

## СЕРИЯ НАУЧНО-УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ

### «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОЙ НАУКЕ И ПРАКТИКЕ»

Альков С.В., Сидоренко Е.А.

#### «Актуальные задачи и проблемные ситуации в радиоэлектронике и лазерной технике»

В первом разделе научно-учебного пособия рассмотрены вопросы развития радиоэлектроники и лазерной техники. От первого в истории когерентного приемника, созданного А.С. Поповым, до проблем построения систем радиуправления и подвижной связи, спутниковых радионавигационных систем, антенных и СВЧ-устройств, лазерных систем видения, систем технического зрения для мобильных роботов, приборов дистанционной поляриметрии, лазерных и оптико-электронных систем мониторинга природной среды, голографических оптико-электронных приборов, радиоэлектронных средств нового поколения на основе достижений наноинженерии, нанокомпонентной элементной базы с повышенными показателями надежности и т.д. Второй раздел пособия посвящен истории создания и базовых кафедрах факультета "Радиоэлектроника и лазерная техника". Представлены примеры актуальных научно-исследовательских тем и технических разработок в области радиоэлектроники и лазерной техники, которые могут быть полезны будущим молодым исследователям в выборе научных направлений.

#### СОДЕРЖАНИЕ

I. НАУЧНЫЙ ОБЗОР	2
1.1. Знаковые события в истории развития радиоэлектронных систем	2
1.2. Характеристика современного состояния радиоэлектроники	6
1.3. Актуальные задачи и проблемные ситуации в лазерном и оптико-электронном приборостроении	9
1.4. Примеры научных и инженерных решений в современной оптотехнике	13
1.5. Литература	14
II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	15
2.1. Сведения о базовых кафедрах факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника» в МГТУ им. Н.Э. Баумана	15
2.2. Примеры актуальных научно-исследовательских тем и технических разработок факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника» (с краткой аннотацией)	24
2.3. Список рекомендуемой литературы для чтения	28

## I. НАУЧНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. Знаковые события в истории развития радиоэлектронных систем

В апреле 1895 года после ряда экспериментов, используя небогатую элементную базу того времени, А.С. Попов (1859-1906) разработал электрическую схему и сконструировал "Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний", ставший первым в истории практическим когерентным приемником, пригодным для радиотелеграфии. В 1899 г. Рыбкин Н.Д. и Троицкий Д.С. под руководством Попова А.С. осуществили прием радиосигналов на головные телефоны «телефонный приемник депеш». В 1900 г. в одном из корпусов электромеханического завода Кронштадтского военного порта при участии Попова А.С. организована мастерская для ремонта и производства приборов беспроводной связи – радиостанций. Так возникла российская радиопромышленность.

В те же годы, Императорское техническое училище ходатайствовало перед Министерством народного просвещения о средствах на строительство физико-электромеханической лаборатории, положившей начало электротехническому, а затем и радиотехническому образованию в Москве.

Научная школа радиоэлектроники МГТУ им. Н.Э. Баумана фактически зародилась на основе электротехнической специальности, организованной в 1901-1905 гг. профессорами Б.И. Угримовым и К.А. Кругом. Началась эра радиоэлектронной связи и развития отечественных информационных радиоэлектронных систем (РЭС). Началом можно считать обращение в 1917 г. Морского ведомства царской России с предложением организовать в училище подготовку специалистов по радиотехнике.

Уже весной 1917 г. учебным комитетом училища были введены в учебный план радиотехнические курсы и начата организация лаборатории, а в следующем году в составе электротехнического факультета под руководством профессора М.В. Шулейкина (1884-1939) был создан отдел (кафедра) радиотелеграфии и слабых токов.

На фоне разрухи и голода в ответ на обращение профессора К.А. Круга к В.И. Ленину в феврале 1922 г. электротехническому факультету и незадолго перед тем созданному Государственному экспериментальному электротехническому институту были предоставлены два здания и 250 тыс. рублей золотом на приобретение необходимого оборудования за границей. Роль М.В. Шулейкина – бессменного заведующего кафедрой радиотехники до 1930 года – бесспорно, является ключевой в становлении радиотехнической научной школы МВТУ им. Н.Э. Баумана, в 1933 г. он был избран член-корреспондентом, а в 1939 г. академиком АН СССР. После приобретения навыков экспериментальной работы в радиотехнической лаборатории, студенты проходили практику на строительстве

радиостанций, радиотехнических заводах, в знаменитой Нижегородской радиолaborатории. Её руководитель М.А. Бонч-Бруевич (1888-1940), разработчик и организатор производства мощных генераторных электронных ламп, автор проекта и создатель первой в мире мощной радиовещательной станции им. Коминтерна, исследователь сверхдальних линий коротковолновой связи, профессор МВТУ им. Н.Э. Баумана с 1922 г.

