

РАДИОФИЗИКА И ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ В ГОРЬКОМ ЗА 50 ЛЕТ

Предлагаемый вниманию читателей обзор исследований в области радиофизики и теории колебаний, выполненных в Горьком (Нижнем Новгороде) в течение пятидесяти лет существования Советского государства, может послужить полезным дополнением к помещенным выше обзорам. Его опубликование, как нам представляется, оправдано тем значением, которое получил в истории советской радиотехники и радиофизики Горький, ставший за годы советской власти одним из крупнейших научных центров нашей страны.

История научной работы в области радиофизики, теории колебаний и теории автоматического регулирования в Горьком естественно распадается на период, связанный с деятельностью Нижегородской радиолaborатории им. В. И. Ленина (1918—1928 гг.), и период, начало которому было положено в 1931 г. переездом в Горький А. А. Андропова. Во втором периоде работа в указанных выше областях науки велась, главным образом, в Горьковском университете и его исследовательских институтах (ГИФТИ, НИРФИ, НИИ ПМК)*. Несмотря на то, что после перевода в 1928 г. Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) в Ленинград научная работа в области радиофизики в Горьком фактически прервалась, оба периода нельзя считать полностью обособленными. В Горьком была создана радиопромышленность, осталась отраслевая радиолaborатория и в ней часть работников НРЛ, а среди учащейся молодежи сохранился живой интерес к электронике и радиотехнике.

1. РАДИОФИЗИКА И ФИЗИКА КОЛЕБАНИЙ В НРЛ

В работах НРЛ принимали участие выдающиеся радиоспециалисты, и, естественно, при решении вставших перед НРЛ радиотехнических задач было выполнено немало исследований, которые по современной терминологии следует отнести к радиофизике**.

Прежде всего следует отметить работы по теории электронных ламп (М. А. Бонч-Бруевич) — центральной проблеме электроники начала 20-х годов. Эти работы, выполненные в условиях полной научной блокады нашего государства в 1918—19 гг., послужили основой разработки и серийного производства как приемных ламп, которыми уже в начале 1919 г. НРЛ снабжала советские радиостанции, так и генераторных ламп, вначале с естественным, а затем и с принудительным водяным охлаждением анода. Сравнение теории М. А. Бонч-Бруевича с разработанной одновременно за рубежом теорией Баркгаузена, ставшее возможным в 1921 г. после получения иностранных журналов, показало их эквивалентность.

Заслуги НРЛ в разработке и строительстве мощных длинноволновых радиостанций общеизвестны. Первые систематические исследования по применению в радиосвязи коротких волн также принадлежат НРЛ.

* Горьковский научно-исследовательский физико-технический институт, научно-исследовательский радиофизический институт, научно-исследовательский институт прикладной математики и кибернетики.

** Нижегородской лаборатории посвящен ряд книг (см., например, [1]).

В НРЛ были выполнены фундаментальные работы по теории антенн М. А. Бонч-Бруевича, В. В. Татарина и Д. А. Рожанского, а также первые работы А. А. Пистолькорса, применившего для расчета сопровращения излучения сложных коротковолновых антенн метод наведенных ЭДС. Впервые широко использовался метод экспериментального исследования антенных систем на моделях; были разработаны сложные антенны направленного действия и выяснены некоторые особенности дневного и ночного распространения коротких волн. В результате этих работ страна получила надежную радиосвязь на коротких волнах.

Из других радиофизических работ НРЛ следует отметить работы по незатухающим колебаниям в связанных контурах (В. В. Татарин) и электронной осциллографии (Д. А. Рожанский, Б. А. Остроумов). В осциллографах НРЛ применялся оксидный точечный катод, вместо фигур Лиссажу — наблюдение осциллограмм с помощью временной развертки, вместо фазовой фокусировки — фокусировка магнитным полем. Осциллографы НРЛ, таким образом, значительно приближались к современным. Несколько особняком стояли вызвавшие в свое время большой интерес работы О. В. Лосева по исследованию кристаллических детекторов или, по современной терминологии, полупроводниковых кристаллических диодов с точечными контактами. О. В. Лосев обнаружил падающие участки на вольт-амперных характеристиках детекторов и построил на этой основе гетеродин на кристалле («генерирующий кристалл»). Схемы, разработанные О. В. Лосевым, получили широкую известность во всем мире. О. В. Лосев обнаружил также один из видов электролюминесценции, а именно, свечение люминофора на контакте с проводником, подводящим ток.

Невозможно переоценить значение журналов «Телеграфия и телефония без проводов» (ТИТБП) и «Радиотехник», издававшихся НРЛ в 1918—25 гг. (редактор В. К. Лебединский). Долгое время ТИТБП была единственным систематически выходящим научным журналом в нашей стране. Большое внимание в НРЛ уделялось подготовке научных кадров. Ученые НРЛ охотно работали со студентами-практикантами и начинающими молодыми радиолюбителями. Ведущие работники НРЛ (В. К. Лебединский, М. А. Бонч-Бруевич, В. В. Татарин, В. П. Вологдин) вели преподавательскую работу в Нижегородском университете. Многие известные радиоспециалисты начинали свою деятельность в НРЛ (В. А. Котельников, А. А. Пистолькорс, Д. Е. Маляров, О. В. Лосев, А. М. Кугушев и др.).

2. РАДИОФИЗИКА И ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ В ГОРЬКОМ В 1931—67 гг.

Начиная с 1931 г. развитие радиофизики в Горьком (Нижем Новгороде) неразрывно связано с Горьковским государственным университетом. В 1931 г. А. А. Андронов, В. И. Гапонов, М. Т. Грехова, Е. А. Лептович (а несколько позже, в 1937 г., Г. С. Горелик), выразившие желание переехать в Горький, были направлены Народным Комиссариатом Просвещения на работу в Горьковский государственный университет. Работа этих ученых — и как организаторов преподавания на физико-математическом факультете ГГУ, и как ведущих научных работников переданного ГГУ физико-технического института (ГИФТИ) — стимулировала быстрое развитие тех научных направлений, которые впоследствии легли в основу Горьковской радиофизической школы: теории колебаний, статистической радиофизики, физики сверхвысоких частот (электродинамики и электроники СВЧ). Особенно большое влияние на развитие горьковской радиофизики оказал А. А. Андронов — не только благодаря своим работам в области теории автоколебаний, имевшим фундаментальное значение для многих проблем радиофизики,

но также благодаря высокой требовательности к уровню научной работы и постоянному вниманию к подготовке научных кадров.

Чрезвычайно важным обстоятельством, немало способствовавшим развитию радиофизики в Горьком, было наличие тесных связей горьковских радиофизиков с ведущими учеными Москвы и Ленинграда. А. А. Андронов и Г. С. Горелик, окончившие аспирантуру у Л. И. Мандельштама, были тесно связаны с физиками мандельштамовской школы. М. Т. Грехова сохранила близкие связи с Б. А. Введенским, с физиками школы Д. А. Рожанского. Эти контакты поддерживали уровень научной жизни университета и оказались очень полезными, когда в 1945 г. по инициативе А. А. Андронова, М. Т. Греховой и Г. С. Горелика в ГГУ был организован первый в СССР радиофизический факультет. В первые годы после организации факультета в его работе наряду с горьковчанами (А. А. Андроновым, Г. С. Гореликом, М. Т. Греховой, А. Г. Майером, В. И. Гапоновым и проживавшим тогда в Горьком М. Л. Левиным) самое деятельное участие принимали москвичи — профессор В. Л. Гинзбург, С. М. Рытов и Е. Л. Фейнберг. Тогда впервые было определено «основное содержание» радиофизического образования, разработаны новые учебные планы, прочитаны новые оригинальные курсы. Стоит напомнить, например, что именно на радиофизическом факультете Г. С. Горелик создавал курс, составивший в дальнейшем основу его замечательной книги «Колесания и волны», что на основе прочитанных на факультете курсов написаны книги В. Л. Гинзбурга «Распространение радиоволн в ионосфере» и Е. Л. Фейнберга «Распространение радиоволн вдоль поверхности Земли».

Особенно большое значение имело руководящее участие в работах по радиоастрономии и распространению радиоволн В. Л. Гинзбурга, сохранившего тесные связи с Горьким до настоящего времени. Многие из горьковчан-радиофизиков являются учениками В. Л. Гинзбурга.

Организация радиофакультета и поддержка его ведущими радио-специалистами страны подготовили новый этап в развитии горьковской радиофизики. На этом этапе был организован (в 1956 г.) научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ), а в 1964—65 гг. — факультет вычислительной математики и кибернетики ГГУ и научно-исследовательский институт прикладной математики и кибернетики (НИИ ПМК).

Немалое значение для развития научной работы имело начавшееся в 1958 г. издание в Горьком журнала Министерства Высшего Образования «Радиофизика» (отв. редактор В. Л. Гинзбург, зам. отв. редактора В. И. Гапонов).

3. РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ТЕОРИИ КОЛЕБАНИЙ И ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Изучение генерирования колебаний в типичных механических (часы) и радиотехнических (ламповый генератор) системах позволили А. А. Андронову выяснить основные особенности генераторов незатухающих колебаний и привели к созданию нового раздела нелинейной теории колебаний — теории автоколебательных систем. А. А. Андронов дал строгое математическое определение автоколебаний, указав на их связь с предельными циклами Пуанкаре (сам термин «автоколебания» предложен Андроновым), привлек к решению проблем теории колебаний аппарат качественной теории дифференциальных уравнений и общую теорию устойчивости движения, разработанную А. М. Ляпуновым. Необходимо отметить, что А. А. Андронов не ограничился применением уже имевшегося математического аппарата к проблемам теории авто-

колебаний. Многие его идеи привели к существенно новым результатам в качественной теории дифференциальных уравнений. В качестве примера можно привести разработанную им совместно с Л. С. Понтрягиным теорию грубых систем [2], а также работы по эволюции качественной структуры фазового пространства при непрерывном изменении параметров дифференциальных уравнений (теория бифуркаций), выполненные совместно с Е. А. Леонтович и А. Г. Майером.

