛИКА****С. М. Рытов**

27 июня 1957 г. несчастный случай оборвал жизнь Габриэля Семеновича Горелика, одного из наиболее выдающихся советских физиков, широко известного своими исследованиями в области теории колебаний, радиофизики, оптики и акустики, а также своей многолетней и блестящей педагогической деятельностью.

Г. С. Горелик родился 8 декабря 1906 г. в Париже, где его отец, вынужденный для получения высшего образования покинуть Россию, учился в то время в университете. Впоследствии отец Г. С. Горелика, окончив медицинский институт в Женеве, вернулся в 1917 г. на родину и на протяжении всей гражданской войны служил в качестве врача в рядах Красной Армии. После демобилизации (в 1921 г.) он вызвал к себе семью, которая проживала до этого в Женеве на пособие Советского Красного Креста. В Женеве Г. С. Горелик окончил три класса средней школы. После переезда в Москву он начал самостоятельно готовиться к поступлению в вуз и одновременно, в совершенстве владея французским языком, поддерживал семью в качестве переводчика. В 1923 г. Г. С. Горелик поступил на физико-математический факультет Московского государственного университета.

Очень скоро определился интерес Г. С. Горелика к физике. Некоторое время он учился на факультете по специальности электрических измерений, но был увлечен лекциями и семинарами Л. И. Мандельштама, руководившего специальностью теоретической физики, перешел на эту специальность и по ней в 1929 г. окончил университет. Еще до окончания университета Г. С. Горелик был направлен в качестве стажера во Всесоюзный электротехнический институт. Работая над темой, предложенной ему Б. А. Введенским, он выполнил там (совместно с Г. Гинцом) свое первое, в основном экспериментальное, научное исследование, посвященное суперрегенеративному приемнику. Метровые и дециметровые радиоволны были тогда «передним краем» радиотехники и суперрегенератор был наиболее совершенным приемником для этого диапазона. В самом грубом приближении он является контуром, у которого затухание периодически колеблется около нулевого значения. Эта трактовка позволила объяснить явление «многократного резонанса», наблюдаемое при действии внешней гармонической э.д.с.

Выдающиеся способности Г. С. Горелика обратили на него внимание Л. И. Мандельштама. В 1930 г. Г. С. Горелик был зачислен в аспирантуру при Научно-исследовательском институте физики МГУ, которую окончил под руководством Л. И. Мандельштама. Темой его кандидатской диссертации был вопрос о действии внешней силы на линейные системы с периодически меняющимися параметрами. В такой широкой постановке этот вопрос был естественным обобщением конкретной задачи о суперрегенеративном приемнике, точнее, тех сторон этой задачи, для которых

нелинейность системы не играет принципиальной роли. Несколько наводящих замечаний Л. И. Мандельштама открыли перед Г. С. Гореликом увлекательную перспективу нового и глубокого переосмысливания всего спектрального подхода классической теории колебаний. Он выполнил эту задачу не как ученик, а как зрелый ученый, дав в своей работе общую теорию неавтономных параметрических систем, обобщающую понятия резонанса, селективности и расстройки.

Привычное представление об особой роли гармонических колебаний, связанное с избирательными свойствами линейных систем с постоянными параметрами, настолько укоренилось, что стало казаться уже чем-то априорным, вытекающим из какой-то собственной «простоты» самих гармонических функций. В своей диссертации Г. С. Горелик показал, что системы с периодически меняющимися параметрами, включающие обычные системы с постоянными параметрами как очень частный случай, обладают гораздо более разнообразными и интересными свойствами. Для них «простыми» колебаниями являются уже не гармонические, а другие периодические процессы, описываемые функциями Хилла. Именно на них такие системы резонируют, их выделяют из состава внешней силы, которую поэтому оказывается и математически целесообразным представлять в виде разложения не по гармоническим функциям, а по функциям Хилла. Вместе с тем переменные параметры существенно обогащают возможности варьирования самой системы. Если «расстройка» гармонической системы заключается в изменении значений одного или нескольких ее параметров, то «расстройка» параметрической системы в общем случае дается изменением вида тех функций времени, которые описывают модуляцию параметров системы. Таким образом, для «ухода от резонанса» здесь открыто функциональное пространство, а не обычное пространство параметров. Периодическое изменение параметров уже само по себе означает неавтономность системы и может приводить к ее регенерации и даже возбуждению (параметрический резонанс). Параллельно меняются и резонансные свойства системы в отношении внешней силы, обнаруживая и здесь большое разнообразие возможностей, всесторонне исследованное Г. С. Гореликом. Полученные им результаты были настолько ценными и значительными, что на основании защиты его диссертации в ноябре 1934 г. физический факультет МГУ присудил ему степень доктора физико-математических наук и ВАК Наркомпроса утвердил это решение.