Первый этап становления и развития радиотехнической школы в МВТУ им. Н.Э. Баумана завершился в 1930 г., когда решением Правительства о реорганизации многофакультетных вузов в отраслевые из МВТУ им. Н.Э. Баумана был выделен ряд факультетов, преобразованных в самостоятельные вузы (МЭИ, МАИ и др.).

В 1930г. в училище на факультете «Приборостроение» была создана кафедра «Технологии приборостроения» (ТПС), являющаяся одной из первых в стране по данному профилю подготовки. Необходимость создания кафедры такого профиля была продиктована потребностями предприятий в инженерных и научных кадрах, создаваемых для преодоления военно-технической отсталости страны: оптико-механические и авиационные заводы. Первым заведующим кафедрой стал ее организатор – профессор, д.т.н. А.Б. Яхин (1901-1957). Блестящий организатор, крупный ученый, он впервые в стране заложил основы научной школы приборостроения. Разработанные им методы расчета и проектирования элементной базы приборов точной механики нашли широкое применение в промышленности, определяя в те годы возможность серийного изготовления высокоточных изделий специального назначения.

Дальнейшее развитие радиоэлектронных систем связано с появлением военной авиации решающее значение стало иметь создание системы противовоздушной обороны (ПВО). Так в 1933 г. в стране начались работы над созданием радиолокационных станций (РЛС) непрерывного излучения. Перед началом Великой Отечественной войны активно проводились мероприятия по созданию радиолокационных станций. Усилиями выдающихся конструкторов Д.С. Стогова, Ю.Б. Кобзарева, при активном участии А.И. Шестакова и А.Б. Слепушкина, были созданы и приняты на вооружение в сентябре 1939 г. первые радиолокационные станции РУС-1 «Ревень» и РУС-2 «Редут».

Высокий научный и педагогический потенциал радиотехнической школы МВТУ им. Н.Э. Баумана был вновь востребован по окончании второй мировой войны, что было вызвано потребностью развития радиолокации, радиоуправления, радиотехнического обеспечения космических полетов и решения множества других прикладных и научных задач.

Выпуск инженеров по новой радиотехнической специальности для нужд радиолокации и радиотелеуправления был организован на приборостроительном факультете. Уже в 1945 г. на новую специальность была переведена с продлением срока обучения часть студентов-старшекурсников, в том же году по этой специальности был произведен первый

набор студентов на первый курс и создана кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства», решением Правительства СССР от 22 февраля 1946 г. с 1948 г. по 1979 г. кафедре возглавлял д.т.н., профессор А.М. Кугушев (1899-1979), заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Государственной премии СССР по науке и технике и лауреат Золотой медали им. А.С. Попова АН СССР.

По инициативе А.М. Кугушева кафедра начала проводить фундаментальные научно-исследовательские работы по созданию радиоэлектронных систем с качественно новыми характеристиками. Эти исследования были продолжены и при его преемниках на посту заведующего кафедрой: профессорах М.В. Вамберском, И.Б. Фёдорове, Б.А. Розанове и вновь И.Б. Фёдорове (1991-2010 г. – ректоре, а с 2010 г. – Президенте МГТУ им. Н.Э. Баумана).

В ряде направлений, исследования, проводимые на кафедре и в созданной при ней крупнейшей в Университете отраслевой лаборатории радиоэлектронной техники (ОЛРЭТ), опережали аналогичные работы в США, Великобритании и других передовых странах мира. К ним можно отнести разработки в области создания помехозащищенных, высокоинформативных систем радиолокации и радиосвязи, обработки радиолокационной информации, способов построения и конструирования антенн с электрическим управлением лучом и СВЧ ферритовых устройств, построения мощных многоэлементных лазерных генераторов. Перечисленные направления исследований послужили основой формирования научных школ, успешно работающих и в настоящее время.

В 50-х годах А.М. Кугушев и его ученики начали исследования по созданию антенных систем с электрическим управлением диаграммой направленности для радиолокационных станций, работающих в СВЧ диапазоне волн. Тогда же, в конце 50-х годов, под руководством Д.Б. Головина выполнялись работы, связанные с исследованием влияния пассивных помех на работу РЛС и разработкой методов выделения радиолокационных сигналов на их фоне.

Эти наработки используются во многих известных радиолокационных системах, созданных при участии выпускников и специалистов МВТУ в конце 20 века и в последние годы, в том числе в фазированных антенных решетках РЛС «Дон-2Н» (рис. 1), РЛС системы С-300 (рис. 2) и других изделий.



10

Рис. 1. РЛС «Дон-2Н»



6

Рис. 2. РЛС комплексов С-300

Работы, выполненные в 1959-1965 гг. под руководством Б.А. Розанова, привели к созданию полупроводниковых параметрических усилителей, обладавших рекордной для того времени чувствительностью. Внедрение этих усилителей в существующие и перспективные РЛС позволило повысить их дальность действия в 1,5-2 раза.