Качественная теория, а также количественные методы, разработанные А. А. Андроновым сначала с А. А. Виттом, а затем с сотрудниками и учениками (А. Г. Майером, Н. Н. Баутиным, Ю. И. Неймарком, Н. А. Железцовым): метод точечных преобразований, новые методы исследования устойчивости, метод малого параметра (использованный ранее Пуанкаре в задачах небесной механики), позволили по-новому подойти к рассмотрению ряда конкретных задач и явлений, имевших принципиальное значение для радиофизики [3]. Важные результаты были получены в теории разрывных колебаний [4] при исследовании захватывания генератора внешним сигналом и затягивания частоты в генераторе с двумя контурами [5], в задаче о мягком и жестком самовозбуждении автогенератора [6].

Итоги исследований по теории автоколебательных систем дали основой материал для вышедшей в 1937 г. фундаментальной монографии А. А. Андропова, А. А. Витта, С. Э. Хайкина «Теория колебаний», во многом определившей высокую «колебательную культуру» советской радиофизики*.

В послевоенные годы развитие теории колебаний было связано, в основном, с проблемами автоматического регулирования и общей динамики машин, хотя некоторые из проведенных исследований, например, в области теории разрывных колебаний и по теории фазовой автоподстройки, имели непосредственную «радиофизическую» направленность. После смерти А. А. Андропова (в 1952 г.) работы в области теории колебаний и качественной теории дифференциальных уравнений проводились, в основном, в теоретическом отделе ГИФТИ, впоследствии — во вновь организованном при ГГУ институте прикладной математики и кибернетики (НИИ ПМК), а также в вычислительном центре и лаборатории динамики ГИФТИ, на факультете вычислительной математики и кибернетики, на кафедре теории колебаний ГГУ и на кафедре математики ГИИВТ.

Остановимся коротко на основных научных результатах, полученных школой А. А. Андропова в области теории колебаний и теории автоматического регулирования, главным образом, в последние 15—20 лет.

а) В области качественной теории дифференциальных уравнений. Разработана теория «грубых» динамических систем второго порядка с плоской и цилиндрической фазовыми поверхностями. Изучены основные типы бифуркаций и общая структура разбиения фазовой поверхности на траектории (А. А. Андронов, Е. А. Леонтович, А. Г. Майер) [7]. Эти работы явились математической основой теории нелинейных колебаний автономных систем второго порядка и были использованы при решении ряда прикладных задач [8]. Выяснены бифуркации и структуры окрестностей сложных состояний равновесия и периодических движений многомерных динамических систем [9].

б) В области теории устойчивости. Разработан общий метод исследования устойчивости линеаризованных дискретных и распределенных систем, который под названием метода *D*-разбиения широко используется в теории автоматического регулирования (Ю. И. Неймарк) [10].

* В первом издании «Теории колебаний» А. А. Витт, погибший в 1937 г. и впоследствии реабилитированный, не был указан в числе авторов.

Этот метод позволил решить ряд сложных и практически важных задач устойчивости (о влиянии гидравлического удара на устойчивость регулирования гидротурбин [11], об условиях самовозбуждения поющего пламени [12], устойчивости процессов резания металла [13], устойчивости технических систем с качением и др.) [14]. Рассмотрено поведение динамических систем вблизи границ области устойчивости и введено понятие опасных и безопасных границ [15].

Обоснована сводимость исследования устойчивости нелинейных распределенных систем к исследованию корней характеристического уравнения соответствующих линеаризованных уравнений [16]. Проведен цикл работ по приложению методов теории колебаний к расчету сложных энергетических установок. Рассмотрена динамика и, в частности, вопросы устойчивости «в малом» и «в большом» ряда математических моделей энергетических систем и их узлов; так, например, рассмотрены динамика кипящих каналов, устойчивость параллельной работы циркуляционных насосов, динамика энергетических установок с естественной циркуляцией теплоносителя [17]. На основе метода В. М. Попова установлены достаточные условия абсолютной устойчивости динамических систем с нелинейностью типа люфта [18], нелинейных систем с модуляцией [19], достаточные условия стохастической устойчивости [20], рассмотрены некоторые вопросы теории следящих систем на переменном токе [21].

в) *В области изучения нелинейных колебательных явлений.* В работах А. А. Андропова и А. А. Витта методами малого параметра и качественной теории дифференциальных уравнений изучены основные нелинейные колебательные явления («мягкое» и «жесткое» возбуждение автоколебаний, «затягивание» и «захватывание» и др.). В этих же работах метод малого параметра Пуанкаре был соединен с теорией устойчивости Ляпунова, а к исследованию «укороченных» уравнений Ван-дер-Поля была привлечена качественная теория дифференциальных уравнений. Рассмотрены также задачи об автоколебаниях связанных генераторов (А. Г. Майер) [22], об автоколебаниях цефеид [23], задача Зоммерфельда [24] и другие [25].

г) *В области теории «разрывных» колебаний.* Созданы адекватные математические модели динамики систем с разрывными колебаниями в виде дифференциальных уравнений с малыми параметрами при старших производных. В фазовом пространстве таких систем выделены подпространства «медленных» и «быстрых» движений и разработаны приближенные методы исследования их динамики [4]. Продолжением этих работ явился цикл математических работ Л. С. Понтрягина, Е. Ф. Мищенко и ряда других московских математиков. На основе этих исследований проведено изучение динамики ряда систем с «разрывными» колебаниями, применяемых в радиотехнике и в цифровых вычислительных машинах [26], изучение динамики некоторых энергетических систем и их узлов [27] и динамики некоторых неголомомных систем [28]. Установлена связь между структурой в большом фазовом пространстве динамических систем с малым параметром при производной и бифуркациями быстрых движений [29].

д) *В области теории точечных отображений и динамики многомерных систем.* А. А. Андроновым, Н. Н. Баутиным и А. Г. Майером создан новый метод исследования нелинейных колебательных систем — метод точечных отображений, позволивший им полностью рассмотреть ряд основных кусочно-линейных задач теории автоматического регулирования и теории колебаний: задачу Вышнеградского, задачу Мизеса [30], задачу об автопилоте [31] и др. Этим методом были также решены классические нелинейные задачи о непрямом регулировании [32], ряд за-

дач динамики часов [33], задача об осцилляторе с комбинированным трением [34], ряд задач по виброзащитке и вибровыдерживанию и по системам с ударным взаимодействием [35], по теории нелинейных демпферов [36], по экстремальному регулированию [37], по теории релейных систем [38]. Методом точечных отображений были рассмотрены также система двухпозиционного регулирования температуры с временным запаздыванием [39], разрывные точечные преобразования прямой в прямую [40], системы с неустойчивым объектом [41], была решена задача об электромагнитном прерывателе [42], некоторые задачи массового обслуживания [43] и др.

Дана дальнейшая разработка метода точечных отображений [44]. На основе изучения бифуркаций периодических движений и состояний равновесия многомерных динамических систем [45] выяснены некоторые особенности таких систем, изучены интегральные многообразия [29] и дана новая трактовка методов малого параметра и усреднения [46], изучена структура окрестности гомоклинической кривой [47].

4. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАДИОФИЗИКИ

А. Статистическая радиофизика и радиофизические методы исследования вещества и излучения

Первые исследования в области статистической радиофизики в Горьком связаны с именем А. А. Андропова. Еще в 1933 г. А. А. Андронов, А. А. Витт и Л. С. Понтрягин исследовали некоторые вопросы, связанные с влиянием случайных толчков на поведение неконсервативной динамической системы, и, в частности, рассмотрели обусловленные флуктуациями случайные переходы системы из одного состояния в другое.

В 1937—52 гг. исследования по статистической радиофизике, а также работы по применению радиофизических методов для исследования вещества и излучения возглавлял Г. С. Горелик. В работах Г. С. Горелика были введены понятия естественной и технической ширины линии генератора [48]. В 1947 г. Г. С. Гореликом был предложен метод демодуляции света [49], получивший впоследствии применение для анализа лазерного излучения. И. Л. Берштейн, обратившийся к исследованию флуктуаций в автоколебательных системах по предложению А. А. Андропова, вычислил естественную ширину спектральной линии генератора [50]. Позже им были рассмотрены флуктуации в клистронных и параметрических генераторах, системах автоподстройки частоты [51] и, в последнее время, в лазерах [52]. И. Л. Берштейном был разработан интерференционный метод наблюдения малых изменений фазы, позволивший измерить естественные флуктуации частоты лампового генератора [53]. Эти работы были в 1950 г. отмечены АН СССР премией им. Л. И. Мандельштама. Интерференционный метод был использован для воспроизведения на радиоволнах опыта, аналогичного известному в оптике опыту Саньяка [54]. Обобщение метода наблюдения изменений фазы на оптику дало возможность измерять механические колебания порядка малых долей ангстрема [55], а также существенно повысить разрешающую способность оптических приборов [56]. Впоследствии в продолжение этих работ был дан теоретический анализ методов измерения флуктуаций частоты автогенераторов и рассмотрено влияние фликкерного шума на флуктуации в автогенераторах [57].

Были проведены теоретические и экспериментальные исследования статистических процессов при перемагничивании ферромагнетиков и пе-

реполяризации сегнетоэлектриков [58] и в системах с периодически меняющимися параметрами [59]. На основе принципа, названного Г. С. Гореликом модуляционным методом приема, был построен радиометр, с которым были выполнены первые в нашей стране радиоастрономические наблюдения в сантиметровом диапазоне. Теоретические и экспериментальные исследования модуляционного метода приема позволили разработать радиоастрономическую аппаратуру, получившую широкое применение [60].