Свою преподавательскую деятельность Г. С. Горелик начал одновременно с аспирантурой, в 1930 г. В течение нескольких лет (1934—1938 гг.) он читал курс теории колебаний, участвовал в проведении семинаров Л. И. Мандельштама и руководил дипломниками и аспирантами, из которых трое успешно защитили в этот период свои кандидатские диссертации. В 1935 г. ВАК присвоил Г. С. Горелику звание профессора по кафедре физики колебаний. Как в студенческие годы, так и будучи преподавателем, а затем профессором МГУ, Г. С. Горелик не замыкался в кругу чисто научных интересов. Он принимал самое живое и непосредственное участие в общественной жизни института и факультета, в организационной и методической работе. Он был, в частности, одним из организаторов Всесоюзной конференции по колебаниям в 1931 г.

За время работы в МГУ Г. С. Горелик выполнил, помимо диссертации, еще семь научных исследований по вопросам теории колебаний. Из них должно быть особо отмечено проведенное совместно с А. А. Виттом исследование параметрически связанных колебательных систем (1933 г.), в котором впервые было введено само понятие параметрической связи, примененное затем Г. С. Гореликом к акустическим волнам (1935 г.), а также работу, обобщающую метод малого параметра на нели-

нейные системы, близкие к линейным с периодически меняющимися параметрами (1938 г.). Вообще, весь этот первый период его научной работы пронизан интересом к параметрическим системам. Начав еще студентом с исследования суперрегенератора, Г. С. Горелик глубоко продумал и разработал в дальнейшем весь комплекс вопросов, связанных с периодическим изменением параметров. Это дало ему основание еще раз, уже на основе развитой им общей теории, вернуться к явлениям резонанса в суперрегенеративном приемнике (1939 г.).

С 1935 по 1937 г., по приглашению А. А. Андропова, Г. С. Горелик регулярно бывал в г. Горьком для научных консультаций в Горьковском исследовательском физико-техническом институте (ГИФТИ). В эти же годы произошел ряд очень серьезных событий в его личной жизни. В 1936 г. в результате тяжелой сердечной болезни умерла его жена, Е. М. Галихина, оставив его с маленьким сыном Андреем. А. А. Андронов настойчиво звал Г. С. Горелика в г. Горький, где он уже был известен не только своими работами, но и лично. В начале 1938 г. Г. С. Горелик принял предложение Горьковского государственного университета (ГГУ) занять в нем должность профессора, заведующего кафедрой общей физики, переехал в Горький и вместе со своей семьей — второй женой, Н. К. Кожинной, и сыном — прожил там до 1953 г.

Пятнадцать лет, проведенные в г. Горьком, были наполнены интенсивным трудом, который привел Г. С. Горелика к новым научным достижениям и к зрелости его педагогического мастерства. Встречи с академиком Л. И. Мандельштамом сделались хотя и более насыщенными, но гораздо более редкими. Зато Г. С. Горелик обрел постоянное общение и дружбу с замечательным человеком и ученым, А. А. Андроновым, и это сыграло большую и благотворную роль в его работе и жизни.

К горьковскому периоду относится более двадцати научных работ Г. С. Горелика по различным вопросам теории колебаний, магнетизму, теории автоматического регулирования, радиофизике и оптике. До Великой Отечественной войны он опубликовал только три работы [в том числе о запаздывающей обратной связи (1933 г.) и о фазовой селекции в параметрических системах (1941 г.)], так как первоначально большую часть своих сил он посвящал созданию курса общей физики. Этот курс был очень далек от того, что обычно понимается под хорошим стандартным университетским курсом, а представлял собой совершенно исключительное по глубине подхода и оригинальности формы произведение педагогического искусства.

Г. С. Горелик не отделял «устоявшуюся» физику от того, что студенты «узнают потом», в специальных курсах, т. е. от наиболее животрепещущих физических проблем современности. Наоборот, он стремился к тому, чтобы «классика» переплеталась в его лекциях с современностью так, как это имеет место в действительности, без какой-либо искусственной грани, призванной служить только облегчению задачи лектора. Вместе с тем он добивался острой увлекательности изложения, он давал не просто квалифицированный пересказ фактов, теорий и истории физики, а умел поразить воображение слушателей, зажечь их интерес. В этом отношении лекции Г. С. Горелика продолжили и развили замечательные традиции преподавания Л. И. Мандельштама. Курс Г. С. Горелика прививал студентам потребность и навык в самостоятельном физическом мышлении, давал им настоящее, глубокое понимание физических явлений и теорий. Части этого курса были в разное время опубликованы \*)

\*) «Инерционные и неинерционные системы в механике» и «Лекции по оптике», Изд. ГГУ, 1941 г. (совместно с А. Г. Любиной) «Термодинамика и молекулярная физика» в «Курсе физики» под ред. Н. Д. Папалекси, т. I, Гостехиздат, 1948.

и получили заслуженно высокую оценку научно-преподавательской общестственности. Есть все основания к тому, чтобы говорить об особом, гореликовском стиле преподавания физики в высшей школе, стиле, который еще потребует вдумчивого анализа.

Быть может, наилучшим пояснением к этому утверждению, которое нельзя развить в пределах данной небольшой статьи, послужит небольшая цитата из вводной лекции Г. С. Горелика к курсу «Электричества», читанному им в 1956/57 учебном году.

