

## ХРОНИКА

## ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СТАТИСТИЧЕСКОЙ РАДИОФИЗИКЕ

Первая Всесоюзная конференция по статистической радиофизике проходила в г. Горьком с 13 по 18 октября 1958 г. Конференция была созвана и проведена по поручению Радиосовета АН СССР, МВО СССР и ВНТОРиЭ им. А. С. Попова научно-исследовательским радиофизическим институтом (НИРФИ) при Горьковском государственном университете им. Н. И. Лобачевского.

В ее работе приняли участие представители научно-исследовательских радиофизических и радиотехнических организаций, университетов и высших школ различных городов Советского Союза (всего свыше 500 человек). На конференции работали три секции по различным вопросам статистической радиофизики.

Пленарное заседание 13 октября открыл С. М. Рытов (Москва, ФИАН). В своем вступительном слове он охарактеризовал статистическую радиофизику как неотъемлемую часть современной радиофизики.

Первый доклад на пленарном заседании „К теории каналов радиосвязи со случайно изменяющимися параметрами“ был сделан В. И. Сифровым. Докладчик рассмотрел вопрос о пропускной способности каналов связи со случайно изменяющимися параметрами и указал условия, обеспечивающие весьма высокую пропускную способность при низком уровне аддитивных помех. Участники конференции с большим интересом познакомились с новыми результатами в области статистической теории связи.

С обзорным докладом „Флюктуационные явления в автоколебательных системах“ выступил И. Л. Берштейн (Горький, НИРФИ). Задача о воздействии флюктуаций на поведение генераторных устройств была поставлена в Советском Союзе еще в начале 30-х годов. По предложению А. А. Андронова докладчиком был проведен анализ процессов в обычном ламповом генераторе с учетом воздействия дробового эффекта лампы и тепловых флюктуаций в контуре, изучены флюктуации амплитуды и фазы колебаний и определена так называемая естественная ширина линий генератора. В 1949 году было выполнено экспериментальное исследование флюктуаций колебания лампового генератора, результаты которого, в основном, подтвердили развитую теорию, но вместе с тем показали наличие воздействия более грубых возмущающих явлений, которые получили (по предложению Г. С. Горелика) название технических факторов. В последние годы появилось большое число как теоретических, так и экспериментальных работ по теории флюктуаций колебаний различных генераторов. После краткого обзора этих работ докладчик сформулировал основные задачи дальнейших исследований в этой области: развитие и улучшение экспериментальных методов, проведение в значительно большем объеме исследований со всеми генераторами, применяемыми на практике; теоретический анализ флюктуаций в разных генераторах (генераторах СВЧ, генераторах на полупроводниках и т. д.), для чего необходимо более широкое исследование физики флюктуаций в различных устройствах. Изучение должно вестись с учетом как естественных, так и технических факторов, так как воздействие последних весьма существенно для многих практических проблем.

На пленарном заседании 13 октября был заслушан также доклад С. М. Рытова „К теории флюктуаций в сильно нелинейных автоколебательных системах“. В докладе изложен метод расчета флюктуаций в сильно нелинейных автоколебательных системах, допускающих кусочно-линейную аппроксимацию их характеристик (метод припасовывания). Общая теория иллюстрируется на примере частного случая системы с одной степенью свободы. Заранее предполагая существование устойчивого предельного цикла, С. М. Рытов на основе метода точечных преобразований исследовал случайные „огбросы“ изображающей точки с цикла и ее блуждания вдоль цикла (диффузию „фазы“). Найдены статистические характеристики флюктуаций, в частности, коэффициент диффузии „фазы“. В пренебрежении „амплитудными“ флюктуациями получен спектр автоколебаний. Показано, что ширины линий на уровне половинной интенсивности пропорциональны квадрату номера гармоники, а их интегральные интенсивности те же, что и в отсутствие флюктуаций. В заключение в качестве примера рассмотрен ламповый генератор с Z-характеристикой, контуром в аноде и индуктивной обратной связью,

## 14—17 октября проходила работа секций

### *Первая секция „Флюктуации в автоколебательных, радиоизмерительных и усилительных системах“*

В докладе А. Н. Малахова (Горький, НИРФИ) „Ширина спектральной линии генераторов и флюктуации параметров“ была рассмотрена автоколебательная система, описываемая дифференциальным уравнением  $n$ -го порядка, коэффициенты которого испытывают малые флюктуации около своих средних значений. Методом возмущений находится уширение спектральной линии автоколебаний, связанное с этими флюктуациями. Показано, что уширение спектральной линии автоколебаний может порождаться, во-первых, медленными (по сравнению с периодом автоколебаний) флюктуациями параметров и, во-вторых, быстрыми флюктуациями параметров, спектр которых расположен в общем случае, вблизи частот  $k\omega_0$  ( $k=1,2,3\dots$ ), где  $\omega_0$  — частота автоколебаний.