В начале 60-х годов стало активно развиваться направление, связанное с обработкой сигналов в радиолокационных станциях, работающих в сложной помеховой обстановке. Результаты исследований, проводившихся под руководством Б.А.Розанова при активном участии И.Б. Власова и Г.Н. Соловьева, использованы при разработке новых и модернизации существующих радиолокационных станций. В начале 70-х годов по инициативе А.М. Кугушева сотрудники кафедры во главе с В.Н. Рождествовым и Н.С. Голубевой начали исследования путей построения дальномерных систем высокой точности, с использованием перестраиваемых по частоте лазеров ультракоротких импульсов.

Созданный коллективом сотрудников, возглавляемым Б.А. Розановым, радиотелескоп РТ-7,5 в настоящее время является крупнейшим в России инструментом, на котором регулярно ведутся наблюдения Солнца в коротковолновой части миллиметрового диапазона волн, а также другие радиофизические исследования. Его разработка явилась мощным стимулом для развертывания на кафедре работ по радиоастрономии и распространению радиоволн миллиметрового диапазона в атмосфере Земли и в целом по технике миллиметрового диапазона радиоволн.

В 80-90-х годах сотрудниками кафедры были продолжены и существенно расширены работы по совершенствованию технологий создания радиолокационных систем, направленные в первую очередь на повышение их информативности и достижение предельных характеристик. Проводились работы по обнаружению в метровом диапазоне радиоволн различных объектов на больших расстояниях, в том числе в области тени и полутени. Выполнялись исследования по дистанционному мониторингу морской

поверхности, Земли и атмосферы средствами метровой радиолокации. Продолжена работа по многопозиционной радиолокации.

## 1.2. Характеристика современного состояния радиоэлектроники

Появившееся на кафедре направление, связанное с использованием СВЧ электромагнитного поля в промышленности, быту и медицинской технике, привело в дальнейшем к тесному сотрудничеству с разработчиками аппаратуры медицинского приборостроения. В частности, созданные на кафедре облучатели фазированных антенных решеток и специальные антенны обратного излучения, нашли применение в разработанных под руководством В.Н. Митрохина антенных системах медицинских СВЧ-установок для гипертермии и диатермии, а также СВЧ-радиотермографических установок для ранней диагностики злокачественных новообразований. В течение многих лет кафедра РЛ-1 сотрудничает с кафедрой «Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения» (Э-4). Работы в этой области совместно с сотрудниками кафедры детской хирургии Российского Государственного Медицинского Университета привели к разработке способа усиления криогенной деструкции при лечении доброкачественных сосудистых опухолей-гемангиом путём предварительного воздействия СВЧ электромагнитным полем на область замораживания. На базе работ, посвященных СВЧ-криовоздействию на биологические ткани, с учетом теплофизических свойств последних, разработаны основы проектирования КРИО-СВЧ аппаратуры, которые позволили наладить серийный выпуск медицинских приборов, широко применяемых в медицинской практике.

Работы над проблемами загоризонтной радиолокации по заказам промышленности активно проводил И.Б. Фёдоров. Большой объем исследований занимали вопросы дальнего, в том числе многоскачкового распространения радиоволн, максимально полного извлечения информации о целевой обстановке из принятых сигналов. Он и его сотрудники – В.А. Изотов, В.Г. Сильнов, Г.П. Слукин, В.А. Усачев, А.И. Ламанов, В.В. Курилкин, Д.Д. Дмитриев разработали методы и алгоритмы обработки радиолокационной информации, построения траекторий в сложной помеховой и целевой обстановке, управления ресурсами, позволившие существенно улучшить точностные характеристики и разрешающую способность загоризонтных радиолокационных станций и их многопозиционных комплексов. Под руководством И.Б. Власова развернуты интенсивные исследования в области спутниковых радионавигационных систем для широкого класса потребителей. В последнее десятилетие сотрудниками подразделений кафедры во главе с В.П. Михайлицким

с активным участием В.Х. Латыпова создан ряд современных приемных устройств для РЛС сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн.

Техника миллиметровых радиоволн находит применение во многих прикладных задачах гражданского и военного назначения. Школа радиоэлектроники МГТУ им. Н.Э. Баумана немало внесла в создание радиолокатора мм диапазона для комплекса ПВО «Панцирь».

