

## **Исследование антенных систем в мире и стране. Вклад ученых радиофизического факультета** (Н. Н. Горобец)

В рамках сложившейся к настоящему времени научной школы «Прикладная электродинамика, излучение и распространение электромагнитных волн» коллектив кафедры достиг значительных успехов, завоевал ведущие позиции в мире и высокий международный научный авторитет. Проведены и проводятся фундаментальные исследования явлений излучения электромагнитных волн, их распространения, дифракции, рассеяния, трансформации, преобразования поляризации и деполаризации, разработки аналитических и численных методов решения задач макроскопической электродинамики на основе строгих методов математической физики и современных компьютерных технологий вычислительной математики, исследования амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик электромагнитных полей на малых расстояниях от излучающих систем. В плане прикладных исследований и разработок создавались новые типы антенн и устройств микроволновой техники, в частности остронаправленные многолучевые многодиапазонные многоканальные антенны, работающие в ортогональном линейнополяризованном базисе или с поляризационным разделением каналов, сверхширокополосных и малогабаритных излучателей и антенных решеток на их основе.

Научное содержание работ кафедры определялось необходимостью поиска новых, нестандартных методов решения внутренних и внешних задач электродинамики и разработок новых, часто опережающих свое время технических решений в области антенной техники.

За годы существования кафедры преподаватели, научные сотрудники и студенты кафедры опубликовали 14 монографий, около 2000 статей и докладов, разработали 150 изобретений, выполнили около 120 госбюджетных и хозяйственных научно-исследовательских работ, подготовили целую гору — более 200 томов научно-технических отчетов по НИР. Преподаватели, аспиранты и сотрудники кафедры защитили 9 докторских и 51 кандидатскую диссертацию.

Научные исследования проводились в рамках научно-исследовательской части (НИЧ) университета в двух научно-исследовательских лабораториях:

— электродинамики излучающих систем (на лабораторном жаргоне — антенная лаборатория) — руководитель профессор Н. Н. Горобец;  
— оптической и радиоголографии, руководитель доктор технических наук, доцент Г. С. Сафронов, а после его смерти — его ученик кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник В. П. Титарь.

Коллективом антенной лаборатории было выполнено более 100 госбюджетных и хоздоговорных НИР. Самые первые хоздоговорные работы («Поляриметр», «Эллипс», «Угол» и «Амплитуда», заказчики — ИРЭ АН УССР (г. Харьков) и НПО «Вега» (г. Москва)) были выполнены в 1961–1966 гг. по инициативе и под руководством зав. кафедрой канд. техн. наук, доцента Юрия Васильевича Шубарина. Эти работы выполнялись по актуальной тематике — разработке теории и техники зеркальных и волноводно-щелевых антенн с круговой поляризацией. По первому направлению ответственными исполнителями были Т. Г. Шеина и Н. Н. Горобец, по второму — Т. Н. Анищенко, Л. П. Яцук, В. А. Лященко, В. И. Чеботарев, Ю. А. Колтаков. Научные проблемы в этих задачах состояли в изучении поляризационных эффектов в электродинамике излучающих систем. В те годы эта тематика была остроактуальной и интенсивно прорабатывалась во всем мире в связи с созданием атомного оружия и обострением «холодной войны». Суть дела заключалась в том, что поляризационная селекция и поляризационная обработка сигналов в радиолокации позволяет решить задачу распознавания удаленных объектов, отражающих электромагнитные волны. Понятно, что жизненно важно знать — летит на нас тяжелый бомбардировщик с ядерной бомбой на борту или звено истребителей (отметки на экране классического радиолокатора в обоих случаях одинаковы). Кроме того, даже в простейшем случае применение антенны круговой поляризации на борту летательного аппарата или транспортного средства исключает потери радиосвязи в процессе движения этого средства.

Оба научных направления, связанных с теорией поляризационных эффектов в электродинамике излучающих систем, основанные Ю. В. Шубариным, были развиты его учениками и в дальнейшем были обобщены в кандидатских диссертациях Т. Н. Анищенко (1962 г.), Н. Н. Горобца (1965 г.), Л. П. Яцук (1967 г.), В. И. Чеботарева (1968 г.), В. А. Лященко (1973 г.). В дальнейшем была разработана общая методика решения задачи излучения антенн с известным амплитудным и фазовым распределением (АФР) источников поля с произвольной поляризацией и детально исследованы зависимости поляризационной диаграммы направленности (ПДН) антенны от АФР источников

и от формы излучающего раскрыва, рассмотрены поляризационные характеристики в ближней зоне апертурных антенн, определены условия синтеза круговой поляризации излучения в главном максимуме диаграммы направленности (ДН) антенны; исследованы ПДН антенн СВЧ различных типов.