Широкую дискуссию вызвал доклад М. Е. Жаботинского и П. Е. Зильбермана (Москва, ИРЭ АН СССР) „О флюктуациях в кварцевых генераторах“, в котором рассмотрено несколько конкретных схем с учетом влияния дробовых и тепловых шумов. Найдены выражения для флюктуаций амплитуды напряжения на кварце и на контуре, а также для флюктуаций фазы генератора. Показано, что ширина линии примерно на два порядка меньше, чем у обычных генераторов. Отмечена своеобразная связь воздействия амплитудных флюктуаций контура с непосредственным действием дробовых толчков, ведущая к уменьшению влияния последних на диффузию фазы генератора. Это утверждение вызвало дискуссию.

С. И. Титов (Харьков, ХГИИМП) отметил, что в 1953 г. им проводилось измерение флюктуации частоты кварцевых генераторов, причем результаты опыта резко расходятся с теорией. (Результаты работы не были опубликованы.)

А. Н. Малахов указал на возможность наглядного и простого объяснения уменьшения естественной ширины линии кварцевого генератора.

В заключительном слове П. Е. Зильберман заявил, что он по-прежнему считает высокую стабильность фазы результатом воздействия амплитудных флюктуаций, хотя и допускает возможность иной интерпретации этого явления.

В докладе В. С. Троицкого (Горький, НИРФИ) „Спектральная ширина линий ламповых генераторов и фликкер-шум“ изложен метод расчета воздействия медленных флюктуаций на частоту и амплитуду колебания автогенератора. Показано, что фликкер-шум лампы может оказывать влияние на флюктуации амплитуды и частоты колебаний, благодаря чему контур линии приобретает допплеровскую форму, с шириной, на много порядков превышающей естественную ширину линии.

Р. Л. Стратонович, П. С. Ланда (Москва, МГУ) в докладе „Воздействие шумов на генератор с жестким возбуждением“ рассмотрели автоколебательную систему в жестком режиме возбуждения, находящуюся под воздействием шумов и внешней периодической силы. Ими был проведен расчет вероятностей возбуждения и срыва автоколебаний в течение заданного промежутка времени.

Актуальному вопросу „Исследование нестабильности частоты, вносимой умножителями частоты, и спектра выходного колебания“ был посвящен доклад М. З. Клюмеля (НИИФТРИ). В результате экспериментального исследования были обнаружены медленные уходы частоты. Установлено, что при коэффициенте умножения порядка  $10^6$  относительное уширение спектральной линии выходного колебания меньше  $2 \cdot 10^{-11}$ , если на вход умножителя подано чисто синусоидальное колебание. Получено выражение для напряжения на выходе умножителя с учетом его внутренних шумов, а также выражение для нестабильности частоты, вносимое умножителем.

В докладе Ю. А. Драгина (Горький, НИРФИ) „Исследование технических уходов частоты ламповых генераторов“ описывается методика измерения технических уходов частоты ламповых генераторов и приводятся результаты измерения с генераторами, работавшими в диапазоне от 20 до 200 мгц. Спектральная плотность флюктуаций частоты оказалась обратно пропорциональной частоте наблюдения. Ю. А. Драгиным разработана схема генератора с ослабленной связью лампы с конденсатором, обеспечивающая большую стабильность частоты, чем обычные схемы.

В докладе А. А. Николаева „К теории колебаний и шумов в многоскоростных электронных потоках“ изложен метод решения задач о колебаниях и шумах в одномерных многоскоростных электронных потоках с помощью теоремы Лиувилля. Процессы, происходящие в зоне ускорения и пролега, связываются с процессами на катоде. Приводятся результаты решения интегрального уравнения, полученного для дрейфующего электронного потока. Показано, что в отличие от однокрасотного приближения быстрая волна, возбуждаемая в дрейфующем потоке с максвелловским распределением скоростей, при некоторых условиях затухает в направлении движения электронов, что приводит, в частности, к росту минимальных значений шумового тока в том же направлении.