Теоретическое рассмотрение формы и ширины спектральной линии генератора, обладающего коррелированными флуктуациями амплитуды и частоты, проведено в работах [61], где показано, что существование фликкерных флуктуаций в генераторах приводит к нестационарности формы и ширины спектральной линии. Исследованы технические флуктуации в различных генераторах, обнаружен эффект параметрического уширения линии генератора, разработана методика исследования флуктуаций в многоконтурных генераторах и изучены флуктуации, сопровождающие взаимную синхронизацию генераторов с шумами [62].

Дан теоретический и экспериментальный анализ флуктуаций в клистронных генераторах и впервые проведено экспериментальное и строгое теоретическое исследование флуктуаций в магнетронных генераторах [63]; флуктуационным явлениям в молекулярных генераторах посвящены работы [64]. Исследования естественных флуктуаций интенсивности газовых лазеров отражены в работе [65].

В работах [66] был разработан радиофизический метод анализа дисперсии звука с использованием закономерностей модулированных колебаний и применен модуляционный метод для изучения малых нелинейных эффектов при распространении звуковых волн. Были развиты также методы спектрального и корреляционного анализа случайных процессов в диапазоне низких частот, позволившие производить статистическую обработку входящих сигналов со скоростью поступления информации, построены действующие лабораторные макеты приборов и поставлены опыты по применению спектрального и корреляционного анализа для исследования статистических процессов при вибрациях различных механизмов [67]. Новые методы одновременного анализа спектра с использованием линий с дисперсией были разработаны и осуществлены в работах [68].

Проведены исследование распространения волн в неоднородных (как регулярных, так и нерегулярных) средах, исследование излучения зарядов в неоднородных средах, исследование статистических свойств флуктуаций параметров волн и влияния флуктуаций на работу принимающих устройств [69]. Квантовый теории информации посвящены работы [70].

В заключение настоящего раздела остановимся кратко на работах по исследованию помехоустойчивости радиоприема, начатых в Горьком в конце сороковых годов под руководством Д. В. Агеева и ведущихся в настоящее время в Горьковском политехническом институте и НИРФИ.

Была создана теория приема радиосигналов с частотной модуляцией на следящий фильтр. Предложены и исследованы различные методы приема сигналов в условиях импульсных помех. Разработаны вопросы повышения помехоустойчивости радиолокационных приемных систем с помощью оптимальных фильтров и накопителей импульсных сигналов. Предложен и разработан ряд радиотехнических методов защиты проводных систем связи от активных помех. Созданные на основе этих исследований макеты помехоподавляющих устройств испытаны с положительным эффектом на действующих магистралях связи. Выполнены

исследования по разделению некоторых видов сигналов с перекрывающимися спектрами и защите каналов радиосвязи от внеполосных излучений радиопередающих устройств [71].

Б. Распространение радиоволн и радиоастрономия

Исследования распространения коротких радиоволн в ионосфере, прерванные после переезда НРЛ из Горького, были возобновлены по инициативе А. П. Скибарко в конце 30-х годов. В 1940—43 гг. был разработан метод расчета поглощения коротких волн в различных слоях ионосферы, нашедший себе применение в военные годы [72]. М. М. Кобриным были проведены наблюдения радиоионизлучения, возникающего при горении и взрывах.

К начальному этапу этого нового направления (изучению распространения радиоволн и радиоастрономии), ставшего одним из основных научных направлений радиофизики в Горьком, относятся уже упомянутые выше работы по созданию радиометрических приемников для приема слабых сигналов на фоне помех [73], на основе которых была разработана радиоастрономическая аппаратура для различных диапазонов волн. Экспериментальные работы по радиоастрономии в Горьком были начаты Г. С. Гореликом и В. С. Троицким [74]. Велись работы по созданию радиоастрономической аппаратуры и наблюдению радиоизлучения Солнца, Луны, дискретных источников. Для этих работ была основана загородная лаборатория в Зименках. Обширные исследования в области физики ионосферы, распространения радиоволн и радиоастрономии еще до организации НИРФИ проводились под руководством В. Л. Гинзбурга. В частности, были выполнены исследования нелинейных явлений в ионосфере [75], поведения радиоволн вблизи точки отражения [76], распространения импульсов в плазме [77]. Была развита теория синхротронного (магнитотормозного) космического радиоизлучения и происхождения космических лучей, рассмотрены частотный спектр и поляризация синхротронного излучения [78]. Линейная поляризация космического радиоизлучения впервые была обнаружена экспериментально в 1955 г. [79].

Работы по радиоастрономии и распространению радиоволн, выполненные в НИРФИ, можно разделить на две группы.

а) *Радиоастрономия и некоторые вопросы физики космоса.* Предложен механизм и разработана теория пульсационной звездной переменности, позволяющая понять причины и характер колебаний цефеид и ряда других переменных звезд. Эти работы удостоены в 1965 г. премии АН СССР им. Бредихина (С. А. Жевакин).

Проведены исследования частотного спектра и поляризации космического радиоизлучения, а также прецизионные измерения потока радиоизлучения от некоторых дискретных источников.

Исследован и обоснован синхротронный механизм распределенного космического радиоизлучения; заложены основы теории происхождения космических лучей в тесной связи с проблемой генерации нетеплового космического радиоизлучения [80]. Важные результаты, полученные в этой области, отражены в монографии [81].

В НИРФИ ведутся экспериментальные исследования солнечного радиоизлучения в широком диапазоне от миллиметровых волн до волн длиной в десятки метров [82] и по программе «службы Солнца» [83].

Выполнены исследования условий генерации и распространения радиоизлучения в солнечной короне, позволившие заложить основы теории происхождения спорадического солнечного радиоизлучения [84]. Эти исследования основываются на результатах работ [85], посвященных из-

лучению заряженных частиц и гирорезонансному поглощению в магнитоактивной плазме, а также неустойчивости волн в неравновесной плазме и их трансформации в радиоизлучение. Проведенные в НИРФИ исследования по теории солнечного радиоизлучения и связанным с ней проблемам физики плазмы отражены в монографии В. В. Железнякова [86].

Исследованиями межзвездной среды и атмосфер звезд, а также некоторыми более общими вопросами физики плазмы и магнитогидродинамики (турбулентность, конвекция, ударные волны, нестационарная теория переноса) занимался С. А. Каплан со своими сотрудниками. Значительная часть полученных ими результатов изложена (суммирована) в монографиях [87].

Проведены радиолокационные исследования Луны [88]. Выполнен широкий цикл работ по изучению собственного радиоизлучения Луны. На основе экспериментального изучения радиоизлучения Луны, выполненного методом «искусственной Луны» (который обладает высокой точностью абсолютных измерений потока радиоизлучения), определен тепловой режим верхнего покрова Луны, его тепловые, электрические и механические свойства и структура. Обнаружен и измерен поток тепла из недр Луны [89].

Разработаны радиоастрономические методы экспериментального исследования антенн, получившие широкое применение в радиотехнике [90].

Рассмотрена проблема неустойчивости радиационных поясов Земли и развита теория связанной с этой неустойчивостью генерации ультранизкочастотного излучения в магнитосфере Земли [91].

б) *Физика тропосферы, ионосферы и распространение радиоволн.* С помощью метода вертикального зондирования, радиоастрономических методов, а также путем приема сигналов искусственных спутников Земли получены новые данные о распределении электронной концентрации в ионосфере и об ионосферных неоднородностях электронной концентрации. Детально исследовано с помощью различных методов ионосферное поглощение радиоволн. Установлены зависимости интегрального ионосферного поглощения радиоволн от различных геофизических параметров и солнечной активности [92].

Выполнены работы по проведению международной экспериментальной радиосвязи на частоте 162,4 МГц между английской радиоастрономической обсерваторией Джодрэл-Бэнк и полигоном НИРФИ в Зименках с использованием пассивного американского ИСЗ «Эхо-II» и Луны. Работа проводилась в соответствии с международным соглашением по мирному использованию космоса. Получены данные, позволяющие предсказать работу различных средств связи в УКВ диапазонах и на других волнах при сверхдальней радиосвязи с использованием Луны и пассивных ретрансляторов типа «Эхо» (группа сотрудников НИРФИ под руководством Г. Г. Гетманцева).

Удалось обнаружить совершенно новое явление — спорадическое радиоизлучение верхней ионосферы Земли, родственное спорадическому радиоизлучению Солнца и Юпитера. Можно полагать, что это излучение происходит благодаря возмущению ионосферы электронными потоками радиационных поясов, и его исследование представляет существенный интерес для геофизики и дает начало новой области радиоастрономии [93].

Завершен цикл теоретических исследований по динамике ионосферных неоднородностей и особенностям распространения радиоволн в неоднородной среде [94].

Проведено экспериментальное исследование поглощения радиоволн

в тропосфере в широком диапазоне волн от миллиметровых до метровых. Показано наличие резко отличного от предсказанного теорией высокого поглощения в области дециметровых волн [95].

Получены теоретические значения основных характеристик земной атмосферы — коэффициентов молекулярного поглощения и преломления — в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах волн [96]. Разработана аппаратура миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, с которой проведены первые в нашей стране исследования по распространению этих радиоволн и радиоастрономические наблюдения [97]. Обнаружен новый механизм поглощения в земной атмосфере, а именно, поглощение димерами водяного пара радиоволн $\lambda \gtrsim 0,7$ мм [98].

В. Электроника, электродинамика и квантовая радиофизика

Работы по электронике СВЧ были начаты в ГИФТИ в 1932 г. под руководством М. Т. Греховой. Еще до переезда в Горький М. Т. Греховой совместно с В. М. Бовшеверовым во Всесоюзном электротехническом институте (Москва) были разработаны серии электронных ламп, приемников и передатчиков для дециметрового и сантиметрового диапазонов и проведены опыты по распространению этих волн и связи на них. Эти работы были продолжены под руководством М. Т. Греховой в ГИФТИ в содружестве с исследовательскими лабораториями промышленных предприятий. В ГИФТИ разрабатывались электровакуумные приборы СВЧ, изучались свойства колебательных контуров, антенных систем и канализирующих устройств диапазона СВЧ, а также велись исследования распространения радиоволн этого диапазона.