Особое внимание уделялось теории и технике волноводно-щелевых одиночных излучателей и решеток. Была решена задача об излучении нерезонансной щели, прорезанной в стенке волновода, определены условия синтеза кругополяризованного излучения крестообразной щелью, прорезанной в широкой стенке прямоугольного волновода, предложены и исследованы излучатели с круговой и управляемой поляризацией на круглых, полукруглых, треугольных и Г-образных волноводах. Результаты теоретических исследований в этом направлении обобщены в статье монографического характера (Н. Н. Горобец, А. В. Жиронкина, В. А. Катрич, Л. П. Яцук, В. А. Лященко «Вопросы приближенной теории волноводно-щелевых излучателей и отверстий связи. Сборник научно-методических статей по прикладной электродинамике». М. : Высшая школа, 1983. — Вып. 5. — С.150–188). Далее рассмотрим основные научные результаты за последние годы.

**Развитие теории антенн круговой и эллиптической поляризации.** Показано, что в случае антенн с плоским раскрывом ПДН определяется правилом перемножения ПДН единичного излучателя на комплексный поляризационный множитель системы излучателей, который представляет собой дробно-линейную функцию отношения комплексных амплитуд ортогональных компонент вектора напряженности электрического поля в дальней зоне антенны. ПДН антенн с плоской апертурой, возбуждаемых электрическими и магнитными токами одновременно (волноводные, рупорные, зеркальные, линзовые и т. п. антенны), в полтора-два раза шире ПДН кругополяризованных крестообразных вибраторных, щелевых, рамочных и других подобных антенн, возбуждаемых либо только электрическими, либо только эквивалентными магнитными токами. Излучатели последнего типа не позволяют реализовать изотропные ПДН. Излучатели, возбуждаемые набегающей на раскрыв электромагнитной волной, позволяют реализовать изотропные ПДН при условии их полного согласования со свободным пространством и обеспечения равенства амплитуд ортогональных компонент поля в дальней зоне излучающего раскрыва. Сформулированы условия синтеза излучения с круговой поляризацией в главном максимуме ДН при произвольных АФР компонент поля в излучающем раскрыве антенны. В частности,

для выполнения этих условий в синфазном раскрыве со спадающими к краям с разными скоростями амплитудными распределениями источников поля по ортогональным компонентам поляризации волны в середине раскрыва должна быть эллиптической, причем большая ось эллипса должна быть параллельной той из ортогональных компонент, скорость спадания которой к краям больше.

Разработана методика расчета амплитудных, фазовых и поляризационных ДН антенн с известным АФР источников поля в ближней, промежуточной и дальней зонах наблюдения. Расчетные формулы применимы для любого расстояния от антенны и не зависят от характера зоны излучения. Расчет полей в вычислительном плане сводится к компьютерному счету интегралов от быстро осциллирующих функций известного вида. Показано, что поляризационные характеристики антенны в ближней зоне изменяются в зависимости от расстояния до точки наблюдения (т. е. при изучении волновых процессов и характеристик волн в зависимости не от угловых координат, а «по лучу») — по осциллирующим закономерностям до расстояний порядка полутора максимального размера раскрыва. ПДН антенны, характерная для ее дальней зоны, устанавливается на расстояниях, в пять раз меньших общепринятого расстояния дальней зоны  $R_{дз} > 2L^2/\lambda$ . Разработана методика определения поляризационных характеристик электромагнитного поля по трем ортогональным компонентам вектора напряженности электрического поля. Разработанные методики, алгоритмы и программы и установленные закономерности применимы при исследованиях и разработках зеркальных, линзовых, волноводных, рупорных и других типов антенн и антенных решеток с круговой, произвольной эллиптической или управляемой поляризацией.