«Материал, из которого я должен черпать, — колоссальный, необъятный. Первая задача лектора — отбирать и безжалостно отбрасывать. Можно было бы попытаться составить картотеку всех фактов и количественных соотношений, расположить их по степени важности и отобрать в порядке убывания важности то, что можно уложить в 30 лекций. Но такой подход неоднозначен и неразумен. Поэтому задачу построения курса электрики \*) я ставлю перед собой следующим образом.

Дана аудитория второкурсников, сплошь состоящая из умных, любознательных, мыслящих, много самостоятельно работающих молодых людей (условия всякой задачи — идеализация действительности...). Чем и могу быть им наиболее полезен?

Такая задача, как мне кажется, имеет *однозначный* ответ.

Позвольте начать с маленького отступления.

Для того чтобы стать физиком, необходимо *пережить* многое, надо пережить некоторые основные идеи с той интенсивностью, с какой человек переживает наиболее важное из лично его касающегося, с той интенсивностью, с которой, в частности, вы будете переживать ваши личные достижения в науке, ваши собственные открытия, большие (если они у вас будут) или малые».

И далее следовал предварительный, но мастерский рассказ об основных идеях электромагнитной теории Фарадея — Максвелла — Герца и о том перевороте в физике, который связан с этими идеями.

Педагогический талант Г. С. Горелика проявлялся не только в его лекциях, но и в его руководстве студентами и аспирантами, в его умении выращивать научных работников и создавать дружные научные коллективы. За время его работы в г. Горьком, где он наряду с заведованием кафедрой в ГГУ возглавлял отдел радиофизики в ГИФТИ (с 1942 г.), под его руководством было защищено девять кандидатских диссертаций. Создалась большая группа талантливых молодых исследователей, его сотрудников и учеников, работавших вместе с ним над разнообразной и интересной проблематикой.

В годы Великой Отечественной войны Г. С. Горелик выполнил важные задания особых конструкторских бюро, работавших в то время в г. Горьком. В частности, он провел совместно со своими сотрудниками цикл исследований сплавов высокой магнитной проницаемости, что позволило создать магнетометр нового типа, обладающий рядом преимуществ. Эти исследования послужили толчком для дальнейших работ в области магнетизма, которые дали много интересных результатов, в отношении магнитных спектров преобразования и статистических явлений при перемagnetизации ферромагнетиков.

В послевоенные годы Г. С. Горелик принял некоторое участие и в новом этапе развития теории нелинейных колебаний, связанном с достижениями А. А. Андропова и А. Г. Майера в разработке метода точечных преобразований и его применений к задачам теории автоматического регулирования. Это участие выразилось в трех работах. Совместно с

---

\*) Термин, пока редко употребляемый, замечает Г. С. Горелик, но более краткий и однотипный с механикой.

А. А. Андроновым он построил чрезвычайно изящную «феррорезонансную» теорию разгона («резонанса») релятивистской частицы в циклотроне (1945 г.). Эта тема была подсказана широко известными успехами в области ускорения заряженных частиц, достигнутыми в Физическом институте имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР, в котором в течение нескольких лет Г. С. Горелик и А. А. Андронов работали по совместительству в качестве старших научных сотрудников Лаборатории колебаний. Далее, совместно с А. А. Андроновым и Н. Н. Баутиным Г. С. Горелик сделал две работы по автоматическому регулированию: об автоколебаниях системы, содержащей авиационный винт с автоматически изменяемым шагом (1945 г.), и по теории непрямого регулирования с учетом сухого трения в чувствительном элементе (1946 г.). Несколько позднее Г. С. Горелик приступил вместе с А. А. Андроновым к подготовке монографии по нелинейным колебаниям и общей динамике машин и написал свою часть монографии, но в целом этой работе не суждено было завершиться из-за безвременной кончины А. А. Андропова.

Несомненно, глубокие идеи А. А. Андропова, на которых вырасталось здание новой науки — общей динамики машин — горячо увлекали Г. С. Горелика, но в этих идеях, как и вообще в теории колебаний, преобладала та сторона физической теории, которая имеет дело с математическим выражением закономерностей физических явлений. Г. С. Горелику всегда была ближе другая сторона физической теории — та, которая связывает теоретические понятия с реальными явлениями. Конечно, подобная характеристика направленности его научных интересов в той же мере схематична, как и само выделение двух указанных сторон в физической теории, обрисованное Л. И. Мандельштамом именно с такой оговоркой \*). И все же, вдумываясь в научное творчество Г. С. Горелика, нельзя не признать, что в нем никогда не становились ведущими *математические* идеи теории колебаний. В центре его научных интересов всегда оставалось распространение колебательного подхода на явления, далеко выходящие за пределы обычного круга применений теории колебаний. Эта характерная черта его дарования пронизывает и упомянутые работы по магнетизму, и предложенный им метод определения быстроты обмена энергией между степенями свободы молекул газа (1946 г.), и выдвинутую им идею демодуляционного анализа света (1947 г.), опередившую появление аналогичных соображений в американской литературе.

Последующие годы привели к еще более яркому и плодотворному развитию этого устремления его мысли, причем в круг его интересов естественным образом были вовлечены и разнообразные статистические вопросы, чему в значительной мере способствовали работы по флуктуациям в автоколебательных системах (И. Л. Берштейн), начатые в ГИФТИ еще до войны под руководством А. А. Андропова. В результате Г. С. Горелик создал свое оригинальное направление, которое можно охарактеризовать как исследование свойств вещества и излучения колебательными, в первую очередь радиофизическими, методами.