Большой интерес вызвали работы С. В. Беллюстина по теории токов в вакууме, выполненные под руководством А. А. Андропова. Эти работы существенно дополнили классические исследования С. А. Богуславского и И. Ленгмюра.

М. Л. Левиным были начаты теоретические работы в области электродинамики СВЧ — по теории антенн, волноводов и полых резонаторов [99]. Одна из первых в СССР работ по поверхностным электромагнитным волнам была выполнена в ГИФТИ [100].

Работы по электронике СВЧ и электродинамике значительно расширились после перенесения их в НИРФИ, где проводились также исследования квантовых явлений в радиодиапазоне, получивших название квантовой радиофизики. Ниже кратко изложены основные результаты работ этого периода (1956—1967 гг.).

Проведены теоретические и экспериментальные исследования поверхностных электромагнитных волн и возможных их применений в антенной технике, технике связи и вакуумной электронике [101]. Созданы методы расчета и разработаны конструкции антенн с поверхностными волнами [102], разработаны новые методы оптимизации антенных систем, в частности, развита теория оптимальных неэквидистантных антенных решеток [103]; предложен и запатентован принципиально новый способ немеханического управления диаграммами направленности излучателей — частотное сканирование, с помощью которого удалось сконструировать остронаправленные антенны с быстрой перестройкой луча в широком диапазоне углов [104]; развиты новые методы обработки сигналов в приемных антеннах при наличии шумов [105].

Проведены исследования и разработаны методы расчета квазиоптических систем — открытых волноводов и резонаторов [106]; в частности, предложены различные варианты квазиоптических линий передачи [107], разработана методика подавления паразитных мод в открытых резонаторах [108].

Проведен цикл работ по исследованию процессов в магнетронных генераторах; наряду с выдачей некоторых практических рекомендаций эти исследования позволили несколько продвинуться в построении теории магнетрона [109]. Было проведено также исследование возможностей управления частотой высокочастотных генераторов — методы электронной перестройки, методы фазовой автоподстройки и стабилизации.

Развита теория шумовых процессов в высокочастотных диодах и построена серия уникальных измерительных диодов-генераторов эталонного шума в сантиметровом диапазоне волн [110].

К высокочастотной электронике относятся также работы А. В. Гапонова и его сотрудников по исследованию индуцированного излучения в системах с колеблющимися электронами. В результате этих исследований была создана линейная и нелинейная (с учетом эффекта насыщения) теория индуцированного излучения в потоках классических осцилляторов и предложен ряд новых приборов — электронных мазеров, являющихся классическими аналогами квантовых усилителей и генераторов. Наиболее подробно изучены системы, основанные на использовании индуцированного циклотронного излучения в электронных потоках, — мазеры на циклотронном резонансе (МЦР). Разработаны мощные электронные приборы коротковолновой части сверхвысокочастотного диапазона — МЦР с бегущей волной и МЦР-монотрон с открытым резонатором [111].

Предложен новый метод локализации плазмы и управления плазменными образованиями с помощью неоднородных высокочастотных полей [112]. На основе этих идей разработаны новые принципы ускорения заряженных и нейтральных частиц, локализованных внутри перемещающихся электромагнитных ловушек [113]. Проведены теоретические и экспериментальные исследования вопросов, связанных с взаимодействием высокочастотных полей с неоднородной плазмой (волны вдоль плазменных слоев, резонансные явления в ограниченной плазме [114], дифракция электромагнитных волн на плазменных образованиях как естественных, так и лабораторных [115]); разработаны новые методы измерений интенсивности мощных высокочастотных сигналов, основанные на отражении электронных пучков от высокочастотных квазипотенциальных барьеров [116].

Ведутся теоретические и экспериментальные работы в области электродинамики нелинейных сред. Были обнаружены и изучены новые явления, проявляющиеся при распространении волн в средах и линиях передачи с нелинейными параметрами, — преобразование частоты и амплитуды волн при их взаимодействии (при отражении от «параметрического» зеркала), преобразование спектра волны при распространении в нелинейной диспергирующей среде (генерация гармоник и изменение спектра радиоимпульса), процессы в распределенных нелинейных автоколебательных системах (лазерах) [117, 118].

Подробно исследованы ударные электромагнитные волны. Разработана теория таких волн в средах с различными параметрами (в том числе и с активными), проведены исследования их взаимодействия, структуры и т. д. Использование ударных электромагнитных волн открывает ряд новых возможностей в радиотехнике и особенно в импульсной технике [119].

К работам по электродинамике нелинейных сред могут быть отнесены и исследования по нелинейной оптике и квантовым генераторам оптического диапазона — генерация гармоник света в нелинейной среде, самофокусировка лазерного луча, строгая динамическая теория газовых и твердотельных оптических квантовых генераторов [120]. Сюда же прилегают работы по изучению явления самофокусировки электромаг-

нитных пучков и самосжатия электромагнитных импульсов как в плазме, так и в оптически нелинейных средах [118, 121].

Ряд работ был посвящен исследованию молекулярных генераторов. Построена теория и проведены экспериментальные исследования образования молекулярных пучков [122]. Разработаны вопросы теории молекулярных генераторов и флуктуаций в них [123]. Созданы отпаянный и безазотный генераторы [124]. Создан и исследован молекулярный генератор миллиметрового диапазона на формальдегиде [125].

Создан ряд стандартов частоты с использованием молекулярных пучков и оптической накачки в парах щелочных металлов [126].

Проведены теоретические и экспериментальные исследования ферромагнетиков и антиферромагнетиков. Получены данные о ширине линии антиферромагнитного резонанса и потерях в ферромагнетиках. Проведены эксперименты по наблюдению когерентного спонтанного излучения феррита в резонаторе. Рассмотрены некоторые вопросы, связанные с распространением электромагнитных волн в гиротропных средах [127].

Наряду с исследованиями, связанными с теорией и разработкой квантовых генераторов и усилителей оптического и радиодиапазонов, развивались работы и по общим проблемам квантовой радиофизики (квантовые эффекты в радиодиапазоне, квантовая теория релаксационных процессов, вопросы взаимодействия излучения с веществом, общая теория индуцированного и спонтанного излучения). Многие результаты этих работ нашли отражение в монографии В. М. Файна и Я. И. Ханина «Квантовая радиофизика» — одной из первых в мировой литературе книг, посвященных последовательному изложению проблем квантовой радиофизики.

Конечно, в небольшом обзоре нет возможности охватить все работы, выполненные в Горьком, особенно недавние достижения молодых научных работников НИРФИ, НИИ ПМК, ГИФТИ, факультетов университета и промышленных институтов и лабораторий г. Горького. В недавно опубликованных работах нелегко увидеть судьбу заключенных в них мыслей и их влияние на последующее развитие науки. А между тем, именно эти работы, по существу, определяют завтрашний день горьковской радиофизики и теории колебаний, который почти не отражен в нашем обзоре, посвященном, главным образом, их прошлому.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Никитин, Нижегородская радиолaborатория им В. И. Ленина, Связьиздат, М., 1954. Нижегородские пионеры советской радиотехники (составитель проф. Б. А. Остроумов), изд. Наука, М., 1956. Б. А. Остроумов, В. И. Ленин и Нижегородская радиолaborатория, изд. АН СССР, М., 1967.
2. А. А. Андронов, Л. С. Понтрягин, Грубые системы, ДАН СССР, 14, 247 (1937).
3. А. А. Андронов, Собр. тр., изд. АН СССР, М., 1956. А. А. Андронов, Г. С. Горелник, Радиофизика и общая динамика машин, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 1, 5 (1958).
4. А. А. Андронов, А. А. Витт, Разрывные периодические решения и теория мультивibrатора Абрагама и Блоха, ДАН СССР, № 8, 189 (1930). А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин, Теория колебаний, ч. 1, ОНТИ, М.—Л., 1937; изд. 2-е (под ред. Н. А. Железцова), Физматгиз, М., 1959. Н. А. Железцов и Л. В. Родыгин, К теории симметричного мультивibrатора, ДАН СССР, 81, № 3, 391 (1951). М. И. Фейгин, К теории триггера, сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955, стр. 300.
5. А. А. Андронов, А. А. Витт, Zur Theorie des Mitnehmens von der Pol, Archiv für Electrotechnik, 24, 99 (1930); К математической теории захватывания, Ж. прикл. физ., 7, вып. 4, 3 (1930); К математической теории автоколебательных систем с двумя степенями свободы, Ж. прикл. физ., 4, вып. 1, 122 (1934).