В докладе Е. Н. Базарова и М. Е. Жаботинского (Москва, ИРЭ АН СССР) „Флюктуации в отражательном кристалле“ теоретически рассмотрены флюктуации в режиме синхронизации при резонансе второго рода, а также

синхронизации на обертоне, исследованы флюктуации в автоколебательном режиме при произвольном угле пролета.

В докладе С. А. Ахманова и Г. Ф. Антонова (Москва, МГУ) „Флюктуации в генераторе СВЧ-радиоимпульсов на отражательном кристалле“ рассмотрено воздействие флюктуаций на генератор, работающий в импульсном режиме, проявляющихся в флюктуациях времени установления стационарной амплитуды и фазы, средней частоты и амплитуды высокочастотного заполнения импульса. Найдены функции распределения огибающей при запуске генератора для линейной и нелинейной частей процесса установления. Показано, что при учете нелинейности нестационарная дисперсия амплитуды с течением времени сначала возрастает, а затем стремится к своему стационарному значению. Экспериментально измерены функции распределения огибающей и исследованы флюктуации средней частоты заполнения радиоимпульса.

В докладе В. Н. Никонова (Горький, НИРФИ) „Об исследовании флюктуаций колебаний кристаллического генератора“ рассматривается случайная модуляция колебаний по амплитуде и частоте. Анализ полученных выражений для спектральных плотностей флюктуаций амплитуды и частоты показывает, что интенсивность флюктуаций зависит от номера области генерации, электронной настройки и амплитуды колебаний. Неизохронность генератора приводит к возникновению дополнительных флюктуаций частоты за счет флюктуаций амплитуды. Измеренное значение естественной ширины линии для кристаллов К-19 и К-20—порядка 1 гц. Результаты эксперимента находятся в хорошем соответствии с теорией.

В докладе С. А. Ахманова „Медленные флюктуации частоты и амплитуды в отражательном кристалле“ приводятся результаты экспериментального исследования спектральных плотностей флюктуаций частоты и амплитуды в отражательном кристалле трехсанитметрового диапазона в диапазоне звуковых частот от 100 гц до 5 кгц. Спектральная плотность флюктуаций частоты  $f$  кристалла, питающегося от аккумуляторов по всем электродам, изменяется в указанном диапазоне как  $1/f$ . На частотах выше  $7 \div 9$  кгц спектр становится равномерным.

В докладе В. Б. Бердакцева „О корреляции флюктуаций одномерного многоскоростного электронного потока в пространстве дрейфа“ рассматривается продольное электрическое поле одиночного электрона в многоскоростном потоке. Одномерный нерелятивистский поток описывается кинетическим уравнением с самосогласованным полем. Стационарная функция распределения близка к максвелловской. По методу Н. Н. Боголюбова получены формулы для флюктуаций тока в электронном пучке с учетом корреляции. Обосновывается возможность распространения полученных результатов на многоскоростные электронные потоки ограниченного сечения.

Доклад И. Г. Акопяна (Москва, МГУ) „Экспериментальное исследование влияния флюктуационных помех на процессы синхронизации в автогенераторе“ был посвящен изложению методики непосредственного измерения флюктуаций фазы, амплитуды и уходов средней частоты синхронизируемого автогенератора под влиянием внешней флюктуационной силы. В основе эксперимента лежало использование и развитие метода исследования случайных процессов с помощью электронно-лучевой трубки.

В докладе Ю. М. Романовского и Р. Л. Страгоновича (Москва, МГУ) „Параметрическое воздействие случайной силы на линейные и нелинейные колебательные системы“ рассмотрена колебательная система, описываемая дифференциальным уравнением второго порядка, в котором коэффициент, определяющий собственную частоту, флюктуирует относительно среднего значения. Для линейных систем найдены условия возбуждения (в тех случаях, когда характеристическая ширина спектра флюктуаций существенно меньше или больше ширины полосы системы). Определены границы области главного параметрического резонанса при одновременном параметрическом воздействии гармонической силы и широкополосного шума. Для системы с нелинейным трением определены стационарные законы распределения вероятностей для амплитуды и фазы.

Доклад А. Н. Малахова и А. И. Чикина (Горький, НИРФИ) „Флюктуации коэффициентов усиления полупроводниковых усилителей“ был посвящен экспериментальному исследованию флюктуаций усиления в схемах на стандартных полупроводниковых триодах.