Наиболее живо и увлекательно это направление было очерчено им самим в докладе «Нелинейные колебания, интерференция и флуктуации» (1949 г.), который он прочитал на заседании Ученого совета ФИАН, посвященном памяти Л. И. Мандельштама. Суммировав выполненные И. Л. Берштейном исследования немонохроматичности лампового генератора в свой собственный вклад в эту проблему \*\*), он выдвинул в этом

\*) См. Л. И. Мандельштам, Полное собрание трудов, т. V, Изд-во АН СССР, 1950, стр. 349.

\*\*) Именно Г. С. Горелику принадлежит четкое разграничение понятий естественной и технической ширины линии автогенератора и введение самих этих терминов (опубликовано в 1950 г.).

докладе ряд интересных и неожиданных идей о применениях фазометрического метода И. Л. Берштейна. Реализация этих замыслов составила значительную часть дальнейшей научной деятельности Г. С. Горелика, его сотрудников и учеников. Сюда относится перенесение вихревого опыта Саньяка в радиодиапазон, применение модуляционного метода в оптической интерферометрии, измерение весьма малых сравнительно с длиной световой волны амплитуд механических колебаний, измерение малых угловых диаметров источников света (в первую очередь звезд) и ряд других применений «тонкой фазометрии».

Наряду с этой плодотворной и яркой научно-исследовательской деятельностью последние годы, проведенные Г. С. Гореликом в г. Горьком, были, как всегда, насыщены упорным трудом в целом ряде других направлений.

Накопленные им в процессе преподавания материал и опыт были использованы им в его замечательной книге «Колебания и волны» (введение в акустику, радиофизику и оптику), которую он обдумывал и над которой работал в течение ряда лет. Эта книга, вышедшая в 1950 г., является выдающимся, совершенно оригинальным по замыслу и исполнению произведением в нашей физической литературе. Об этом свидетельствуют и многочисленные присланные Г. С. Горелику отзывы, как отдельных ученых, так и целых коллективов. В частности, в заключении совещания, проведенного для обсуждения этой книги в Военно-воздушной академии имени Н. Е. Жуковского, говорится: «Это, пожалуй, единственная книга, где рассматривается очень широкий круг вопросов с единой физической точки зрения. С одной стороны, она доступна для слушателей, с другой — достаточно глубока, интересна и серьезна, чтобы увлечь слушателя... Все выступавшие признали Вашу книгу весьма интересной, очень нужной и ценной. Ею широко пользуются в своей практике преподаватели; они часто находят в ней новые интересные мысли, которые плодотворно преломляются в их практической деятельности».

Г. С. Горелик был одним из активнейших организаторов радиофизического факультета ГГУ, на котором руководил затем специальностью радиофизики и создал новый курс статистической радиофизики. Будучи членом Общества по распространению политических и научных знаний, он неоднократно читал популярные лекции на горьковских заводах, а в 1952—1953 гг. возглавлял городскую секцию Общества. Много сил он уделял научно-публицистической работе. Его статьи, посвященные жизни и творчеству наших крупнейших ученых — Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, А. А. Андропова, — как, впрочем, и все, что выходило из-под его пера, представляют собой подлинно художественные произведения. У него был настоящий литературный талант, свой особый отточенный стиль, умение облекать свои мысли в блестящую литературную форму.

В июне 1953 г. Г. С. Горелик был избран по конкурсу профессором, заведующим кафедрой общей физики Московского физико-технического института (МФТИ). К началу учебного года Министерство культуры переехало из ГГУ в МФТИ и он переехал из Горького в Москву. В скором времени он взял на себя помимо заведывания кафедрой также обязанности декана радиофизического факультета. Под руководством Г. С. Горелика в МФТИ вели научно-исследовательскую работу ассистент Н. Н. Колачевский и аспиранты С. М. Козел (эти двое переехали из Горького), Л. А. Пец и П. А. Перепелятник. Н. Н. Колачевский занимался исследованием шумов циклического перемагничивания ферромагнетиков, а С. М. Козел развил теорию модуляционного оптического интерферометра, предназначенного для измерения угловых диаметров звезд,

и довел его разработку до действующего макета. Эта работа составила кандидатскую диссертацию С. М. Козела, которую он с большим успехом защитил за два дня до смерти своего руководителя.

Кроме работы в МФТИ, Г. С. Горелик с самого основания Института радиотехники и электроники Академии наук СССР (ИРЭАН) был назначен членом Ученого совета Института (в декабре 1953 г.), а затем — заведующим организованной им лабораторией статистической радиофизики. Начался новый этап его деятельности.

Читая общую физику в МФТИ, Г. С. Горелик по-прежнему не ограничился повторением многократно продуманного курса. Всякий раз, когда он вновь приступал к чтению той или иной части курса общей физики, он фундаментально перерабатывал свои лекции. Так он поступал в Горьком и так же продолжал работать над лекциями в Москве. Здесь его особенно увлекли поиски нового подхода к разделу «Электричество», той части курса, прежние изложения которой наименее удовлетворяли его и требовали, по его мнению, радикального пересмотра. Эта большая работа отражена в имеющихся конспектах: из года в год (с 1954/55 по 1956/57 учебные годы) он подвергал раздел «Электричество» коренной переработке.