**Теория излучения в ближней зоне линейных и апертурных антенн.** Классическое решение задачи об излучении диполя Герца записано в комплексной форме, что позволило определить в явном виде фазовые скорости ортогональных компонент излучения вблизи антенны и детально проанализировать волновые процессы в ближней зоне диполя Герца как классического варианта антенны. В результате показано, что границей ближней зоны диполя Герца является  $R_{бз} < 0,04 \lambda$ , а границей дальней зоны  $R_{дз} > 0,62 \lambda$ . Проведен анализ распределения поля в ближней зоне вибраторных антенн конечной длины и апертурных антенн произвольных размеров и обсуждены их сравнительные особенности. В частности, рассмотрены особенности формирования прожекторного луча в ближней зоне апертурных антенн. Получено распределение тока и ближнее поле тонкого импедансного вибратора в поглощающей среде.

Предложен алгоритм и программа расчета поля в ближней, промежуточной и дальней зонах.

### **Общие вопросы анализа и оптимизации характеристик антенн.**

Предложено трехпараметрическое представление амплитудного распределения источников тока в линейной антенне, что позволило описать увеличение амплитуды поля на ее краях. Показано, что такое увеличение приводит к уменьшению ширины главного лепестка ДН и увеличению боковых лепестков. Характерно, что увеличение боковых лепестков может быть значительным, что свидетельствует об аналогии таких непрерывных антенн и разреженных антенных решеток, в которых ДН имеют дифракционные лепестки. Трехпараметрическое представление АР позволяет его оптимизировать по разным критериям, в частности, по отношению КНД к коэффициенту рассеяния. Исследовалось также влияние вида АФР на характеристики рассеяния антенн. Показано, что с увеличением размеров антенны коэффициент рассеяния увеличивается, но скорость этого увеличения и предельная величина зависит от вида АР. На основе решения Л. А. Вайнштейна задачи об излучении из открытого конца круглого волновода рассчитан коэффициент рассеяния волноводного излучателя. Впервые введено понятие парциального коэффициента рассеяния по определенному уровню главного лепестка ДН (по уровню  $-3$ дБ;  $-10$ дБ и т. п.).

**Анализ и оптимизация характеристик антенных решеток** проводился на основе компьютерного счета их ДН, КНД, ширины главного лепестка, уровня боковых лепестков и коэффициента рассеяния. Изучались возможности обеспечения максимума КНД, минимума ширины главного лепестка, минимума боковых лепестков и коэффициента рассеяния, а также максимума отношения КНД к коэффициенту рассеяния при разных представлениях амплитудного распределения (в том числе — трехпараметрическом, биномиальном, усеченном биномиальном), разном расстоянии между излучателями, в особенности в решетках со слабо заполненной апертурой. Особое внимание уделялось анализу возможностей увеличения широкополосности антенных решеток бегущей волны путем их секционирования и встречной запитки элементов решетки. Рассчитано пространственное распределение мощности электромагнитного поля вблизи излучающих решеток технологических установок СВЧ.

**Антенные устройства аэрокосмических систем дистанционного зондирования поверхности и атмосферы Земли.** Разработка антенн радиометров и скаттерометров аэрокосмического базирования связана

с необходимостью решения целого ряда проблем, главные из которых следующие: обеспечение высокой чувствительности системы, связанной прежде всего с коэффициентом усиления антенны; высокое угловое и пространственное разрешение, определяемое шириной главного лепестка ДН; низкий уровень собственных шумов, что обеспечивается малыми потерями в антенне и ее хорошим согласованием; низкий уровень внешних принимаемых антенной шумов, что может быть реализовано при малом уровне боковых лепестков и фона ДН, т. е. при малом коэффициенте рассеяния антенны. Антенны должны быть также широкополосными и, как правило, работать в ортогональном линейнополяризованном базисе. Эти высокие требования к антенне по ее электродинамическим характеристикам должны быть удовлетворены при жестких требованиях к весу, габаритам, механической прочности и надежности. Разрешение этих проблем возможно только на основе разумного компромисса и связано с серьезными трудностями при создании оптимального варианта. Дополнительные трудности возникают при создании панорамных систем дистанционного зондирования Земли, в которых высокая чувствительность в элементе разрешения обеспечивается многолучевой ДН или сканированием. Принципиальное значение имеет возможность повышения разрешения методами и средствами антенной техники.