6. А. А. Андронов, А. Г. Любниа, Применение теории Пуанкаре «о точках бифуркации» и «смене устойчивости» к простейшим автоколебательным системам, ЖЭТФ, 5, вып. 3, 3 (1935).
7. А. А. Андронов, Е. А. Леонтович, К теории изменений качественной структуры разбиения плоскости на траектории, ДАН СССР, 21, № 9, 427 (1938); Матем. сб., 68 (110), № 3, 328 (1965); О рождении предельных циклов из петли сепаратрисы состояния равновесия типа седло—узел, Матем. сб., 48, № 3, 335 (1959); Рождение предельных циклов из негрубого фокуса (или центра) и от негрубого предельного цикла, ДАН СССР, 99, № 6, 885 (1954); Матем. сб., 40 (82), 179 (1956); Некоторые случаи зависимости предельных циклов от параметра, Уч. зап. ГГУ, вып. 6 (1939). Е. А. Леонтович, А. Г. Майер, О траекториях, определяющих качественную структуру разбиения сферы на траектории, ДАН СССР, 14, 251 (1937); О схеме, определяющей топологическую структуру разбиения на траектории, ДАН СССР, 103, 557 (1955); Дополнения к главам 5, 6 в книге Пуанкаре «О кривых, определенных дифференциальным уравнением», Гостехиздат, М., 1947. Е. А. Леонтович, О рождении предельных циклов от сепаратрисы, ДАН СССР, 78, № 4, 641 (1951); О некоторых аналогиях между плоскими алгебраическими кривыми и динамическими системами на плоскости, ДАН СССР, 129, № 3, 503 (1959). А. А. Андронов, Е. А. Леонтович, И. И. Гордон, А. Г. Майер, Качественная теория динамических систем второго порядка, изд. Наука, М., 1966.
8. Н. Н. Баутин, Теория бифуркации динамических систем на плоскости, изд. Наука, М., 1967; К теории синхронизации, ЖТФ, 9, вып. 6, 510 (1939); Об одном дифференциальном уравнении, имеющем предельный цикл, ЖТФ, 9, вып. 7, 601 (1939); О продольных движениях самолета, близких к фугоидным движениям, Уч. зап. ГГУ, 13, 329 (1947). Л. Н. Белоусина, К динамике симметричного полета самолета, Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1956). Е. А. Леонтович-Андропова, Некоторые математические работы Горьковской школы А. А. Андропова, Тр. III Матем. съезда, 3, изд. АН СССР, М., 1958. Н. Н. Баутин, Л. Н. Белоусина, Е. А. Леонтович-Андропова, Ю. И. Неймарк, Основные направления и новые результаты Горьковской школы А. А. Андропова, Тр. IV Матем. съезда, 2, изд. Наука, Л., 1964. Е. А. Андропова-Леонтович, Л. Н. Белоусина, Теория бифуркаций и ее применение к исследованию нелинейных задач теории колебаний. Тр. Международного симпозиума по нелинейным колебаниям, 2, изд. АН УССР, Киев, 1963, стр. 7—29. Г. В. Аронович, Л. Н. Белоусина, Н. А. Картвелишвили, Я. К. Любимцев, Применение методов теории колебаний к задачам устойчивости стационарных режимов гидроэлектрических станций и энергетических систем, Тр. Международного симпозиума по нелинейным колебаниям, 3, изд. АН УССР, Киев, 1963, стр. 9. Р. М. Минц, Исследование траекторий системы трех дифференциальных уравнений в бесконечности, сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955, стр. 499. Я. К. Любимцев, Условия устойчивости стационарных режимов ГЭС с дифференциальными уравнительными резервуаром. Изв. АН СССР, ОТН, № 1, 48 (1957); К вопросу об устойчивости стационарного режима ГЭС с дифференциальными резервуаром, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 2, 187 (1958). И. Е. Сальников, К теории периодического протекания гомогенных химических реакций. II. Термокинетическая автоколебательная модель, Ж. физ. хим., 23, вып. 3, 258 (1949). Н. П. Власов, Автоколебания синхронного мотора, Ж. техн. физ., 9, вып. 10 (1939).
9. Р. М. Минц, Характер некоторых типов сложных состояний равновесия в n -мерном пространстве, ДАН СССР, 147, № 1, 31 (1962); 124, № 6, 1215 (1959).
10. Ю. И. Неймарк, Устойчивость линеаризованных систем, ЛКВИА, Л., 1949.
11. А. А. Андронов, Г. В. Аронович, К теории гидравлического тарана, Инж. сб. 20, № 3 (1954). Г. В. Аронович, О влиянии гидравлического удара на устойчивость регулирования водяных турбин, Автоматика и телемеханика, 9, № 3, 204 (1948).
12. Ю. И. Неймарк, Г. В. Аронович, Об условиях самовозбуждения поющего пламени, ЖЭТФ, 28, вып. 5, 567 (1955).
13. Ю. И. Городецкой, Теория возбуждения вращений при сверлении, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 5, 776 (1959); Теория возбуждения вращений при резании металлов, Изв. АН СССР, ОТН, № 6 (1961); Инж. ж. мех. тв. тела, № 2, 30 (1966).
14. Ю. И. Неймарк, Н. А. Фуфаев, Устойчивость состояний равновесия неголономных систем, ПММ, 29, вып. 1, 46 (1965); 30, вып. 2, 236 (1966); К вопросу о путевой устойчивости экипажей на баллонных колесах, ДАН СССР, 170, № 3, 533 (1966).
15. Н. Н. Баутин, Поведение динамических систем вблизи границ области устойчивости, Гостехиздат, М., 1949.

16. Ю. И. Неймарк, О допустимости линеаризации при исследовании устойчивости, ДАН СССР, 127, № 5, 961 (1959). Ю. И. Неймарк, Ю. И. Городецкий, Н. Н. Леонов, Исследование устойчивости некоторых линейных распределенных систем, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 6, 967 (1959).
17. Е. Ф. Сабаев, Уравнения с отклоняющимся аргументом и устойчивость кипящих каналов, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика (в печати). И. С. Постников, Е. Ф. Сабаев, Применение метода матричных неравенств Якубовича к исследованию устойчивости некоторых систем с распределенными параметрами, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика (в печати). В. И. Будников, А. В. Сергиевский, Об устойчивости системы параллельно кипящих каналов, Инж. физ. ж., 8, № 3, 300 (1965); 10, № 5, 632 (1966).
18. В. А. Брусин, Абсолютная устойчивость некоторых классов управляющих систем, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 1, 206 (1965).
19. С. В. Шильман, К теории систем автоматического управления с модуляцией, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 1, 179 (1963).
20. В. А. Брусин, М. Л. Тай, Абсолютная стохастическая устойчивость, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 7, 940 (1967).
21. Н. Л. Власов, Теория линейных следящих систем, работающих на переменном токе, изд. Энергия, М., 1964.
22. А. Г. Майер, К теории связанных колебаний двух самовозбуждающихся генераторов, Уч. зап. ГГУ, вып. 2, 3 (1935).
23. С. А. Жевакин, К теории звездной переменности, ДАН СССР, 99, 217 (1954); Об автоколебаниях переменных звезд «большой последовательности», сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955, стр. 629.
24. В. М. Большакова, Е. С. Зельдин, Р. М. Минц, Н. А. Фуфаев, К динамике системы осциллятор—ротатор, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 2, 359 (1965); Матем. сб., 63 (105), № 2, 169 (1964).
25. С. П. Стрелков, К теории автоколебаний под действием сил, зависящих от положения, ЖТФ, 9, вып. 17, 1564 (1939). Н. В. Бутенин, Об одной задаче Кельвина, относящейся к теории часов, ЖЭТФ, 10, вып. 11, 1283 (1940).
26. Н. А. Железцов, М. И. Фейгин, О режимах работы симметричного мультивибратора, Радиотехника и электроника, 2, 751 (1957). Н. А. Железцов, К теории разрывных колебаний в системах второго порядка, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 1, 67 (1958). К теории кипп-реле, сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955, стр. 215. Н. И. Ашбель, Л. В. Постников, К теории LR-генератора на транзисторе, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 6, 1216 (1963). Л. В. Постников, Динамика генератора на плоском полупроводниковом триоде, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 5, 766 (1959).
27. Г. В. Аронович, К определению достаточных условий динамической устойчивости сложной энергосистемы при переменных ЭДС, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 3, 483 (1959); 2, № 1, 134 (1959).
28. А. В. Гапонов, Неголономные системы С. А. Чаплыгина и теория коллекторных электрических систем, ДАН СССР, 87, 401 (1952). Ю. И. Неймарк, Н. А. Фуфаев, Динамика неголономных систем, изд. Наука, М., 1967.
29. Ю. И. Неймарк, О существовании и грубости инвариантных многообразий точечных отображений, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 3, 311 (1967); Некоторые методы изучения динамических систем, Тр. II Всесоюзного съезда по теоретической и прикладной механике, вып. 2, изд. Наука, М., 1965.
30. А. А. Андронов, А. Г. Майер, Задача Мизеса в теории прямого регулирования и теория точечных преобразований поверхностей, ДАН СССР, 43, № 2 (1944); О задаче Вышнеградского в теории прямого регулирования, ДАН СССР, 47, № 5, 345 (1945).
31. А. А. Андронов, Н. Н. Баутин, Движение нейтрального самолета, снабженного автопилотом, и теория точечных преобразований поверхностей, ДАН СССР, 43, № 5, 197 (1944); Стабилизация курса нейтрального самолета автопилотом с постоянной скоростью сервомотора, ДАН СССР, 46, № 4, 158 (1945); Изв. АН СССР, ОТН, № 3, 3 (1955); № 6, 54 (1955).
32. А. А. Андронов, Н. Н. Баутин, Г. С. Горелик, Теория непрямого регулирования при учете кулоновского трения в чувствительном элементе, Автоматика и телемеханика, 7, № 1, 15 (1946).
33. А. А. Андронов, Ю. И. Неймарк, О движениях идеальной модели часов, имеющей две степени свободы. Модель де-галлиевых часов, ДАН СССР, 51, № 1, 17 (1946). Н. Н. Баутин, О задаче Л. И. Мандельштама в теории часов, ДАН СССР, 65, № 3, 279 (1949); Теория спускового регулятора с пружинящей платинкой, ДАН СССР, 72, № 1, 19 (1950); Инж. сб. ин-та механики АН СССР, 22, 3 (1955); Динамические модели часовых ходов, сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955; Изв. АН СССР, ОТН, № 10, 60 (1955); Инж. сб. ин-та механики АН СССР, 21, 3 (1955); Динамическая модель электромеханических часов