Г. С. Горелик считал принципиально неверным начинать изложение «Электричества» с электростатики, т. е. с вещей, наиболее далеких от повседневного опыта учащихся и отнюдь не более простых и понятных, чем поток электронов в вакууме. Вместе с тем, ему претила несколько делаящая манера, принятая в учебнике Р. Поля. В последнем своем варианте Г. С. Горелик формулировал задачу лекций по «Электричеству» следующим образом. Во-первых, они должны позволить слушателям осознать («пережить») открытие электромагнитного поля как революцию в естествознании. Во-вторых, они должны с самого начала вооружить студентов для работы в современной электрической лаборатории. Лекции начинаются с введения понятий напряжения и тока (для чего сразу же используется электронный осциллограф), далее следует естественный переход к изучению двухполюсников и их характеристик (импеданс и его элементы), анализ которых позволяет затем ввести понятия заряда и поля. Нет сомнения в том, что завершение работы над разделом «Электричество» привело бы Г. С. Горелика к новому, столь же оригинальному и яркому его изложению, как и то, которого он достиг для термодинамики, молекулярной физики, колебаний и оптики. Этот курс он собирался подготовить для печати и уже вел переговоры по этому поводу с Гостехиздатом.

Кроме чтения общего курса физики, Г. С. Горелик организовал для старшекурсников и аспирантов МФТИ семинар по статистической радиофизике, которым руководил в течение года.

К своим обязанностям декана Г. С. Горелик относился в высшей степени серьезно. Многочисленные текущие дела не заслоняли от него главных вопросов совершенствования организации радиофизического и радиотехнического факультетов МФТИ, привлечения в Институт крупных ученых, организации новых специальностей и кафедр, повышения уровня преподавания и методической работы. В короткий срок он завоевал глубокое уважение всего коллектива Института, который знал его и ранее как крупного ученого, но теперь увидел в нем одного из наиболее инициативных, принципиальных и преданных делу сотрудников.

На кафедре в МФТИ и в лаборатории ИРЭАН Г. С. Горелик принимал дальнейшие научные исследования, которые шли в прежнем интересовавшем его направлении, но расширились в отношении тематики.

Наряду с вопросами, связанными с флуктуациями в автоколебательных системах, он глубоко заинтересовался рассеянием волн на хаотиче-

ски движущихся неоднородностях, а в последнее время — автоколебательными системами с запаздывающей обратной связью, которые уже привлекали его внимание в прошлом. В разработке этих проблем актуальные задачи сегодняшнего дня тесно переплетаются с идеями, возникшими в процессе более ранних исследований.

Современная измерительная аппаратура, в том числе и, быть может, в первую очередь аппаратура радиотехническая все шире и чаще приближается к флуктуационному пределу чувствительности и точности. Этот принципиальный предел живо занимал Г. С. Горелика — не только потому, что его нахождение во многих случаях вскрывает еще имеющиеся большие возможности для дальнейшего совершенствования аппаратуры, но и потому, что с ним связаны границы применимости обычных определений, даваемых физическим величинам, в том числе длине и промежутку времени. Незадолго до смерти Г. С. Горелик начал писать для «Успехов физических наук» статью под названием «О флуктуационном пределе точности в хронометрии и интерферометрии», сама тема которой говорит о широком подходе к данному вопросу.

В принципе любая автоколебательная система может служить измерителем времени. В качестве часов может быть использован ламповый генератор электрических колебаний и в еще большей степени — гораздо более стабильный молекулярный генератор. Вопрос заключается именно в величине флуктуационного предела точности измерения, что выдвигает задачу выявления этого предела в реальной системе, не свободной от технических уходов, обусловленных медленными изменениями ее параметров. Остроумный метод И. Л. Берштейна, позволивший решить эту задачу для обычных ламповых генераторов и с успехом примененный В. С. Троицким и В. В. Хрулевым для измерения флуктуаций фазы клистрона, в отношении молекулярного генератора оказывается практически нереализуемым. Теоретический анализ вопроса, проведенный в лаборатории ИРЭАН, которой руководил Г. С. Горелик, позволил установить, что технические уходы не сказываются на «крыльях» спектральной линии генератора и что наиболее подходящим экспериментальным способом выявления флуктуационного предела, когда он очень мал, является сравнение двух независимых генераторов.

Другая особенность молекулярного генератора — его чрезвычайно малая мощность — делает актуальным вопрос о его использовании для стабилизации более мощной системы. Здесь было показано, что наилучшее решение дает метод автоподстройки мощного генератора на частоту молекулярного. Так как удовлетворительной трактовки флуктуаций частоты и амплитуды в системах с автоподстройкой не существовало, была развита соответствующая теория, учитывающая конечное время установления дискриминатора. Этот последний вопрос — о том, как преобразуются флуктуации амплитуды и фазы квазимонохроматического колебания при прохождении через резонансные системы — имеет и самостоятельный интерес. Его теория дана в одной из последних работ Г. С. Горелика, сделанной совместно с Г. А. Елкиным.