Проведение научно-исследовательских работ способствовало появлению ряда научных лабораторий, оснащенных уникальной измерительной и технологической аппаратурой, вычислительной техникой для расчетов, проектирования и моделирования, средствами сетевой связи. Расположены они в ряде корпусов как на основной территории МГТУ им. Н.Э. Баумана в Москве, так и в Дмитровском филиале. Из имеющихся лабораторных комплексов можно выделить лабораторию по разработке перспективных радиолокационных и антенных систем с электронным управлением лучом. Она расположена в новом Учебно-лабораторном корпусе МГТУ им. Н.Э. Баумана, ее основу составляет коллиматорный стенд и уникальная антенная система с фазированной антенной решёткой самолётной РЛС разработанная в НИИП им. В.В. Тихомирова.

В последние годы активно развивается направление, связанное со спутниковыми радионавигационными технологиями. Под руководством И.Б. Власова развернуты интенсивные исследования в этой области. Большие успехи сделаны в разработке специальных систем внешнетраекторных измерений (ВТИ).

Для исследований различных компонент радиолокационных и лазерных систем различных диапазонов и мощностей создан Специальный комплекс экспериментальных установок (СКЭУ) в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана, активное участие в проектировании и строительстве которого принимали Л.В. Олейник, А.А. Авдеев, В.Г. Птицин, А.Ф. Лиходед. Он занимает корпус общей площадью 3000 м<sup>2</sup> и включает в себя: экранированный зал для работы с излучающими системами; безэховую камеру для измерения параметров антенн в широком диапазоне частот; импульсные и непрерывные СВЧ генераторы; открытые объемные резонаторы; коллиматорный стенд (рис. 4); стенд для исследования поглощающих материалов и покрытий; вакуумную камеру; оптическую трассу в закрытом помещении длиной 400 м; твердотельные лазеры с перестройкой частоты излучения и длительности ультракоротких импульсов; экспериментальные стенды для исследования характеристик разрабатываемых лазеров; несколько типов РЛС сантиметрового диапазона волн и различных макетов РЛС.

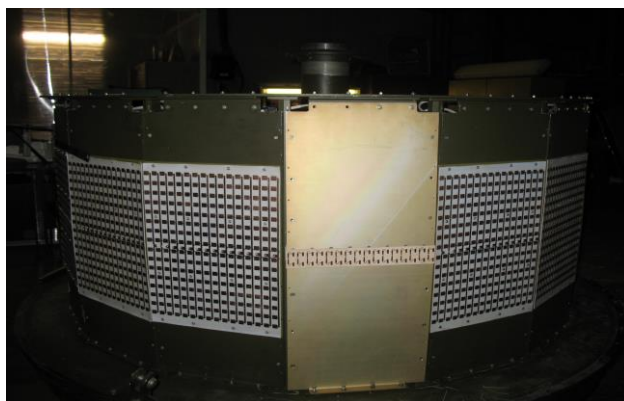


Рис. 4. Измерения и отладка активной фазированной решетки в коллиматорном стенде СКЭУ

Создан радиолокационный полигон, разработаны и изготовлены макетные РЛС и макеты радиолокационных целей, которые используются также при постановке и проведении новых лабораторных работ в учебном процессе кафедры.

Среди технологических разработок в течение последних лет огромное значение имеют разработки в области спутниковой навигации и Глобальных спутниковых навигационных систем (GNSS). В России разработана Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), являющаяся российским аналогом американской Системы глобального позиционирования (GPS). Система ГЛОНАСС состоит из трех подсистем: подсистема космических аппаратов, подсистема контроля и управления, навигационная аппаратура потребителей. В настоящее время всё большую актуальность приобретает информационная безопасность человека в бизнесе и в личной жизни. Для поиска и обнаружения подслушивающих устройств используют нелинейный локаатор. Принцип работы нелинейного локаатора позволяет ему обнаруживать любые полупроводниковые устройства – активные либо неработающие микрофоны, передатчики радиосигнала, диктофоны и т.п.

Основной принцип действия нелинейного локаатора: антенна, установленная в приборе, создает излучение, отражающееся от полупроводниковых устройств, с преобразованием сигнала в гармоники, что позволяет обнаруживать скрытые устройства съема информации. Нелинейные локаторы впервые начали разрабатывать спецслужбы в конце семидесятых годов прошлого века, для проведения мероприятий по поиску подслушивающих устройств. Отечественный серийный локаатор появился в 1982 г. и назывался "Орхидея". В настоящее время широко применяются нелинейные локаторы отечественного производства: «Обь», «NR-900E», «Родник-23», «Энвис», «Циклон», «Переход», «Омега-3» и др.