- с ходом Гиппа, Изв. АН СССР, ОТН, № 11, 116 (1957); Теория точечных преобразований и динамическая теория часов, Тр. Международного симпозиума по нелинейным колебаниям, 2. изд. АН УССР, Киев, 1963
34. Н. А. Железцов, Метод точечного преобразования и задача о вынужденных колебаниях осциллятора с «комбинированным» трением, ПММ, 13, вып. 1, 3 (1949).
 35. Л. В. Беспалова, К теории виброударного механизма, Изв. АН СССР, ОТН, № 5 (1957). Л. В. Беспалова, Ю. И. Неймарк, М. И. Фейгин, Динамические системы с ударными взаимодействиями и теория нелинейных колебаний, Инж. ж. мех. тв. тела, № 1 (1966). З. С. Баталова, Изучение вибропогружения шпунта при лобовом сопротивлении грунта, Инж. ж. мех. тв. тела, № 2 (1966) Ю. И. Неймарк, Теория вибрационного погружения и выдергивания, Инж. сб., 16 (1953); Гидротехнич. стрит., № 1 (1952). В. С. Бояринов, Ю. И. Неймарк, К теории вибрации вала в шарикоподшипнике, Изв. АН СССР, ОТН, механика, № 3 (1965).
 36. М. И. Фейгин, К теории нелинейных демпферов (ударный демпфер и демпфер сухого трения), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 4, 607 (1959); Резонансные свойства динамической системы с ударными взаимодействиями, ПММ, 30, вып. 5, 942 (1966)
 37. Г. А. Новинская, Динамика простейшего экстремального регулятора с автоколебательным типом поиска, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 3, 566 (1961). Н. Н. Леонов, К теории простейшей системы экстремального регулирования автоколебательного типа, Автоматика и телемеханика, 26, 1720 (1965); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 3, 393 (1967); 10, № 7, 897 (1967).
 38. Я. Н. Николаев, Применение метода Кеннига—Ламерея к теории простейших сервосистем типа реле с запаздыванием, Уч. зап. ГГУ, вып. 3 (1947). Ю. И. Неймарк, Об автоколебаниях и вынужденных колебаниях релейных систем с запаздываниями, Автоматика и телемеханика, 16, № 3, 225 (1955), О периодических движениях релейных систем, Автоматика и телемеханика, 14, № 5, 556 (1953); сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955; О скользящем режиме и периодических движениях релейной системы, Тр. ГИФТИ и радиофака ГГУ, 30 (1956).
 39. А. С. Алексеев, Двухпозиционный регулятор температуры с зоной опережения, Тр. ГИФТИ и радиофака ГГУ, 30 (1956).
 40. Н. Н. Леонов, О разрывном точечном преобразовании прямой в прямую ДАН СССР, 143, № 3, 1038 (1962); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 6, 942 (1959).
 41. С. Д. Княпин, Простейшая релейная система регулирования неустойчивого объекта, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 1, 88 (1958); 4, № 1, 136 (1961).
 42. Н. А. Фуфаев, Теория электромагнитного прерывателя, Автоматика и телемеханика, 14, № 5, 570 (1953); сб. Памяти А. А. Андропова, изд. АН СССР, М., 1955, стр. 334.
 43. А. С. Алексеев, Метод точечных преобразований в задачах составления оптимального графика ритмичного производства двух типов изделий на одном оборудовании, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 4, 706 (1960). Ю. И. Неймарк, М. А. Федоткин, О работе автомата, регулирующего уличное движение на перекрестке, Автоматика и телемеханика, 28, № 3, 78 (1966). М. А. Федоткин, О работе автомата, регулирующего уличное движение на перекрестке при показателем законе обслуживания машин, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 7, 912 (1967).
 44. Ю. И. Неймарк, Метод точечных преобразований в теории нелинейных колебаний. I, II, III, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 1, 41; № 2, 95; № 5—6, 146 (1958).
 45. Ю. И. Неймарк, О некоторых случаях зависимости периодических движений от параметров, ДАН СССР, 129, 736 (1939); Метод усреднения с точки зрения метода точечных отображений, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 5, 1021 (1963). Ю. И. Неймарк, Л. П. Шильников, Об одном случае рождения периодических движений, ДАН СССР, 160, № 6, 1261 (1965); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 2, 330 (1965). Л. П. Шильников, Некоторые случаи рождения периодических движений в n -мерном пространстве, ДАН СССР, 143, № 2, 289 (1962); Матем. сб., 61, № 4 (1963). С. Д. Княпин, Ю. И. Неймарк, Об устойчивости состояния равновесия релейной системы, Автоматика и телемеханика, 20, № 9, 1153 (1959); О рождении периодического движения из состояния равновесия, расположенного на поверхности разрыва, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 5, № 6, 1196 (1962). Ю. И. Неймарк, М. И. Фейгин, Об одном типе бифуркаций релейных систем, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 2, 358 (1964).
 46. Ю. И. Неймарк, Л. П. Шильников, Исследование динамических систем, близких к кусочно-линейным, Изв. АН СССР, ОТН, 6, 51 (1959); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 3, 478 (1960). Ю. И. Неймарк, Л. З. Фишман, О поведении в целом фазовых траекторий квазилинейных дифференциальных уравнений с запаздывающими аргументами, ДАН СССР, 171, № 1, 44 (1966); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 6, 1210 (1966).

47. Л. П. Шпльников, О рождении периодического движения из траектории, идущей из состояния равновесия типа седло—седло в него же, ДАН СССР, 170, № 1, 49 (1967). Ю. И. Пеймарк, О движениях, близких к двоякоасимптотическому движению, ДАН СССР, 172, № 5, 1021 (1967).
48. Г. С. Горелик, К вопросу о технической и естественной ширине линии лампового генератора, ЖЭТФ, 20, вып. 4, 351 (1950).
49. Г. С. Горелик, О возможности малоинерционного фотометрирования и демодуляционного анализа света, ДАН СССР, 58, № 1, 45 (1947); О демодуляционном анализе света, УФН, 34, № 3, 321 (1948).
50. И. Л. Берштейн, Флуктуации в автоколебательной системе и определение естественной размытости частоты лампового генератора, ЖГФ, 11, № 4, 305 (1911).
51. И. Л. Берштейн, Флуктуации колебания клистронного генератора, ДАН СССР, 106, № 3, 453 (1956); Флуктуации колебаний параметрического генератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 6, 995 (1960); К теории фазовой автоподстройки частоты, Радиотехника и электроника, 3, № 2, 288 (1958).
52. И. Л. Берштейн, И. А. Андропова, Ю. И. Зайцев, Флуктуации интенсивности и частоты излучения оптического генератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 1, 59 (1967).
53. И. Л. Берштейн, Флуктуации амплитуды и фазы лампового генератора, Изв. АН СССР, серия физическая, 14, № 2, 145 (1950).
54. И. Л. Берштейн, Опыт Сагьяка на радиоволнах, ДАН СССР, 75, № 5, 635 (1950).
55. Г. С. Горелик, О применении модуляционного метода в оптической интерферометрии, ДАН СССР, 83, № 4, 549 (1952); Некоторые микрофазометрические методы в радиофизике и оптике, Измерительная техника, № 3, 10 (1955). И. Я. Брусил, Г. С. Горелик, С. А. Пиковский, Исследование колебаний, весьма малых по сравнению с длиной световой волны, посредством гармонического анализа модулированной интерференционной картины, ДАН СССР, 83, № 4, 553 (1952). И. Л. Берштейн, Об измерении весьма малых изменений разности хода двух световых колебаний, ДАН СССР, 94, № 4, 655 (1954).
56. И. Л. Берштейн, Г. С. Горелик, К теории звездного интерферометра Майкельсона, ДАН СССР, 86, № 1, 47 (1952).
57. В. С. Троицкий, К теории спектральной ширины линии радиочастотных генераторов и ее измерения по методу И. Л. Берштейна, Радиотехника и электроника, 1, № 6, 818 (1956); О влиянии фликкер-эффекта на ширину линии автогенератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 4, 573 (1959).
58. А. А. Грачев, О сплошном спектре ЭДС циклического перемagnetничивания, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 2, 71 (1958). К. А. Горонина, А. А. Грачев, О спектре ЭДС индукции при периодическом перемagnetничивании ферромагнетиков, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 4, 581 (1959). И. А. Андропова, Шумы циклической переполаризации сегнетозлектриков, ДАН СССР, 119, 68 (1958). И. А. Андропова, О сплошном спектре тока при периодической переполаризации сегнетозлектриков, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 1, 90 (1961).
59. С. И. Боровицкий, О флуктуациях в линейной системе с периодически меняющимися параметрами, ДАН СССР, 74, № 2, 233 (1950).
60. В. С. Троицкий, К теории измерения сигналов, имеющих сплошной спектр, ЖТФ, 21, 994 (1951); Применение модуляционного метода измерения слабых сигналов сплошного спектра на УКВ, Вестник информ. БНТ, № 7, 1951; О чувствительности радиометров, ЖТФ, 22, вып. 3, 455 (1952).
61. А. Н. Малахов, О форме спектральной линии генератора при флуктуациях его частоты, ЖЭТФ, 30, 884 (1956); Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 3, 625 (1966); 10, № 6, 885 (1967).
62. А. Н. Малахов, Флуктуации амплитуды и частоты и естественная ширина спектральной линии колебания в автоколебательных системах со многими степенями свободы, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 2, 79 (1958); Влияние естественных шумов автогенераторов на их взаимную синхронизацию, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 6, 1160 (1965). Д. А. Дмитренко, А. И. Чикин, Ширина спектральной линии некоторых низкочастотных и радиочастотных генераторов, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 6, 1271 (1963). Ю. А. Дрягин, Исследование технических уходов частоты генераторов, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 5—6, 93 (1958).
63. В. Н. Никопов, Исследование флуктуаций колебания клистронного генератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 6, 215 (1959); Флуктуации амплитуды и частоты магнетронного генератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 5, № 2, 270 (1962).
64. В. С. Троицкий, К теории молекулярного генератора и флуктуаций его колебаний, Радиотехника и электроника, 3, № 10, 1298 (1958). А. И. Чикин, Измерение ширины спектральной линии молекулярного генератора, ЖЭТФ, 42, вып. 3, 649 (1962). В. Б. Цареградский, К теории флуктуаций молекулярного генератора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 6, 1075 (1964).