Разработана 8-лучевая зеркальная антенна для панорамного радиометра-скаттерометра 8-мм диапазона, расположенного на борту самолета-лаборатории ДЗЗ. Разработаны также другие варианты многолучевых парабло-тороидальных зеркальных антенн в сантиметровом диапазоне и волноводно-щелевые и микрополосковые многолучевые остронаправленные антенные решетки, возбуждаемые многоканальной линзой Ротмана. Разработана плоская многолучевая волноводно-щелевая решетка с диаграммообразующей схемой квазиоптического типа. В диаграммообразующей схеме требуемые парциальные ДН обеспечиваются при смещении облучателя не как обычно — поперек фокальной оси зеркала, а вдоль нее. Это стало возможным за счет использования зеркала в виде внефокальной вырезки из параблоида вращения. В результате полностью исключено затенение излучающего раскрыва зеркала групповым облучателем. Разработана сканирующая неэквидистантная решетка рупорных излучателей, работающая в ортогональном линейнополяризованном базисе в 20-см диапазоне.

Разрабатывались и исследовались многодиапазонные рупорные и зеркальные многочастотные антенны миллиметрового диапазона для трассовых и панорамных сканирующих радиометров.

Решены вопросы наземного обеспечения активных и пассивных аэрокосмических систем дистанционного зондирования земной поверхности.

Работы по **развитию теории и техники антенн различных типов** были вызваны потребностями практики, и основная их направленность связана с необходимостью оптимизации тех или иных характеристик. Прежде всего решались задачи синтеза круговой или заданной эллиптической поляризации излучения определенных типов излучателей, используемых как самостоятельно, так и в качестве облучателей остро-направленных зеркальных антенн или элементов антенных решеток. Изучались возможности обеспечения высокой развязки между каналами в ортогональном линейном, или кругополяризованном базисе. Большое внимание уделялось исследованиям диапазонных характеристик антенн. Решена задача об излучении диполя Герца и вибратора конечной длины, помещенного в середину шара из магнетодиэлектрика. Такие антенны обладают резонансными свойствами, причем добротность их тем выше, чем больше диэлектрическая и магнитная проницаемость используемого материала. Эти явления позволяют создавать миниатюрные антенны. При использовании управляемых каким-либо способом магнетодиэлектриков подобные антенны могут использоваться в качестве частотных фильтров — преселекторов радиоприемных систем с повышенной частотной избирательностью и помехозащищенностью.

Особое внимание уделялось вопросам оптимального распределения электромагнитной энергии в свободном пространстве. В этом плане актуальна задача уменьшения уровня боковых лепестков по полю и основной, и кросс-поляризованной компоненты излучения. Решение этой задачи приводит к необходимости обеспечения высокой точности расчета характеристик электромагнитных полей. Экспериментальные исследования необходимо проводить в безэховых камерах и использовать прецизионную радиоизмерительную аппаратуру с большим динамическим диапазоном.

Решение задачи и анализ излучения вибраторных и микрололосковых антенн, расположенных над экраном конечных размеров, может быть примером оптимизации распределения излучения в пространстве. Действительно, изменение высоты расположения вибраторного излучателя над экраном позволяет изменять форму ДН и величину КНД в широких пределах. Изменение же размеров и формы экрана позволяет изменять КНД, а также уровень бокового и заднего излучения. Алгоритм и программы расчетов характеристик направленности разработаны на

основе метода геометрической теории дифракции. Компьютерный анализ позволил проанализировать физические закономерности уменьшения бокового, заднего и кроссполяризованного излучения в таких антеннах.

**Разработки новых типов щелевых антенн с круговой поляризацией.** Предложен волноводно-щелевой излучатель в виде крестообразной щели, прорезанной в широкой стенке волновода П-образной формы поперечного сечения. Такие излучатели позволяют уменьшить расстояние между ними и обеспечить большее заполнение апертуры антенных решеток на их основе. Предложены кругополяризованные излучатели в виде несимметричной крестообразной щели, у которой одно плечо короче резонансного, а второе — длиннее. Длина щелей определяется первым условием синтеза круговой поляризации — обеспечение равенства амплитуд ортогональных компонент. Подобные щели обеспечивают излучение с круговой поляризацией при прорезании их в середине широкой или узкой стенки волновода, в его торце, в стенках резонаторов, полосковых линий и т. п. На основе несимметричных крестообразных щелей в диафрагме могут быть созданы волноводные поляризаторы и сверхмалогобаритные волноводные скрутки. Предложена и исследована волноводно-щелевая кругополяризованная антенна на резонаторе бегущей волны. Исследованы волноводно-щелевые антенны вытекающей волны с круговой поляризацией. Предложена вибраторно-щелевая антенна с круговой поляризацией.