### 1.3. Актуальные задачи и проблемные ситуации в лазерном и оптико-электронном приборостроении

Научно-педагогическая школа лазерного и оптико-электронного приборостроения зародилась в МГТУ им. Н.Э. Баумана (МВТУ) семьдесят пять лет назад, в 1938 году, когда была организована кафедра «Оптико-механические приборы» (ОМП). Её создание было обусловлено бурным развитием оптической промышленности и потребностью в инженерах-оптиках, специализирующихся в области проектирования и производства различных классов оптических приборов. Первым заведующим кафедрой ОМП был выдающийся оптик, профессор И.А. Турыгин. Большую помощь в организации и становлении кафедры оказали ведущие учёные и специалисты оптической промышленности: академик С.И. Вавилов, читавший в МВТУ с 1918-30 гг. курс «Прикладная оптика», профессора С.И. Фрейберг (главный инженер Главка Наркомата оборонной промышленности, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР), С.М. Николаев (главный конструктор оптических танковых приборов), М.М. Русинов (генерал-майор Инженерно-технической службы, лауреат Ленинской и четырех Государственных премий СССР, создатель известных во всём мире широкоугольных объективов типа «Руссар») и др. Начиная с 1938 г., одновременно со становлением учебного процесса по подготовке высококвалифицированных инженеров-оптиков начинают закладываться и развиваться научные основы и научно-педагогическая школа оптико-электронного приборостроения. Решающий вклад в её становление и развитие внёс профессор Л.П. Лазарев.

В 40-е годы начали развиваться два научных направления:

- оптическое моделирование объектов, быстро перемещающихся в поле зрения оператора, и разработка на его основе исследовательских и испытательных стендов и авиационных тренажёров (рук. Л.П. Лазарев)
- управление процессами обработки оптических поверхностей для обоснования проектирования серийных автоматизированных технологических процессов производства сферических и асферических оптических поверхностей (рук. М.Н. Семибратов).

В 1947 г. на базе кафедры ОМП были созданы две кафедры: «Производство оптических приборов» и «Теория оптических приборов». Первую возглавил профессор С.И. Фрейберг (1887-1957), вторую – профессор И.А. Турыгин (1904-1966). С 1957 по 1988 гг. кафедру «Производство оптических приборов» возглавлял доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Государственной премии СССР Л.П. Лазарев (с 1957 г. кафедра называлась «Оптические приборы», с 1961 г. – «Оптико-электронные приборы»).

С 1988 г. по 2000 г. заведующим кафедрой был доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы России Г.М. Мосягин (с 1998 г. кафедра называется «Лазерные и оптико-электронные системы» РЛ-2).

С 2000 г. по ноябрь 2011 г. кафедрой руководил Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, доктор технических наук, профессор В.И. Козинцев. С ноября 2011 г. кафедрой руководит доктор технических наук, профессор, директор НИИ Радиоэлектроники и лазерной техники Барышников Н.В.

В последние 50 лет произошло бурное развитие оптики и резкое расширение её технических приложений. Этому способствовало создание лазеров и высокочувствительных матричных приёмников излучения оптического диапазона, развитие голографии, создание интегрально-оптических и волоконных элементов и разработка технологии их изготовления, разработка новых материалов для лазеров, нелинейной оптики и инфракрасной техники, развитие современной технологии формообразования оптических поверхностей, развитие микроэлектроники и микропроцессорной техники и т.д. В соответствии с этим на кафедре происходит непрерывное развитие учебного процесса: изменение учебных планов, разработка и постановка новых учебных дисциплин, становление лабораторной и приборной базы, оснащение новой компьютерной техникой.

Выполнение теоретических и экспериментальных работ в области оптического моделирования быстро перемещающихся объектов, в которых участвовали Л.П. Лазарев, Е.Н. Лебедев, В.Н. Дикарев, И.И. Пахомов, В.А. Перов, Б.Ф. Петин, Е.К. Соколова привело к созданию в МВТУ им. Н.Э. Баумана оптического моделирующего стенда – тренажера. В состав стенда вошли кабина летчика, пульт инструктора и вычислительная машина для расчета аэродинамики полета самолета в процессе моделирования воздушного боя. На базе этого стенда на авиаприборостроительных предприятиях были запущены в серийное производство авиационные тренажёры для подготовки летчиков самолета-перехватчика МиГ-19П, которые длительное время эксплуатировались в воинских частях. На основе указанных работ были защищены кандидатские и докторские диссертации (Л.П. Лазарев, Е.Н. Лебедев, И.И. Пахомов). С использованием результатов НИР Л.П. Лазаревым был написан учебник «Оптико-электронные приборы наведения и самонаведения летательных аппаратов» (1966 г.). В процессе работ выделилось направление по расчету оптических систем (ОС) переменного увеличения, которое возглавил И.И. Пахомов. Была разработана единая методика расчета линзовых, зеркальных и зеркально-линзовых ОС переменного увеличения. Доктор технических наук, профессор Е.Н. Лебедев – основатель научного направления в области оптического имитационного моделирования. Под его руководством были созданы комплексные тренажеры для подготовки летчиков, тренажеры для космонавтов по стыковке пилотируемых косми-

ческих аппаратов. Разрабатывалась аппаратура с использованием амплитудных, фазовых, матричных и нереверсивных имитаторов.