65. Ю. И. Зайцев, О флуктуациях излучения газового лазера, ЖЭТФ, 50, вып. 3, 525 (1966).
66. В. А. Зверев, Модуляционный метод измерения дисперсии ультразвука, ДАН СССР, 91, 791 (1953). А. Г. Горелик, В. А. Зверев, К вопросу о взаимодействии звуковых волн, Акуст. ж., 1, № 4, 339 (1955).
67. В. А. Зверев, Е. Ф. Орлов, Прибор для измерения спектров и корреляционных функций низкочастотных процессов, ПТЭ, № 1, 50 (1960).
68. В. И. Тверской, Некоторые вопросы прохождения одиночных радиосигналов через замедляющие системы с нелинейной фазовой характеристикой, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 5, 907 (1960).
69. П. Г. Денисов, Вопросы статистической теории распространения и дифракции волн, Диссертация, Горьковский университет, 1964. Н. Г. Денисов, В. А. Зверев, Некоторые вопросы распространения волн в средах со случайными неоднородностями, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 4, 521 (1959). Ю. А. Рыжов, О взаимной функции корреляции флуктуаций амплитуды и фазы волны, распространяющейся в неоднородной поглощающей среде, Радиотехника и электроника, 7, № 10, 1824 (1962); Тензор эффективной диэлектрической проницаемости сильнонеоднородной анизотропной среды, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 1, 39 (1966). Л. С. Долин, О лучевом описании слабонеоднородных волновых полей, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 3, 471 (1964); О распространении узкого пучка света в среде с сильно анизотропным рассеянием, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 1, 61 (1966). Л. М. Ерухимов, О частотной корреляции флуктуаций радиоизлучения врезных источников, вызванных неоднородностями ионосферы, Геомагнетизм и аэронавтика, 4, № 1, 75 (1964). Н. Г. Денисов, Л. М. Ерухимов, Статистические свойства фазовых флуктуаций при полном отражении от ионосферного слоя, Геомагнетизм и аэронавтика, 6, № 4, 695 (1966). В. В. Тамойкин, С. Б. Бирагов, О реакции излучения звука при движении малых тел в неоднородных газообразных средах, ЖЭТФ, 44, 1544 (1963). В. В. Тамойкин, Потери энергии при движении заряда в неоднородной магнитоактивной плазме, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 1, 42 (1965).
70. С. И. Боровицкий, В. В. Митюгов, О свойствах неравновесного излучения и термодинамически обратимых преобразованиях, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 5, 854 (1964); О потерях информации в неидеальном электромагнитном канале, Проблемы передачи информации, 3, вып. 1, 35 (1967).
71. Д. В. Агеев, Я. Г. Родионов, ЧМ радиоприем со следящей настройкой, Госэнергоиздат, М.—Л., 1958. Ю. Н. Бабанов, Я. Г. Родионов, В. Ф. Рябков, А. М. Шабалин, О развитии методов защиты систем радиосвязи от импульсных помех в работах советских ученых (обзор), Радиотехника (в печати). Ю. С. Лезин, Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов, изд. Сов радио, М., 1963. А. А. Горбачев, А. М. Шабалин, В. М. Шушин, О компенсационном методе уменьшения радиопомех в каналах проводных линий, связи, Электросвязь, № 8 (1967). Д. В. Агеев, Ю. Н. Бабанов, Передача радиосигналов с перекрывающимися спектрами, Радиотехника, № 10 (1964). А. П. Зеленин, Улучшение частотной избирательности подавлением нежелательной модуляции сигнала, Изв. высш. уч. зав.—Радиотехника, № 4 (1961).
72. С. А. Жевакин, М. М. Кобрин, Расчет напряженности поля небесного луча на коротких радиоволнах, Уч. зап. ГГУ, 30, серия физическая, 92 (1956).
73. В. С. Троицкий, Измерение сигналов, имеющих сплошной спектр, Диссертация, ГИФТИ, Горький, 1949.
74. В. С. Троицкий, В. Л. Рахлиц, А. М. Стародубцев, В. Т. Бобринк, Радиотелескопы Горьковской радиоастрономической станции «Зименки», Тр. 5-го Совещания по вопросам космогонии, изд. АН СССР, М., 1956, стр. 37.
75. В. Л. Гинзбург, К теории люксембург-горьковского эффекта, Изв. АН СССР, серия физическая, 12, 253 (1948). И. М. Виленский, К теории взаимодействия радиоволн в ионосфере, ЖЭТФ, 22, 545 (1952).
76. Н. Г. Денисов, Об одной особенности поля электромагнитной волны, распространяющейся в неоднородной плазме, ЖЭТФ, 31, вып. 4, 609 (1956).
77. Н. Г. Денисов, Распространение электромагнитных сигналов в ионизированном газе, ЖЭТФ, 21, 1354 (1951). Б. Н. Гершман, О распылении электромагнитных импульсов, распространяющихся в ионосфере, ЖЭТФ, 22, 101 (1952).
78. Г. Г. Гетманцев, Космические электроны как источник радиоизлучения Галактики, ДАН СССР, 83, 557 (1952).
79. В. А. Разин, Предварительные результаты измерения поляризации космического радиоизлучения на волне 1,45 м, Радиотехника и электроника, 1, № 6, 846 (1956).
80. В. Л. Гинзбург, Г. Г. Гетманцев, М. И. Фрадкин, Об электронах в составе первичных космических лучей, Тр. 3-го Совещания по вопросам космогонии, изд. АН СССР, М., 1954, стр. 149.
81. В. Л. Гинзбург, С. И. Сыроватский, Происхождение космических лучей, изд. АН СССР, М., 1963.

82. А. Г. Кисляков, Предварительные результаты экспериментального исследования радиоизлучения Солнца в диапазоне волн 3—7 мм, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 4, 760 (1961). А. Г. Кисляков, А. Е. Саломонович, Радиоизлучение активных областей на Солнце в миллиметровом диапазоне волн, Астроном. ж., 60, вып. 2, 229 (1963). Е. А. Бенедиктов, Г. Г. Гетманцев, Спорадическое радиоизлучение Солнца на низких частотах, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 2, 244 (1961).
83. Ежемесячный бюллетень «Радиоизлучение Солнца», НИРФИ, Горький.
84. В. Л. Гинзбург, В. В. Железняков, О некогерентных механизмах спорадического радиоизлучения Солнца в случае магнитоактивной корональной плазмы, Астроном. ж., 38, 3 (1961).
85. Б. Н. Гершман, О гирорезонансном поглощении электромагнитных волн в плазме, ЖЭТФ, 38, 912 (1960). В. Я. Эйрман, Излучение электрона, движущегося в магнитоактивной плазме, ЖЭТФ, 34, 131 (1958). В. В. Железняков, О магнитотормозном излучении и неустойчивости системы заряженных частиц в плазме, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 1, 14 (1959); О неустойчивости магнитоактивной плазмы относительно высокочастотных электромагнитных возмущений, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 1, 57 (1960); 3, № 2, 180 (1960).
86. В. В. Железняков, Радиоизлучение Солнца и планет, изд. Наука, М., 1964.
87. С. А. Каплан, С. Б. Пикельнер, Межзвездная среда, Физматгиз, М., 1963. S. A. Kaplan, Interstellar gas dynamics, Pergamon Press, 1966. С. А. Каплан, Элементарная радиоастрономия, изд. Наука, М., 1966.
88. М. М. Кобрин, Радиоэхо от Луны на волнах 3 и 10 см, Радиотехника и электроника, 4, № 5, 892 (1959).
89. В. Д. Кротиков, В. С. Троицкий, Обнаружение потока тепла из недр Луны, Астроном. ж., 40, вып. 6, 1076 (1963).
90. Н. М. Цейтлин, Применение методов радиоастрономии в антенной технике, изд. Сов. радио, М., 1966.
91. Б. Н. Гершман, В. А. Угаров, Распространение и генерация низкочастотных электромагнитных волн в верхней атмосфере, УФН, 72, 235 (1960). В. Ю. Трахтенгерц, О механизме генерации ультранизкочастотного радиоизлучения из внешнего радиационного пояса Земли, Геомагнетизм и аэрономия, 3, 442 (1963). А. А. Андронов, В. Ю. Трахтенгерц, Кинетическая неустойчивость внешнего радиационного пояса Земли, Геомагнетизм и аэрономия, 4, 233 (1964).
92. Е. А. Бенедиктов, Г. Г. Гетманцев, Л. В. Гришкевич, Л. М. Ерухимов, Н. А. Митяков, Некоторые результаты ионосферных исследований в НИРФИ с 1957 по 1967 гг. (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика (в печати).
93. Е. А. Бенедиктов, Г. Г. Гетманцев, Н. А. Митяков, В. О. Рапопорт, Ю. А. Сазонов, А. Ф. Тарасов, Результаты измерений интенсивности радиоизлучения на частотах 725 и 1525 Кгц при помощи аппаратуры, установленной на спутнике «Электрон-2», сб. Исследования космического пространства, изд. Наука, М., 1965, стр. 581.
94. Н. Г. Денисов, К теории распространения радиоволн в ионосфере, Уч. зап. ГГУ, 35, серия физическая, 3 (1957). В. П. Докучаев, О влиянии магнитного поля Земли на ветры в ионосфере, Изв. АН СССР, серия геофиз., № 5, 783 (1959).
95. А. Г. Кисляков, К. С. Станкевич, Исследование тропосферного поглощения радиоволн радиоастрономическими методами (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1244 (1967).
96. С. А. Жевакин, А. П. Наумов, Распространение сантиметровых, миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн в земной атмосфере (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1213 (1967).
97. Ю. А. Дрягин, А. Г. Кисляков, Л. М. Кукин, А. И. Наумов, Л. И. Федосеев, Измерение атмосферного поглощения радиоволн в диапазоне 1,36—3,0 мм, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 6, 1078 (1966). С. И. Аверков, В. И. Аникин, В. Я. Рядов, Н. И. Фурашов, Вакуумный спектрометр для далекой инфракрасной области спектра, ПТЭ, № 1, 103 (1963); Астрономическая станция для наблюдений в далекой инфракрасной области спектра, Астроном. ж., 41, вып. 3, 542 (1964).
98. А. А. Викторова, С. А. Жевакин, Поглощение микрорадиоволн в воздухе димерами водяного пара, ДАН СССР, 171, № 5, 1061 (1966).
99. М. Л. Левин, Теория щелевых антенн в волноводах, Диссертация, М., 1954. А. В. Гапонов, М. А. Миллер, Возбуждение круглого волновода кольцевой антенной, ЖТФ, 19, 1260 (1949); Об интегральном уравнении для токов в теории тонких антенн, ЖТФ, 26, 2766 (1956).
100. М. А. Миллер, Распространение электромагнитных волн над плоской поверхностью с анизотропными граничными условиями, ДАН СССР, 87, 571 (1952).
101. М. А. Миллер, В. И. Таланов, Использование понятия поверхностного импеданса в теории поверхностных электромагнитных волн (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 5, 795 (1961).