Сосредоточив внимание на статистических задачах радиофизики, Г. С. Горелик проявил и здесь свое мастерское владение колебательным подходом. Казалось бы, между флуктуациями в генераторе и рассеянием радиоволн на блуждающих неоднородностях нет ничего общего, если не говорить о радиотехническом происхождении обеих задач. Тем не менее, в первой же своей статье о рассеянии (1956 г.) Г. С. Горелик вскрыл далеко идущую аналогию между этими явлениями. Разумеется, этот момент не определяет основного значения названной статьи. Она явилась исходной для целого ряда исследований по теории рассеяния на хаоти-



чески движущихся дискретных неоднородностях (рассеивателях), выполненных Г. С. Гореликом и его сотрудниками и распыривших первоначальную (но ведущую) постановку вопроса в различных направлениях. Был рассмотрен случай наличия статистической связи между медленно меняющимися поступательными скоростями рассеивателей, выяснено влияние вращения рассеивателей, когда они обладают анизотропией, исследовано облучение не монохроматической волной, а сигналом, имеющим дискретный или сплошной спектр, в том числе облучение облака рассеивателей стационарным шумом. Наконец, была установлена связь между статистическими характеристиками рассеянного поля и теорией локальной турбулентности атмосферы. Здесь лежит одно из наиболее интересных приложений этого цикла теоретических работ, так как обращение указанной связи дает новый метод исследования атмосферной турбулентности.

Системы с запаздывающей обратной связью, играющие большую роль в ряде радиотехнических и иных устройств, рассматривались во многих работах, но при этом делались существенные упрощающие предположения. Допускалась линеаризация задачи или только слабая нелинейность (сюда относится и работа С. Г. Горелика в 1939 г.), при сильной нелинейности не учитывалась дисперсия в линейном звене или же время запаздывания считалось малым по сравнению с периодом. Общий случай сильно нелинейной системы, в которой может иметь место дисперсия, а время запаздывания велико по сравнению с временными постоянными линейного звена и играет поэтому существенную роль, хотя и подвергался рассмотрению в некоторых работах последнего времени, но с привлечением наводящих физических соображений. По инициативе Г. С. Горелика сотрудники его лаборатории приняли участие в работе, в которой для случая Z-характеристики нелинейного элемента было дано при помощи метода одного из соавторов (Ю. И. Неймарка) полное и строгое теоретическое решение задачи, а также проведены некоторые качественные эксперименты.

Трудно сказать, к чему могло бы привести в руках Г. С. Горелика дальнейшее развитие работ в этом направлении: его особая колебательная интуиция не раз приводила к неожиданным перспективам. Как еще одну иллюстрацию этого можно упомянуть следующий факт.

Заинтересовавшись в связи со сверхдальным распространением УКВ и рассеянием волн вопросами турбулентности, он принялся изучать ее теорию. В одной из бесед он заявил, что турбулентность с ее границей «самовозбуждения», с характерным гистерезисом ее возникновения и исчезновения при увеличении и уменьшении скорости порождающего потока, с первостепенной ролью нелинейности для ее развитого (стационарного) состояния — это автоколебания. Их специфика заключена в том, что это автоколебания в сплошной среде, т. е. в системе с чрезвычайно большим числом степеней свободы...

Г. С. Горелик всегда жадно ловил все новое, он до последнего дня был на передовых позициях быстро продвигающегося научного фронта. За несколько дней до своей гибели он выступил на Ученом совете ИРЭАН с горячим и ярко аргументированным призывом всемерно развивать работы по молекулярным усилителям.

Из числа других, многочисленных трудов Г. С. Горелика, выполненных сверх научных исследований и преподавания, должна быть отмечена обработка лекций Л. И. Мандельштама по колебаниям, завершенная в 1954 г.

За выдающиеся заслуги в области науки и преподавания Г. С. Горелик был награжден орденом «Знак почета» (1944 г.), медалью «За до-

блестный труд в Великой Отечественной войне» (1946 г.) и Орденом Трудового Красного Знамени (1951 г.), которым было отмечено двадцатилетие его работы в высшей школе.

Г. С. Горелик был широко образованным человеком, обладал разнообразными познаниями и интересами. В его научной деятельности и преподавании им всегда двигало горячее увлечение, заражавшее других и создававшее вокруг него настоящую научную атмосферу. Он умел учить, не поучая и воспитывать не морализируя. Он любил молодежь и она отвечала ему взаимностью. Его стремление к истине и честности не знали компромиссов ни в жизни, ни в науке. Фальшь, непорядочность вызывали у него органическое отвращение. Но, предъявляя высокие требования и к себе, и к другим, он всегда оставался чутким, заботливым и отзывчивым человеком.

Нелепая случайность унесла его в расцвете сил, в период новых интересных начинаний. Особенности его творчества, свежесть мысли, ясность и блеск изложения, в какой-то мере воспринятые его многочисленными учениками и близкими сотрудниками, должны быть ими продолжены и развиты как одна из лучших традиций советской физики.