В 70-е и 80-е годы были разработаны и внедрены на предприятиях оборонно-промышленного комплекса на основе принципиально новых реверсивных структур динамические имитаторы для проверки в лабораторных условиях тепловизоров, инфракрасных (ИК) головок самонаведения, тепlopеленгаторов и другой ИК аппаратуры.

Итогом работы в области управления процессом обработки оптических поверхностей, стало внедрение разработанных методов в оптическую промышленность. Были научно обоснованы и разработаны автоматизированные процессы серийного производства сферических и асферических оптических поверхностей. С конца 50-х годов XX века, в связи с интенсивным развитием инфракрасной техники, на кафедре под руководством профессора В.Н. Дикарева проводится цикл научно-исследовательских работ по изучению влияния мощного ИК излучения аэродинамически нагретых обтекателей тепловых головок самонаведения (ТГС) высокоточных ракет на их помехозащищенность и ошибки наведения (рис. 5).



Рис. 5. Обтекатель тепловой головки самонаведения ракеты «воздух-воздух»

Перед научным коллективом были поставлены и успешно выполнены следующие задачи: разработка инженерных методик расчета температурных полей обтекателей, создание лабораторного стенда для нагрева обтекателей в реальном масштабе времени, разработка методов автоматизированного проектирования ТГС и других приборов ИК техники, обеспечивающих устранение влияния помех от нагретых обтекателей и других элементов конструкции. С начала 50-х годов XX века на кафедре под руководством профессора С.И. Фрейберга начато проведение научных работ в области создания оптических приборов для научных исследований. В 70-х и 80-х годах под руководством доцента А.С. Гоменюк сотрудниками ка-

федры В.П. Жаровым, В.О. Шайдуровым, В.Б. Пясецким, В.И. Алехновичем, Р.Г. Есяном, Т.В. Малинским проведены научно-исследовательские работы, связанные с разработкой нового типа спектральной аппаратуры с использованием лазерно-акустического эффекта в газах, жидкостях, твердых веществах. Были разработаны методики проектирования лазерных фотоакустических приборов для медицины, химии, экологии. С начала 60-х годов под руководством проф. Л.П. Лазарева ведутся работы, связанные с исследованием и разработкой лазерных оптико-электронных приборов и систем. С этого же времени на каф. РЛ-1 под руководством проф. А.М. Кугушева (группа В.Н. Рождествина) также начались НИР по лазерному направлению. Первой НИР кафедры РЛ-2 в 1960-м году по этому направлению была работа с НИИ «Прикладная физика» по созданию одного из первых в СССР гелий-неонового лазера. Работы вели Л.П. Лазарев, О.В. Рожков, М.М. Дроздов, Н.К. Деревенко, В.И. Матвеев, С.И. Холоднов. В результате проведенных исследований были созданы макеты лазеров с непрерывным и импульсным излучением и изучены их характеристики. В 1964 г. на кафедре был сконструирован один из первых в СССР гелий-неоновый лазер с внутренним зеркалом резонатора (рис. 6).

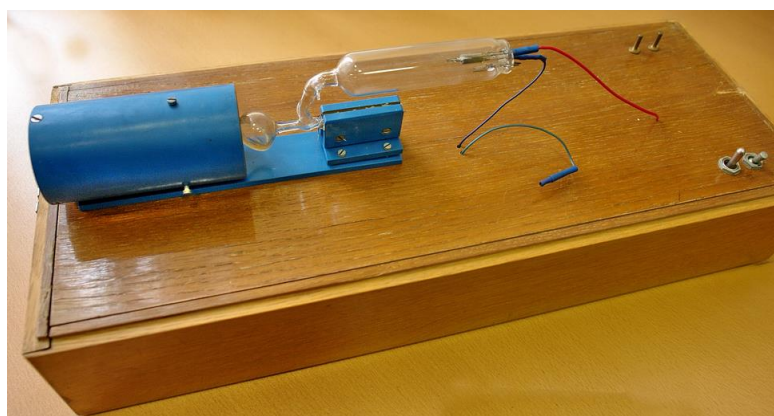


Рис. 6. Гелий-неоновый лазер, созданный на кафедре в 1964 г.

В 70-е годы коллектив сотрудников кафедры под руководством профессора Л.П. Лазарева приступил к исследованию эффекта световозвращения лазерного зондирующего излучения и возможности его технического использования при создании систем дистанционной пеленгации и идентификации оптических и оптико-электронных приборов. Результатом проведённых на протяжении 20 лет работ стало создание признанного в стране нового научного направления. Полученные научные результаты и технические решения позволили создать и внедрить в серийное производство лазерные оптико-электронные системы новых типов, основанные на использовании эффекта световозвращения и обеспечивающие обнаружение и идентификацию типов инспектируемых оптических и оптико-электронных приборов.