В докладе А. И. Чикина „Фликкер-шум современных электронных ламп“ приведены результаты измерения спектров низкочастотных шумов современных радиоламп металлической и пальчиковой серий. Показано, что спектральная плотность мощности низкочастотных шумов исследованных типов радиоламп в диапазоне  $1 \div 400$  гц подчиняется закону  $A f^\alpha$ . Определены параметры  $A$  и  $\alpha$  для различных типов радиоламп в разных режимах. Докладчик заметил, что фликкер-шум однотипных ламп, выпущенных в разное время, меньше у последних выпусков, что, по его мнению, свидетельствует об улучшении технологии изготовления катодов.

Доклад Г. П. Аушвинского (Ленинград, ГАО) „Спектральные особенности ЛБВ и газоразрядной шумовой трубки“ был посвящен особенностям распространения шумов в электронных потоках и в плазме.

В докладе Г. Л. Сушкина (Горький, НИРФИ) „Обобщение соотношений

взаимности Онзагера на случай линейных систем, не подчиняющихся теореме взаимности" выведены условия, при которых нарушаются известные в термодинамике необратимые процессы соотношения Онзагера—Казимира. Показано, что эти условия совпадают со случаем нарушения теоремы взаимности (например, в ферритах). В качестве примера приведено обобщение волноводных законов Кирхгофа на случай полупрозрачных невзаимных симметричных излучателей. Отмечена возможность модификации термоэлектрических эффектов при нарушении теоремы взаимности.

В докладе Б. Б. Буховцева, А. Е. Ордановича и В. И. Шмальгаузена (Москва, МГУ) "Некоторые методы экспериментального определения статистических характеристик случайных сигналов" получена функция распределения для случайного сигнала путем фотографирования с использованием катодного осциллографа. С помощью многоканального дискриминатора с различными временами усреднения исследованы случайные сигналы в звуковом диапазоне.

В докладе В. И. Таланова и Н. М. Шероновой (Горький, НИРФИ) "О влиянии случайных ошибок в распределении источников на диаграммы направленности антенн бегущей волны" показано, что в случае непрерывного распределения источников случайные отклонения фазовой скорости волны на антenne от среднего значения накладывают предел на максимально возможный коэффициент направленного действия антennы при увеличении ее длины. То же самое имеет место для волноводных антенн с дискретным распределением излучающих щелей.

В докладе Ф. В. Бункина (Москва, ФИАН) "Эффект Баркгаузена в переменном поле" указан необходимый критерий физической осуществимости модели, описывающей статистический характер циклического перемагничивания ферромагнетиков, и обсуждены две возможные модели для однодоменного образца. Получены выражения для спектра шумов ЭДС индукции.

В докладе К. А. Горошиной и А. А. Грачева (Горький, НИРФИ) "Флюктуации при периодическом перемагничивании ферромагнетиков" рассмотрена (с учетом корреляции перемагничивания отдельных областей) спектральная плотность шумов и остаточных флюктуирующих четных гармоник, появляющихся при периодическом перемагничивании ферромагнетиков. Приведены результаты сравнения расчета с многочисленными экспериментами.

При обсуждении этого доклада Т. В. Калачевский, ссылаясь на опыт, заметил, что, по крайней мере, для образцов с небольшим числом крупных доменов флюктуации момента начала скачка малы.

И. Потемкин (Москва, МГУ) рассказал об экспериментах по изучению спектра однократного перемагничивания и отметил, что учет эффекта последействия существен для исследования предельной чувствительности магнитных усилителей.

Доклад Р. Л. Стратоновича "Оптимальные нелинейные приемные системы, осуществляющие выделение полезного сигнала из шума" был посвящен вопросу, при решении которого используются методы теории информации.

В докладе Ф. Г. Басса и М. И. Каганова (Харьков, ИРЭ АН УССР) "Корреляционные соотношения для случайных электронных токов и полей при низких температурах" рассмотрено влияние длины свободного пробега электронов на корреляционные соотношения между компонентами случайных токов и полей в металле. На основе кинетического уравнения для электронов проводимости показано, что радиус корреляции всегда совпадает с наибольшей из двух величин: толщиной скин-слоя или длиной свободного пробега.

Серьезные возражения встретил доклад В. Ф. Мгеладзе, В. Ф. Неструка (Ленинград, ЛКИ) "О некоторых методах обнаружения и измерения слабых сигналов".

Выступавший в дискуссии В. С. Троицкий указал на то, что приводимые докладчиками результаты эксперимента полностью укладываются в рамки уже известных методов приема.

С докладом "Прибор для измерения одномерных и двумерных законов распределения случайных величин" выступил М. С. Александров (Москва, ИРЭ АН СССР).