#### СПИСОК РАБОТ Г. С. ГОРЕЛИКА \*)

##### 1931 г.

1. Исследование суперрегенеративного приемника (предв. сообщение, совместно с Г. Гинцом). Вестник Электротехники, № 8, 267 (1931).
2. Исследование генераторов дециметровых волн (коллективная работа за подписью «Коллектив дециметровых волн ВЭИ»). Вестник Электротехники, № 9, 297 (1931).
3. Über die Wirkung des Pendelrückkopplers совместно с Г. Гинцом). Zeitschr. für Hochfrequenztechnik, 38, 222 (1931).

##### 1932 г.

4. Исследование прерывистой генерации (совместно с В. Кузовкиным и Е. Секерской). Техника радио и слабого тока, № 11, 629 (1932).
5. Исследование суперрегенеративного приемника метровых волн (совместно с Г. Гинцом). Техника радио и слабого тока, № 12, 645 (1932).

##### 1933 г.

6. К теории суперрегенеративного приемника. ЖТФ 3, 110 (1933).
7. Колебания упругого маятника как пример двух параметрически связанных линейных систем (совместно с А. А. Виттом). ЖТФ 3, 294 (1933).
8. Résonance et stabilisation des électrons dans les tubes à vide. Phys. Zeitschr. der Sowjetunion, 4, 569 (1933).

##### 1934 г.

9. Резонансные явления в системах с периодически меняющимися параметрами, I, ЖТФ 4, 1783 (1934).

##### 1935 г.

10. Применение брауновской трубки к исследованию движения изображающей точки на плоскости переменных Ван-дер-Поля (совместно с Г. А. Бендриковым). ЖТФ 5, 620 (1935).
11. Резонансные явления в системах с периодически меняющимися параметрами, II, ЖТФ 5, 195 (1935).
12. Резонансные явления в системах с периодически меняющимися параметрами, III, ЖТФ 5, 489 (1935).
13. Phénomènes de résonance dans les systèmes linéaires à paramètres périodiques. Techn. Phys. USSR 2, 135 (1935).
14. О параметрической связи между стоячими акустическими волнами. ЖТФ 5, 1436 (1935). (Перевод на франц. язык в Techn. Phys. USSR 2, 248 (1935).)

\*) В этот список не включены статьи в реферативных журналах и энциклопедиях, популярные статьи, переводы, редактирование и т. д.

## 1936 г.

15. Новые исследования в области нелинейных колебаний. М., Гос. изд-во по вопр. радио, 1936, 96 стр. (совместно с Л. И. Мандельштамом, Н. Д. Папалекси, А. А. Андроновым, А. А. Виттом и С. Э. Хайкиным).

## 1938 г.

16. Колебания нелинейных систем, близких к линейным системам с периодически меняющимися параметрами. ЖТФ 8, 435 (1938). [Перевод на франц. язык в Techn. Phys. USSR 5, 320 (1938).]

## 1939 г.

17. Линейные резонансные явления в суперрегенеративном приемнике. Электро-связь, № 6, 29 (1939).  
18. К теории запаздывающей обратной связи. ЖТФ 9, 450 (1939). [Перевод на франц. язык в Journ. of Phys. USSR 1, 465 (1939).]

## 1941 г.

19. Возможна ли острая фазовая селекция? ЖТФ 11, 69 (1941). [Перевод на франц. язык в Journ. of Phys. USSR 4, 57 (1941).]  
20. Инерционные и неинерционные системы отсчета в механике (совместно с А. Г. Любиной). Изд. ГГУ, 1941.  
21. Лекция по оптике (совместно с А. Г. Любиной). Изд. ГГУ, 1941.

## 1944 г.

22. О поперечной магнитной проницаемости. ДАН СССР 43, 204 (1944).  
23. О некоторых нелинейных явлениях, происходящих при суперпозиции взаимно перпендикулярных магнитных полей. Изв. АН СССР (серия физич.) 8, 172 (1944).  
24. Об изменении кривых продольного намагничивания ферромагнитной проволоки под действием текущего по ней постоянного тока (совместно с К. А. Горюхиной и И. С. Жуковой). ДАН СССР 44, 257 (1944).

## 1945 г.

25. Экспериментальное исследование импеданса ферромагнитных проволок (совместно с И. Л. Берштейном, Г. Н. Кутейниковым, А. Г. Любиной, К. А. Горюхиной и И. С. Жуковой). ЖТФ 15, 505 (1945).  
26. О резонансных явлениях при движении релятивистской частицы в циклотроне (совместно с А. А. Андроновым). ДАН СССР 49, 664 (1945). [Краткое изложение на франц. языке в С. R. 221, 696 (1946).]  
27. Автоколебания простейшей схемы, содержащей автоматический винт изменения шага (совместно с А. А. Андроновым и Н. Н. Баутиным). ДАН СССР 47, 265 (1945).  
28. Л. И. Мандельштам и учение о резонансе. Изв. АН СССР (серия физич.) 9, 61 (1945).

## 1946 г.

29. Об одном возможном методе исследования быстроты обмена энергией между степенями свободы молекул газа. ДАН СССР 54, 783 (1946).  
30. Теория нецелого регулирования при учете кулоновского трения в чувствительном элементе (совместно с А. А. Андроновым и Н. Н. Баутиным). Автоматика и Телемеханика 7, 15 (1946).