#### 1.4. Примеры научных и инженерных решений в современной оплотехнике

С конца 70-х годов под руководством профессора И.И. Пахомова начались работы по созданию методов расчета оптических систем лазерных приборов, базирующихся на классических положениях геометрической оптики и учитывающих свойства лазерного излучения.

Разработаны методика расчета преобразования лазерного излучения в параксиальном приближении, методика расчета его абберационных искажений оптической системой, методика синтеза оптических компонентов, обеспечивающих получение минимальных волновых aberrаций. По итогам работы изданы книги И.И. Пахомова, О.В. Рожкова, В.Н. Рождествина «Лазерные оптико-электронные приборы» (1983), И.И. Пахомова, А.Б. Цибули «Расчет оптических систем лазерных приборов» (1986); последняя вышла в американском издательстве «Пленум». С начала 70 годов под руководством проф. Л.П. Лазарева, а затем (с конца 70-х годов) проф. Г.М. Мосягина при участии В.Б. Немтинова, В.Я. Колючкина, В.Н. Рязанова начат цикл НИР по разработке методов автоматизированного проектирования оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) для контроля параметров и характеристик оптико-электронных приборов и систем (ОЭП и С), работающих в широком диапазоне длин волн.

Разрабатывается теория ОЭС, базирующаяся на фундаментальных работах в области теории формирования оптического изображения и теории связи. Она позволяет с помощью единых математических методов описывать преобразование оптических и электрических сигналов в оптико-электронной системе, определять критерии оценки качества оптико-электронных приборов различных классов. На базе этой теории разработаны методы автоматизированного проектирования ОЭП и С, позволяющие на системо- и схмотехнических уровнях обеспечить моделирование, синтез, анализ и оптимизацию параметров проектируемой аппаратуры. В результате проведенных НИР были разработаны теоретические основы объективных методов контроля ОЭП и С, изготовлены опытные образцы автоматизированной аппаратуры контроля, а также пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования ОЭП и С.

С конца 60-х годов под руководством профессора М.Н. Семибратова, а затем доцента Ю.В. Сальникова проводились НИР по разработке технологических процессов изготовления оптических элементов космических оптико-электронных приборов. Итогом работ, в которых участвовали М.Н. Семибратов, Ю.В. Сальников, В.А. Перов, Б.З. Быков, А.А. Ефремов, В.В. Смирнов, В.В. Горшков, М.Н. Семчуков, А.Д. Седова, А. Сёмин, С.Ю. Дьяконов, стала разработка технологии изготовления крупногабаритных асферических оптических деталей, моноблоков лазерных гироскопов (рис. 7), а также методов и приборов контроля их основных

параметров и характеристик. Разрабатывались также методики и средства технологического контроля качества каналов оптических резонаторов при изготовлении моноблоков.

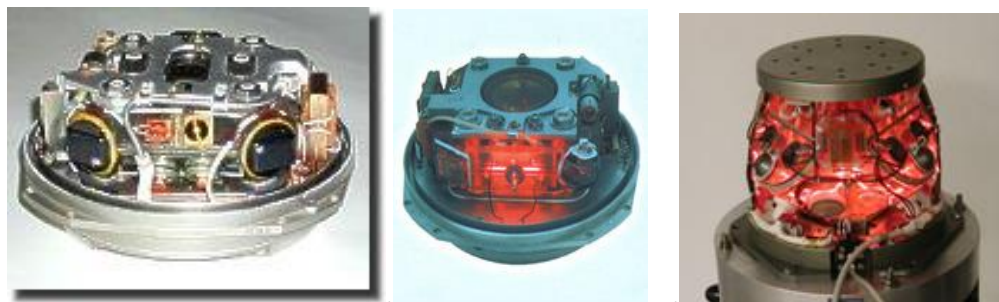


Рис. 7. Варианты конструкции лазерных гироскопов

В конце 70-х годов под руководством профессора О.В. Рожкова начались работы по созданию систем оптической обработки и воспроизведения информации и голографических систем. Полученные научные результаты и технические решения позволили разработать и изготовить макеты фурье-процессоров, оптико-электронных нейропроцессоров и исследовать их характеристики. В настоящее время это направление развивается на кафедре под руководством профессора С.Б. Одинокова. В течение 1995-1997 гг. в соответствии с решениями директивных органов России выполнялись под руководством профессоров В.Е. Карасика и Г.И. Уткина пять международных проектов (для Сирийской Арабской республики, Китайской Народной республики, Бахрейна, и др.) по созданию перспективной оптико-электронной научно-исследовательской аппаратуры и повышению научной квалификации специалистов этих стран. Указанные проекты были успешно выполнены.