В докладе В. И. Беспалова (Горький, НИРФИ) "Некоторые вопросы распространения волн в случайно неоднородных экранированных линиях передачи" приведены результаты исследования линии передачи с дискретными и распределенными случайными неоднородностями. Рассмотрены статистические характеристики коэффициента ограждения в диапазоне частот. Получены, в частности, условия, при которых средний по ансамблю квадрат модуля коэффициента отражения совпадает со средним значением той же величины в диапазоне частот. Найдены соотношения между средними мощностями в волнах на входе и выходе неоднородных линий.

В докладе Ю. Е. Дьякова (Москва, ГРКЭ) "Фазовое детектирование в присутствии шума" теоретически рассмотрена погрешность фазового детектора с опорным напряжением, обусловленная шумами (с учетом инерционности детектора и реакций нагрузки на точки через диоды).

## Вторая секция „Распространение волн в статистически неоднородных средах“

Заседание секции открылось докладом Н. Г. Денисова и В. А. Зверева (Горький, НИРФИ), в котором был сделан обзор по феноменологической тео-

рии распространения в средах с нерегулярными неоднородностями. Были рассмотрены методы вычисления корреляционных функций поля, прошедшего через неоднородный слой, методы решения задачи дифракции на случайных экранах и обсуждены некоторые вопросы теории рассеяния.

В докладе Н. Г. Денисова "О распространении волн в плоско-слоистой среде, содержащей статистические неоднородности" приведены результаты решения задачи о распространении волн в среде со случайными неоднородностями при наличии регулярного изменения показателя преломления по высоте. Решение этой задачи в ее общей постановке встречается с большими математическими трудностями. Однако в приближении геометрической оптики учет рефракции легко проводится в рамках известной статистической схемы; для малых углов рассеяния угловой спектр и флюктуации угла прихода волны можно получить путем решения уравнения Эйнштейна—Фоккера. На основе уравнений лучевой теории также легко можно рассчитать флюктуации интенсивности и эффективный поперечник рассеяния при учете рефракции рассеянного поля.

М. И. Родак (Москва, ИРЭ АН СССР) сообщила о результатах теоретического исследования рассеяния радиоволн на блуждающих неоднородностях. В докладе рассматривался случай, когда первичное излучение не является монохроматическим. В этой задаче интерес представляет функция корреляции рассеянного излучения, которая определяет и спектр рассеянного поля. На основе полученных автором выражений для функции корреляции показано, что при рассеянии немонохроматического излучения на блуждающих неоднородностях функция корреляции определяется взвешенной суммой функций корреляции, получающихся при монохроматическом облучении. Это утверждение, естественно, справедливо и для спектра рассеянного излучения. Докладчиком получена также функция корреляции интенсивности рассеянного поля в том случае, когда рассеивающий объем велик; при этом удается выяснить влияние немонохроматичности первичного облучения. В докладе были указаны некоторые возможности обнаружения блуждания неоднородностей даже при наличии сильной немонохроматичности сигнала.

В своем докладе Ю. К. Калинин (Москва, НИЗМИР) изложил результаты расчета поля волны, распространяющейся вдоль неоднородной трассы Земли. Учитывалась сферичность Земли и предполагалось, что комплексная проницаемость  $\xi'$  является случайной функцией двух переменных. Решение основного интегрального уравнения получено методом итерации. Проведенный расчет показал, что поле на трассе со средними свойствами совпадает с усредненным полем с точностью, определяемой средним квадратичным отклонением функции  $(\xi')^{-1/2}$ . Показано также, что замена случайно неоднородной трассы со средней проводимостью возможна тогда, когда трасса состоит из достаточно длинных однородных участков. Ю. К. Калининым был также рассмотрен случай трассы, содержащей шероховатые пологие неровности. Такая задача, как обычно, решалась при помощи некоторого изменения граничных условий.

М. А. Каллистратова (Москва, ИФА АН СССР) в кратком сообщении рассказала о результатах экспериментального исследования рассеяния звуковых волн в приземном слое атмосферы. Рассеивающий объем облучался звуковыми импульсами длительностью 2 мксек с частотой заполнения 11 кгц. Импульсы создавались мощным конденсаторным излучателем с узкой диаграммой направленности. Прием сигналов, рассеянных под углами от 25° до 50°, осуществлялся при помощи аналогичного устройства. Измеренная интенсивность рассеянного поля и характер зависимости рассеяния от скорости ветра и пульсаций температуры хорошо согласуются с расчетными.