**Разработки и исследования микрополосковых антенн (МПА)** были направлены на синтез круговой поляризации излучения, оптимизацию конструкции и обеспечение требуемых диапазонных характеристик. Разработана симметричная МПА круговой поляризации и оптимизированы ее размеры. Предложены другие более широкополосные варианты МПА с круговой поляризацией. Изучены возможности применения изогнутого пластинчатого вибратора для повышения эффективности МПА.

Ряд работ посвящен теории и технике широкополосных плоских спиральных антенн. Предложена и исследована однозаходная плоская арифметическая спиральная антенна. Экспериментально показано, что в такой антенне имеет место явление резонансной отсечки тока, как и в классической двухзаходной спирали, что обеспечивает ее эффективную работу в широкой полосе частот. В отличие от классического варианта в однозаходной спирали активные зоны возбуждаются в областях колец с периметрами:  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  и т. д. Возбуждение и конструкция однозаходной спирали проще, чем двухзаходной. Предложена трехзаходная плоская спиральная антенна. Изучены различные аспекты теории пло-

ских спиральных антенн конечных размеров. Предложена и исследована двухмодовая спиральная антенна со сканированием ДН. Исследованы кольцевые копланарные антенны со сканированием ДН.

**Волноводные излучатели и рупоры.** Из всех известных в настоящее время математических моделей антенн СВЧ наиболее близка к реальной антенне, по-видимому, модель излучателя в виде открытого конца круглого волновода, разработанная Л. А. Вайнштейном. Это обстоятельство было использовано для изучения физических закономерностей распределения излучения из волноводов в пространстве и определения границ применимости приближенных методов расчета излучения из волноводов. Детально исследованы методом Л. А. Вайнштейна амплитудные, фазовые и поляризационные характеристики излучения из открытого конца круглого волновода, возбуждаемого волной основного типа, высшими типами и суммой двух разных типов волн. Последний вариант использовался для обеспечения конического сканирования ДН волноводных и рупорных антенн. Показано, что приближенные апертурные методы расчета излучения из волновода удовлетворительно описывают амплитудные ДН в области переднего полупространства, причем тем точнее, чем больше раскрыт излучателя. Для расчета фазовых и поляризационных характеристик излучения из волноводов приближенные методы неприемлемы.

Разрабатывались и исследовались различные варианты волноводных и рупорных излучателей с круговой и управляемой поляризацией. Предложены такие антенны на основе 3-дБ волноводно-щелевых мостов и исследованы разные их варианты. Предложен принцип создания поля круговой поляризации возбуждением и излучением двух низших типов волн в волноводах сложной формы поперечного сечения. Исследовались излучатели на квадратных или круглых волноводах с продольными гребнями, что позволяет обеспечить близкую к круговой поляризацию излучения в широкой полосе частот. исследованы многодиапазонные волноводные и рупорные излучатели, в том числе — двухканальные, работающие в ортогональном линейно- или кругополяризованном базисе. Предложен малогабаритный излучатель в виде открытого конца коаксиального волновода, в котором за счет смещения внутреннего проводника из середины обеспечивается максимум излучения в направлении оси коаксиала при возбуждении его волной типа квази-ТЕМ. Исследованы излучатели, совмещенные с высокодобротными диэлектрическими фильтрами в их излучающем раскрыт, исследованы направленные и поляризационные характеристики волноводного излучателя с импедансным фланцем, кото-

рый широко используется в качестве облучателя зеркальных антенн для приема спутникового телевидения.