## 1947 г.

31. О возможности малоинерционного фотометрирования и демодуляционного анализа света. ДАН СССР 58, 45 (1947).  
32. Л. И. Мандельштам и преподавание физики. Изв. АН СССР (серия физич.) 10, 135 (1947).  
33. Радиофизика и теория автоматического регулирования. Изв. АН СССР (серия физич.) 11, 103 (1947).  
34. Некоторые исследования в области теории нелинейных колебаний, проведенные в СССР, начиная с 1935 г. (совместно с Н. Д. Папалекси, А. А. Андроновым и С. М. Рытовым). УФН 33, 335 (1947).

## 1948 г.

35. Несколько замечаний о стиле научного творчества Н. Д. Папалекси. Изв. АН СССР (серия физич.) 12, 22 (1948).  
36. О демодуляционном анализе света. УФН 34, 321 (1948).  
37. Интерференция, диффракция, спектральное разложение в оптике и радио. УФН 36, 407 (1948).  
38. Дополнение к статье Н. Д. Папалекси «Леонид Исаакович Мандельштам (краткий очерк жизни и научной деятельности)» (совместно с Г. С. Ланде-

бергом, М. А. Леонтовичем, С. М. Рытовым и И. Е. Таммом). Полное собр. трудов Л. И. Мандельштама, т. I, Изд-во АН СССР, 1948.

39. Термодинамика и молекулярная физика. Часть «Курса физики» под ред. Н. Д. Папалекси, т. I, Гостехиздат, 1948.

#### 1949 г.

40. О трактовке первого начала термодинамики. Вестн. Высш. школы, № 1, 21 (1949).

#### 1950 г.

41. К вопросу о технической и естественной ширине линии лампового генератора. ЖЭТФ 20, 351 (1950).
42. О некоторых магнитных спектрах преобразования. Изв. АН СССР (серия физич.) 14, 174 (1950).
43. Нелинейные колебания, интерференция и флуктуации. Изв. АН СССР (серия физич.) 14, 187 (1950).
44. Отчет ГИФТИ за 1950 г. (совместно с группой сотрудников).
45. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику, Гостехиздат, 1950, стр. 551.

#### 1951 г.

46. Некоторые применения второго закона термодинамики к электрическим флуктуациям. УФН 44, 34 (1951).
47. О научных работах академика А. А. Андропова. Автоматика и Телемеханика 12, 195 (1951).

#### 1952 г.

48. О применении модуляционного метода в оптической интерферометрии. ДАН СССР 83, 549 (1952).
49. Исследование колебаний, весьма малых по сравнению с длиной световой волны, посредством гармонического анализа модулированной интерференционной картины (совместно с И. Я. Брусиным и С. А. Пиковским). ДАН СССР 83, 553 (1952).
50. К теории звездного интерферометра Майкельсона (совместно с И. Л. Берштейном). ДАН СССР 86, 47 (1952).
51. Отчет ГИФТИ за 1952 г. (совместно с группой сотрудников).

#### 1953 г.

52. Памяти А. А. Андропова. УФН 49, 449 (1953).
53. Работы академика А. А. Андропова по теории автоматического регулирования. Доклад на Всесоюзном совещании по теории автом. регулирования. (Опубликовано в сборнике трудов Совещания, т. I, Изд-во АН СССР, 1955.)

#### 1954 г.

54. Статистические явления в ламповом генераторе. Доклад, прочитанный на секции общей радиотехники О-ва имени А. С. Попова (рукопись, 1954).

#### 1955 г.

55. Некоторые микрофазометрические методы в радиофизике и оптике. Измер. техника, № 3, 10 (1955).
56. Жизнь и труды А. А. Андропова. Сборник статей памяти А. А. Андропова, Изд-во АН СССР, 1955, стр. 3—19.
57. Л. И. Мандельштам. Лекции по колебаниям (обработка записей лекций). Изд-во АН СССР, 1955.

#### 1956 г.

58. К теории рассеяния радиоволн на блуждающих неоднородностях. Радиотехника и электроника 1, 695 (1956).
59. Гетеродинирование света (совместно с С. И. Боровицким). УФН 59, 543 (1956).
60. О рассеянии немонохроматического излучения на блуждающих неоднородностях (совместно с М. Ю. Гаджиевым и М. И. Родак). Отчет ИРЭАН, 1956.

#### 1957 г.

61. О преобразовании флуктуаций амплитуды и фазы автоколебаний резонансными системами (совместно с Г. А. Елкиным). Радиотехника и электроника 2, 28 (1957).
62. Frequency Modulation Noise in Oscillators (совместно с И. Л. Берштейном). Pr. Inst. Rad. Eng. 45, 94 (1957).
63. О влиянии корреляции скоростей рассеивателей на статистические свойства рассеянного излучения. Радиотехника и электроника (в печати).
64. О флуктуациях фазы и амплитуды в автоколебательных системах (теория и методы измерения) (совместно с Г. А. Елкиным). Доклад к XII генеральной Ассамблее URSI (рукопись).