С интересом был выслушан доклад О. И. Яковлева и В. И. Бочарова (Томск, СФТИ), "Об обратном рассеянии коротких радиоволн нижней ионосферой". В докладе приведены результаты теоретического расчета и экспериментальные данные исследований обратного рассеяния радиоволн на нерегулярных неоднородностях ионосферы. Подобные эксперименты пока что малочисленны, но представляют большой интерес с точки зрения исследования неоднородной структуры ионосферы. Предварительные результаты эксперимента, поставленного авторами, указывают на возможность регулярного приема рассеянных ионосферой сигналов на частоте 12 мгц. Экспериментальные данные позволяют сделать заключение о том, на какой высоте происходит рассеяние. Несомненно, что такие исследования, особенно наблюдения за федингами рассеянного сигнала в комплексе с изучением ветров в ионосфере, могут дать ценную информацию о природе неоднородностей в нижней ионосфере.

В. И. Татарский (Москва, ИФА АН СССР) выступил с сообщением на тему "Рассеяние волн на случайных неоднородностях показателя преломления в приближении френелевской дифракции". В теории рассеяния обычно предполагают, что излучатель и приемник находятся в зоне фраунгоферовой дифракции, когда выполняются условия  $\lambda r \gg L^2$ ,  $\lambda R \gg L^2$  ( $L$ —размеры рассеивающего объема,  $R$  и  $r$ —расстояния от излучателя и приемника до рассеивающего объема). Автор доклада сообщил о результатах расчета рассеяния для случая, когда обычные неравенства заменяются более слабыми:  $\lambda r^2 \gg L^3$ ,  $\lambda R^2 \gg L^3$  (френелевское приближение). Рассмотрен конкретный пример пространственного спектра неоднородностей показателя преломления, представленного степенной функцией вида  $x^\alpha$  ( $x$ —волновое число).

**Третья секция „Статистические явления в квантовых усилителях, генераторах и спектроскопах“**

Первым был заслушан доклад Н. В. Карлова и Б. М. Чихачева (Москва, ФИАН). „О чувствительности радиометров в квантовой области“. Авторы рассмотрели вопрос о предельной чувствительности измерения эффективной температуры шумов в случае, если их мощность определяется квантовой формулой Найквиста. Показано, что чувствительность радиотелескопа существенно определяется квантовыми эффектами даже при  $\hbar\omega < kT$ .

В докладе В. С. Троицкого и В. Б. Цареградского (Горький, НИРФИ) „О чувствительности усилителя на пучке возбужденных молекул“ определены усиление, полоса пропускания и флюктуационный порог чувствительности усилителя на пучке возбужденных молекул. Флюктуационный порог чувствительности определяется внутренними шумами усилителя — спонтанным излучением молекул и гепловым шумом контура; влияние дробового эффекта погока молекул оказывается преобладающим. Надлежащим выбором параметров усилителя влияние теплового шума контура на чувствительность может быть уменьшено; при этом, однако, возрастают шумы спонгового излучения. По проведенным оценкам минимальные внутренние шумы составляют всего лишь  $8^\circ K$  (при комнатной температуре контура усилителя и оптимальном выборе параметров).

В докладе В. С. Троицкого „Влияние спонтанного излучения на спектральную ширину линии молекулярного генератора“ показано, что для существующих молекулярных генераторов спонтанное излучение молекул приводит к уширению спектральной линии колебаний, обусловленной гепловыми шумами контура генератора и дробовым эффектом потока молекул. При некоторых предположениях о характере спонтанного радиоизлучения уширение линии равно ширине спектра спонтанного излучения одной молекулы, излучающей в контуре генератора.

В. М. Файн выступил с критическими замечаниями относительно оценки величины спонтанного излучения.

В докладе Г. Л. Чукина „Возбуждение резонаторов дипольно излучающими молекулами“ в приближении заданных дипольных гоков исследован процесс возбуждения резонаторов молекулярных генераторов и усилителей. Найдены предельные значения размеров резонаторов при заданной добротности, обеспечивающие исключение влияния продольного допплер-эффекта. Даны оценки реалистических эффектов, возникающих за счет собственного движения молекул. Показано, что в случае монокинетического пучка продольный допплер-эффект вызывает удвоение линии излучения.