Остронаправленные зеркальные антенны исследовались теоретически и экспериментально. На основе токового метода разработан алгоритм и программа компьютерного расчета диаграмм направленности и КНД зеркальных антенн. Размеры и форма зеркала задаются отдельной подпрограммой. Облучатель задается его математической моделью. На положение облучателя в области фокуса зеркала не накладывается никаких ограничений. Предусмотрена возможность изменения ориентации облучателя произвольным образом. Разработанный методический подход позволяет обеспечить конструктивный синтез системы «зеркало + облучатель», оптимальный по какому-либо параметру: по максимуму КНД, минимуму ширины главного лепестка ДН, минимуму первого бокового лепестка. Возможна также оптимизация геометрических размеров антенны по заданным характеристикам направленности. Особое внимание уделялось анализу диапазонных свойств и характеристик сканирования зеркальных антенн. Предложена в аналитическом виде форма отражающей поверхности зеркала, описывающая любой вариант между параболической и сферической поверхностями. Показано, что выбором поверхности из этого класса можно уменьшить потери усиления сканирующей или многолучевой зеркальной антенны в заданном секторе сканирования. Предложена зеркальная антенна с подавлением кросс-поляризованного излучения. Методом геометрической теории дифракции рассчитаны направленные и поляризационные характеристики угловых антенн с конечными размерами граней уголка и произвольным углом между ними.

Предложены и исследованы **волноводные линзовые антенны** постоянной толщины. Эффект фокусировки обеспечивается соответствующим выбором размеров поперечного сечения волноводов.

Исследования возможности решения задач обеспечения межсистемной электромагнитной совместимости РЭС методами и средствами антенной техники. Проанализированы возможности использования поляризационных эффектов в электродинамике для решения задач обеспечения ЭМС РЭС.

По результатам этих исследований защитили докторские диссертации Н. Н. Горобец (1983 г.), Л. П. Яцук (1997 г.), В. А. Катрич (2005 г.), Н. П. Елисеева (2010 г.), М. В. Нестеренко (2012 г.), а также докторанты кафедры И. И. Шумлянский (1997 г.), Ю. М. Пенкин (2001 г.) и В. В. Овсянников (2002 г.).

Отметим, что кафедра выполнила более 20 научных исследований и технических разработок государственного уровня по заданиям Совета Министров СССР и Военно-Промышленной Комиссии при СМ СССР.

В 1967–1973 гг. были разработаны излучатели с круговой поляризацией и высокими уровнями излучаемой мощности для радиолокационных систем обнаружения космических аппаратов и других объектов в ближнем и дальнем космосе (заказчик НИИ ДАР г. Москва).

В 1971–1977 гг. развита теория волновых, рупорных, щелевых и спиральных излучателей с круговой поляризацией и разработаны слабонаправленные самолетные антенны для радиосвязи (заказчик Летно-исследовательский институт, г. Жуковский).

В 1973–1975 гг. разработаны слабонаправленные сверхширокополосные малогабаритные излучатели-элементы фазированных антенных решеток летательных аппаратов и транспортных средств для глобальной радиосвязи (заказчик Московский НИИ радиосвязи).

В 1977–1978 гг. предложены и разработаны антенны с круговой поляризацией для стыковки космических летательных аппаратов в космическом пространстве (заказчик — КРЗ, г. Киев и НИИ Радиоизмерений, г. Харьков).

В 1977–1990 гг. по заданиям НПО им. С. А. Лавочкина исследованы остронаправленные и слабонаправленные антенны для космических аппаратов серий «Венера» и «Марс», предложены и разработаны двухканальные широкополосные антенны, работающие в ортогональном кругополяризованном базисе для радиосвязи, радиолокации и радиотелеметрии.

В 1977–1983 гг. по заданию РТИ АН СССР (г. Москва) разработаны излучатели фазированных антенных решеток с круговой поляризацией, а в 1979–1985 гг. — многодиапазонные многофункциональные антенны корабельных РЛС нового поколения с поляризационной обработкой сигналов.

В 1985–1988 гг. проведены исследования и разработки контактных антенн-датчиков пассивных радиометрических систем контроля состояния космонавта в процессе работы на космической орбите (заказчик — Институт медико-биологических проблем, г. Москва).

В 1986–1990 гг. разработаны различные варианты антенн космических летательных аппаратов для радиоэлектронных систем различных частотных диапазонов и различного функционального назначения. В частности, развита теория разворачиваемых в космосе зеркальных антенн и рассчитаны характеристики направленности гигантского космиче-

ского радиотелескопа КРТ-30 диаметром 30 м (заказчик НИИ Точных приборов, г. Москва)

**В 1989–1990 гг.** разработаны двухполяризационные широкополосные сканирующие зеркальные антенны космического базирования для дистанционного зондирования подстилающей поверхности (заказчик – ОКБ МЭИ, г. Москва).