102. Д. М. Браво-Животовский, О поверхностных волнах с круговой поляризацией в ребристых системах, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 5, 829 (1959). В. И. Таланов, Об излучении источников над плоскостью с синусоидально модулированным импедансом, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 6, 1065 (1961).
103. Ю. М. Жидко, К расчету оптимальных линейных антенн, Радиотехника и электроника, 8, 1473 (1963); Метод последовательных приближений для построения оптимальных антенных решеток, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 6, 1122 (1964).
104. М. А. Миллер, Применение однородных граничных условий при решении задачи о распространении поверхностных электромагнитных волн и при исследовании колебаний тонких антенн, Диссертация, Горьковский университет, 1953.
105. Н. Д. Миловский, В. И. Таланов, О предельной точности измерения угловых координат источника с помощью многоэлементных антенн, Радиотехника и электроника, 9, 1605 (1964).
106. В. И. Таланов, Операторный метод описания волновых пучков в комбинированных квазиоптических системах, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 2, 260 (1965).
107. Н. Г. Бондаренко, В. И. Таланов, Некоторые вопросы теории квазиоптических систем, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 2, 313 (1964). В. С. Авербах, С. Н. Власов, Э. М. Попова, Н. М. Шеронова, Экспериментальное изучение зеркального лучевого волновода, Радиотехника и электроника, 11, № 4, 750 (1966).
108. В. С. Авербах, С. Н. Власов, В. И. Таланов, Методы селекции типов колебаний в открытых квазиоптических системах (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1333 (1967).
109. М. И. Кузнецов, К вопросу об устойчивости статического режима с двумя потоками в плоском магнетроне, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 3, 128 (1958); Об одном типе автоколебаний пространственного заряда в неразрезном магнетроне, Радиотехника и электроника, № 6, 785 (1956). В. Е. Нечаев, Приближенный анализ процессов в многорезонаторных магнетронах (плоская модель), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 5, № 3, 534 (1962).
110. С. И. Аверков, В. И. Аникин, Д. М. Браво-Животовский, А. В. Гапонов, М. Т. Грехова, В. С. Ергаков, В. А. Лопырев, М. А. Миллер, В. А. Флягин, Шумовой диодный генератор в трехсантиметровом диапазоне, Радиотехника и электроника, 1, 758 (1956).
111. А. В. Гапонов, О неустойчивости систем возбужденных осцилляторов по отношению к электромагнитным возмущениям, ЖЭТФ, 39, № 2, 326 (1960); Взаимодействие непрямолинейных электронных потоков с электромагнитными волнами в линиях передачи, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 2, № 3, 450 (1959); 2, № 5, 836 (1959). И. И. Антаков, В. М. Боков, Р. П. Васильев, А. В. Гапонов, Взаимодействие трохондального электронного пучка с электромагнитными волнами в прямоугольном волноводе, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 6, 1033 (1960). А. В. Гапонов, А. Л. Гольденберг, Д. П. Григорьев, И. М. Орлова, Т. Б. Панкратова, М. И. Петелин, Индуцированное синхротронное излучение электронов в полых резонаторах, ЖЭТФ, Письма в редакцию, 2, № 9, 430 (1965). И. И. Антаков, А. В. Гапонов, О. В. Мальгин, В. А. Флягин, Применение индуцированного циклотронного излучения электронов для генерирования и усиления электромагнитных колебаний большой мощности, Радиотехника и электроника, 11, 1254 (1966). А. В. Гапонов, М. И. Петелин, В. К. Юлпатов, Индуцированное излучение возбужденных классических осцилляторов и его использование в высокочастотной электронике (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1414 (1967).
112. А. В. Гапонов, М. А. Миллер, О потенциальных ямах для заряженных частиц в высокочастотном поле, ЖЭТФ, 34, 242 (1958). М. А. Миллер, Движение заряженных частиц в высокочастотных электромагнитных полях, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 3, 110 (1958).
113. А. В. Гапонов, М. А. Миллер, Об использовании движущихся высокочастотных потенциальных ям для ускорения заряженных частиц, ЖЭТФ, 34, 751 (1958). М. А. Миллер, Ускорение плазменных сгустков высокочастотными полями, ЖЭТФ, 36, 1909 (1959).
114. V. V. Gildenburg, I. G. Kondratjev and M. A. Miller, Diffraction of electromagnetic waves by plasma structures, Proc. of a Symposium on Electromagnetic wave theory, Pergamon Press, 1967, p. 580.
115. В. Б. Гильденбург, Ю. М. Жидко, И. Г. Кондратьев, М. А. Миллер, Некоторые вопросы дифракции электромагнитных волн на плазменных образованиях (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10 1358 (1967).
116. Б. Г. Еремин, С. Б. Моченев, Измерение мощности на СВЧ, с помощью зондирующего электронного пучка, ПТЭ, № 3, 108 (1963).

117. Э. Я. Дауме, Г. И. Фрейдман, Эффект Доплера при отражении электромагнитной волны от волны подмагничивания в феррите, ЖЭТФ, 43, 1102 (1962). С. И. Аверков, Л. А. Островский, Распространение колебаний в системах с параметрами, зависящими от времени, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 1, № 4, 46 (1958). Н. С. Степанов, Распространение волн в недиспергирующей системе с переменными параметрами, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 4, 672 (1960). Л. А. Островский, Е. И. Якубович, Об установившихся колебаниях лазера с распределенными потерями, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 1, 91 (1965). М. И. Рабинович, О методе усреднения по стационарным волнам, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 2, 214 (1967).
118. Л. А. Островский, Распространение волновых пакетов в нелинейной диспергирующей среде, ЖЭТФ, 51, 1189 (1966).
119. А. В. Гапонов, Г. И. Фрейдман, Об ударных электромагнитных волнах в ферритах, ЖЭТФ, 36, № 3 (1959). А. В. Гапонов, Л. А. Островский, Г. И. Фрейдман, Ударные электромагнитные волны (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1376 (1967). И. Г. Катаев, Ударные электромагнитные волны, изд. Сов. радио, М., 1963. А. М. Белянцев, Ю. К. Богатырев, Л. И. Соловьева, Стационарные ударные электромагнитные волны в линии передачи с ненасыщенным ферритом, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 6, № 3, 561 (1963).
120. Г. И. Фрейдман, Об удвоении частоты сходящихся частично когерентных пучков света, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 3, 550 (1966). В. И. Беспалов, В. И. Таланов, О нитевидной структуре пучков света в нелинейной среде, Письма в ЖЭТФ, 3, 471 (1966). В. М. Файн, Нелинейные свойства твердых тел (обзор), Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 9—10, 1320 (1967). В. Н. Генкин, П. М. Меднис, Об однозонном приближении при описании электронов проводимости в переменном электрическом поле, ФТП, 1, № 10 (1967). В. И. Беспалов, А. В. Гапонов, Статистические характеристики автомодуляции излучения лазера на твердом теле, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 1, 70 (1965). В. И. Беспалов, Г. И. Фрейдман, Спектральные и энергетические характеристики гигантских импульсов, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 3, 513 (1966).
121. В. И. Таланов, О самофокусировке электромагнитных волн в нелинейных средах, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 7, № 3, 564 (1964). А. Г. Литвак, О самофокусировке электромагнитных волн в магнитоактивной плазме, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 9, № 5, 900 (1966). А. Г. Литвак, В. И. Таланов, Применение параболического уравнения к расчету полей в диспергирующих нелинейных средах, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 10, № 4, 539 (1967).
122. В. С. Троицкий, Направленность молекулярного пучка, образованного истечением газа из канала, ЖТФ, 32, 488 (1962). А. И. Наумов, Экспериментальное исследование направленности молекулярного пучка аммиака, ЖТФ, 33, 127 (1963).
123. В. С. Троицкий, К теории молекулярного генератора и флуктуаций его колебаний, Радиотехника и электроника, 3, 1298 (1958). В. Б. Цареградский, Взаимодействие молекулярного пучка с электромагнитным полем резонатора, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 8, № 5, 920 (1965).
124. А. Ф. Крупнов, А. И. Наумов, В. А. Скворцов, Отпаянный молекулярный генератор с геттер-ионным насосом и охлаждением, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 4, № 1, 178 (1961). В. А. Скворцов, А. Ф. Крупнов, А. И. Наумов, Молекулярный генератор без системы вымораживания, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 3, № 6, 1128 (1960).
125. А. Ф. Крупнов, В. А. Скворцов, Пучковый молекулярный генератор 4-мм диапазона на переходе $1_{01}-0_{00}$ молекулы CH_2O , ЖЭТФ, 45, 101 (1963).
126. В. С. Насонов, Исследование эффективности оптической подкачки в парах натрия, Изв. высш. уч. зав.—Радиофизика, 5, № 3, 518 (1963).
127. В. Н. Генкин, В. М. Файн, О ширине линии антиферромагнитного резонанса, ЖЭТФ, 41, 1552 (1961). Г. М. Генкин, Н. Г. Голубева, Спин-фононная ширина линии обменного резонанса, ФТТ, 7, 989 (1965). А. П. Александров, Я. И. Ханин, Э. Г. Яшин, Наблюдение когерентного спонтанного излучения феррита в резонаторе, ЖЭТФ, 38, 1334 (1960).