В докладе И. Л. Берштейна и Ю. А. Дрягина „Применение молекулярного генератора в качестве опорного сигнала стабильной частоты для системы фазовой автоподстройки частоты мощного генератора“ описана экспериментальная установка, в которой восьмая гармоника колебаний кристалона с точностью до фазы совпадает с колебаниями молекулярного генератора. Относительная стабильность частоты выходного сигнала в этом случае равна относительной стабильности молекулярного генератора.

Обзорный доклад В. М. Файна (Горький, НИРФИ) „Квантовые явления в радиодиапазоне“ содержал краткое изложение результатов, полученных автором для квантово-механических систем в ограниченном пространстве. Путем введения квазиспиновых характеристик для системы с двумя уровнями В. М. Файн свел задачу о возбуждении контура квантово-механическими излучателями к классической. В частном случае из формализма, развитого докладчиком, следуют результаты Дика.

Доклад Ф. В. Бункина „Об инверсии уровней зеемановского расщепления“ был посвящен исследованию влияния поперечных возмущений магнитного поля на инверсию уровней зеемановского расщепления при адабатическом изменении знака магнитного поля (с сохранением его первоначального направления). Рассматриваемый вопрос представляет интерес при создании парамагнитных и ферромагнитных усилительных и генераторных квантово-механических систем с двумя уровнями.

В докладе Ф. И. Скрипова (Ленинград, ЛГУ) „Ядерно-резонансный генератор низкой частоты“ описан построенный автором оригинальный парамагнитный генератор на воде. Прецессия магнитных моментов ядер, определяющая частоту генерации, происходит в магнитном поле Земли.

В докладе Л. Л. Мясникова, В. Ф. Волкова, А. И. Наумова и В. В. Строганова (Горький, НИРФИ) „К методике атомно-лучевой радиоспектроскопии“ рассмотрены флюктуационные процессы в радиоспектроскопе с разделенными переменными полями по схеме Рамзая. Исследована зависимость ширины спектральной линии от флюктуаций сдвига фаз колебаний в резонаторах. Дано наглядное объяснение формы контура резонансной линии как результат интерференции. На основе оптической аналогии с эшелоном предложена система, состоящая из цепочки резонаторов и допускающая дальнейшее обострение максимума. Ориентировочный расчет вероятности спонтанного излучения и соответствующего уширения спектральной линии приводят в методе Рамзая к установлению предела для уменьшения средней скорости атомов в пучке. Тем самым ограничивается возможность применения медленных часгий для атомно-лучевых стабилизаторов частоты.

Следует отметить также доклады С. А. Ахманова, С. Д. Гвоздовера, Ю. С. Константинова, И. Т. Трофименко (Москва, МГУ) „Автодинный радиоспектроскоп в трехсантиметровом диапазоне“ и Н. М. Александрова, П. М. Бородина, В. В. Москалева и Ф. И. Скрипова (Ленинград, ЛГУ) „Разработка аппаратуры для исследования молекулярных и кристаллических структур методом ядерного-магнитного резонанса“

На заключительном пленарном заседании 18 октября был заслушан обзорный доклад А. Н. Малахова „Фликкер-шум элекронных ламп, полупроводников, сопротивлений и т. д.“, посвященный проблеме низкочастотной части спектра фликкер-шума, и доклад А. М. Манскова (Москва, ФИАН) на тему „Молекулярные усилители и генераторы“

## II. ИЗ РЕШЕНИЙ КОНФЕРЕНЦИИ

В решениях конференции отмечено, что наряду с некоторыми успехами теоретических и экспериментальных исследований в области статистической радиофизики исследовательская работа отстает от запросов практики. В приведенных ниже решениях конференции дана оценка состояния отдельных разделов статистической радиофизики, намечены первоочередные проблемы, ждущие своего разрешения, а также сделан ряд организационных предложений.

### *I. Статистические явления в генераторных, усилительных и радиоизмерительных устройствах*

1. Для обычных ламповых автогенераторов вопросы, связанные с естественными флуктуациями (тепловой и дробовой шумы), можно считать в основном выясненными. Дальнейшие исследования необходимо сосредоточить на проблемах, относящихся к случайному техническим уходам и статистическим свойствам процессов, обуславливающих эти уходы.

2. В отношении статистических явлений в усилительных и радиоизмерительных устройствах конференция отмечает наличие особенно значительного отставания теории и эксперимента от практических задач. Необходимо существенно расширить фронт теоретических работ по вопросам трансформации шумов в иперционно-нелинейных и параметрических системах, оптимальных систем приема сигналов, чувствительности и помехоустойчивости, не ограничиваясь при этом случаем нормального белого шума и уделяя особое внимание новым видам усилителей (парамагнитные, ферритовые и т. д.).