**В 1978–1998 гг.** выполнены важные разработки для Института космических исследований АН СССР. Были созданы многолучевые и сканирующие остронаправленные зеркальные, линзовые, волноводно-щелевые и микрополосковые антенны для активных и пассивных радиоэлектронных систем (скаттерометров и радиометров) дистанционного зондирования поверхности, гидросферы и атмосферы Земли как в глобальном масштабе с космического аппарата, так и отдельных участков с борта самолета—лаборатории.

**В 1991–1994 гг.** разработаны широкополосные многодиапазонные остронаправленные зеркальные и другие антенны для дистанционного экологического зондирования Земли с вертолета, самолета и космического аппарата (заказчик – НПО «Экология человека» г. Харьков).

**В 2000 г.** на основании фундаментальных исследований в области теории излучения и техники антенн создан 26-канальный облучатель зеркальной антенны в диапазоне от 1,5 мм до 5,0 см сканера-зондировщика для глобального экологического мониторинга Земли из космоса. Прибор выведен на космическую орбиту в России 10 декабря 2001 г. на космическом аппарате «Метеор-3М». Результаты исследований и разработок отображены в коллективной монографии «Космическая система «Метеор-3М» № 1. Справочные материалы» (СПб. : Гидрометеиздат, 2001. — 102 с.).

**В 2002–2003 гг.** разработан более широкополосный вариант антенны по совместному украинско-российскому космическому проекту. Прибор на основе этой антенны запущен в космос 24 декабря 2004 г. на космическом аппарате «СiЧ-1М».

**В 2011–2012 гг.** разработан наземный контрольно-калибровочный комплекс для дистанционного контроля и измерений характеристик бортового радиоэлектронного оборудования космических аппаратов, (заказчик – ОАО «ВПК НПО машиностроение» г. Реутов).

**В 1992–2012 гг.** при выполнении госбюджетных НИР решен ряд фундаментальных проблем теории излучения:

- разработана теория и изучены физические закономерности формирования пространственного распределения электромагнитных полей вблизи антенн различных типов;
- развита строгая теория волноводных и рупорных излучателей, позволяющая рассчитать амплитудные, фазовые и поляризационные характеристики электромагнитных полей во всем пространстве наблюдения;
- решены задачи дифракции излучения диполя на экранах ограниченных размеров и разработаны методы оптимизации характеристик проволочных антенн с экранами путем выбора формы и размеров экрана;
- развита теория зеркальных антенн и методы их оптимизации по максимуму коэффициента направленного действия и минимума бокового излучения;
- предложены и разработаны новые способы оптимизации характеристик антенных решеток, обеспечения максимума коэффициента усиления, минимума ширины главного лепестка и минимума уровня боковых лепестков диаграммы направленности, максимальной крутизны пеленгационной характеристики и др.

Исключительно большую теоретическую работу высочайшего мирового уровня с 1970 г. провел на кафедре доктор физико-математических наук, профессор, Лауреат трех государственных премий, Заслуженный деятель науки и техники Украины Николай Антонович Хижняк и его многочисленные ученики. Подробнее о научных идеях Н. А. Хижняка, его научных результатах и подготовке кадров высшей квалификации см. книгу «Н. А. Хижняк — физик-теоретик, радиофизик и человек» (Х. : Контраст, 2006. — 458 с.). Добавлю только, что четыре его ученика защитили докторские диссертации и основали собственные молодые научные школы. Это А. Г. Нерух (защитил докторскую диссертацию в 1991 г.), А. А. Александрова (1993 г.), Е. Л. Пиротти (2003 г.) и А. И. Козырь (2010 г.). Защитили также докторские диссертации ученики Н. Н. Горобца — Н. П. Елисеева и М. В. Нестеренко и ученики Л. П. Яцук — Ю. М. Пенкин и В. А. Катрич.

Научные достижения и результаты коллектива лаборатории оптической и радиолографии изложены в статье заведующего этой лабораторией кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника В. П. Титаря в настоящей книге.

В настоящее время коллектив кафедры продолжает интенсивные научные исследования в области прикладной электродинамики.