3. Конференция отмечает недостаточное число теоретических и экспериментальных отечественных исследований физики фликкер-шума, исследований методов уменьшения фликкер-шума в различной радиоаппаратуре и считает необходимым усилить развертывание работ в этом направлении.

4. Наряду с этим уже достигнутый уровень теоретических и экспериментальных работ вполне позволяет перейти к широкой разработке приборов для технических измерений статистических свойств шумов и сигналов (функций корреляции, моментов, функций распределения). Важной задачей является переход на основе технических разработок к промышленному серийному выпуску таких приборов.

Конференция рекомендует, как первоочередные, следующие направления научных работ:

а) углубленное экспериментальное и теоретическое изучение физической природы различных шумов — эффекта мерцания, явлений сгущения, шумов в диэлектриках и полупроводниках, электронных потоках и электрическом разряде и т. п.;

б) развитие динамической и флуктуационной теории ряда типов электронных приборов, в особенности магнегронов, ЛБВ, ЛОВ и клистронов;

в) развитие статистических методов, пригодных для исследования автоколебательных систем в общем случае, а не только систем томсоновского типа;

г) экспериментальное изучение флуктуаций в автогенераторах и усилителях различных типов, в том числе полупроводниковых и магнитных и, в особенности, в приборах диапазона СВЧ.

### *II. Распространение волн в статистически неоднородных средах*

Конференция отмечает, что достигнуты известные успехи:

а) в теории распространения волн вдоль неоднородной трассы и в теории распространения волн в средах, содержащих случайные неоднородности;

б)

в экспериментальном исследовании рассеяния радиоволн нижней ионосферой. Конференция отмечает удовлетворительное состояние теории распространения волн в турбулентной атмосфере, которая согласуется с экспериментальными наблюдениями в этой области, а также успех теоретических исследований по рассеянию волн в тропосфере. Существует, однако, значительная оторванность последних от эксперимен-

тов по дальней связи на УКВ. Поэтому необходимо расширить работы по обоснованию и проверке существующих теорий и в целях создания устойчивых каналов связи на дальние расстояния. Необходимо расширить также экспериментальные исследования по рассеянию радиоволн в ионосфере и по изучению неоднородной структуры последней. Необходимо проводить дальнейшие исследования флюктуаций излучения, приходящего от внеземных источников. Особое внимание следует уделить методам, основанным на изучении статистической структуры поля рассеянных ионосферой сигналов.

### *III. Статистические явления в квантовой радиофизике*

Конференция отмечает большую актуальность исследования статистических явлений и шумов в устройствах, использующих квантовые явления в радиодиапазоне. Конференция отмечает также, что эти исследования проводятся в совершенно недостаточных размерах, медленно развиваются и носят пока преимущественно теоретический характер. Экспериментальных работ по статистическим явлениям в указанной области нет совсем. Конференция считает важным в научном и практическом отношении направить усилия на теоретические и в особенности экспериментальные исследования статистических процессов в устройствах, использующих квантовые явления, и в первую очередь на

- 1) теоретическое и экспериментальное исследование происхождения шумов в квантовых усилителях, генераторах, радиоспектрографах;
- 2) разработку методики исследования весьма слабых шумов различного происхождения в квантовых усилителях, генераторах и радиоспектрографах;
- 3) исследование флюктуаций амплитуды и частоты колебаний различных квантовых генераторов естественного и технического происхождения;
- 4) исследование шумов и пороговой чувствительности квантовых усилителей и радиоспектрографов различных диапазонов волн.

### *IV. Организационные предложения конференции*

1. Создать постоянную межведомственную комиссию по статистической радиофизике при Радиосовете АН СССР.

2. Постоянной межведомственной комиссии разработать в ближайшее время, в связи с семилетним планом развития народного хозяйства СССР, предложения по организации научно-исследовательской работы в области статистической радиофизики, включая план создания профицированных научно-исследовательских учреждений и проблемных лабораторий.

3. Оргкомитету от имени конференции обратиться а) в Министерство высшего образования с предложением включить в учебные планы радиофизических факультетов курс статистической радиофизики, подобно курсу, читаемому на радиофизическом факультете Московского физико-технического института, б) в Министерство высшего образования и Радиосовет АН СССР с предложением созвать в 1960—61 гг. международную конференцию по статистической радиофизике в г. Москве.