### 1.5. Литература

1. Научная школа «Радиоэлектроника» / И.Б. Власов, В.И. Казанцев, В.В. Калмыков, Р.В. Комягин, В.Н. Митрохин, С.И. Нефедов, В.А. Родзивилов, В.А. Усачев; Под ред. И.Б. Федорова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 24 с.
2. Научная школа лазерного и оптико-электронного приборостроения / В.И. Козинцев, Г.И. Мосягин, В.Е. Карасик, Н.В. Барышников, Н.В. Суетина; Под ред. В.И. Козинцева. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 21 с.
3. Научная школа «Информационные радиоэлектронные средства» / А.А. Ковалев, Л.А. Тищенко; Под ред. В.Д. Шашурина. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 6 с.

4. Основатели научных школ Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана: Краткие очерки / Под ред. Е.Г. Юдина, К.Е. Демихова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 632 с.: ил.

## II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Сведения о базовых кафедрах факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника» в МГТУ им. Н.Э. Баумана

Радиоэлектроника и лазерная техника являются самыми передовыми отраслями науки и техники, определяющими научно-технический прогресс, современные технологии и средства научных исследований, разработку и проектирование новейших приборов, часто не имеющих аналогов в мире. В МГТУ им. Н.Э. Баумана это направление развивается на факультете «Радиоэлектроника и лазерная техника» (РЛ) образованном в 1987 году на базе факультета «Приборостроение».

История факультета «РЛ» берет свое начало в далеком 1929 году, когда в МВТУ была создана кафедра «Точная механика», преобразованная в 1930 году в факультет «Точное приборостроение». С этого года начался отсчет подготовки приборостроителей для народного хозяйства страны. При реорганизации МВТУ в 1987 году на базе факультета «Приборостроение» создано два приборостроительных факультета РЛ и ИУ (факультет «Информатика и системы управления»), что подчеркивает возросшую роль приборостроения в решении сложных научно-технических задач.

За годы развития на факультете «РЛ» сформировались всемирно известные научные школы в области радиоэлектроники, лазерной, оптоэлектронной техники и технологии приборостроения. Огромный вклад в развитие научных школ факультета внесли наши выдающиеся ученые, среди которых академики, Заслуженные деятели науки и техники, лауреаты Государственных премий СССР и РФ, профессора: Шулейкин М.В., Котельников В.А., Кугушев А.М., Федоров И.Б., Рождествин В.Н., Бей Н.А., Калмыков В.В., Розанов Б.А., Лазарев Л.П., Пахомов И.И., Пуряев Д.Т., Дроздов Ф.В., Турыгин И.А., Тищенко О.Ф., Митрохин В.Н., Стрелков Б.В., Козинцев В.И., Шашурин В.Д., Енин В.Н., Кулагин С.В., Мосягин Г.М., Потапцев И.С. и другие.

Факультет РЛ сотрудничает с университетами США, Франции, Германии, Китая, республики Корея и Швейцарии по вопросам научного сотрудничества, обучения, стажировки студентов и сотрудников. Выпускники факультета успешно работают в проектно-

конструкторских организациях, в сфере разработки программного обеспечения, бизнеса, образования и управления.

В настоящее время в состав факультета «РЛ» входит 5 кафедр, среди них 3 кафедры выпускающие: «Радиоэлектронные системы и устройства» (РЛ-1), «Лазерные и оптико-электронные системы» (РЛ-2), «Технологии приборостроения» (РЛ-6). Кафедры «Теоретические основы электротехники» (РЛ-4) и «Элементы приборных устройств» (РЛ-5) являются общеуниверситетскими.

*Базовые кафедры факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника»*

*Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства» (РЛ-1)*

Особенностью подготовки является высокая степень индивидуальной работы со студентами; начиная со второго курса, студент имеет возможность выбрать научного руководителя, а также выбрать направление подготовки. На старших курсах возможно обучение по индивидуальным учебным планам, учитывающих пожелания студентов и специфику организации, где планируется их будущая работа. В ходе обучения студенты участвуют в научно-исследовательской работе совместно с ведущими специалистами кафедры и НИИ радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Основные направления научной деятельности кафедры: теоретические и экспериментальные исследования проблем построения и достижения предельных характеристик радиолокационных и лазерных систем различного назначения, систем радиуправления, систем подвижной связи, спутниковых радионавигационных систем, антенных и СВЧ-устройств, приемно-передающих устройств, средств обработки информации для разрабатываемых радиоэлектронных систем.

Для проведения лабораторного практикума организованы лаборатории: «Основы радиоэлектроники», «Электрорадиоизмерения», «Информационные технологии в радиоэлектронике», «Радиотехнические системы», а также лабораторный комплекс в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Кафедра организационно состоит из семи секций:

Секция 1. «Основы радиоэлектроники», руководитель старший преподаватель Голубцов М.Е. Секция ведет подготовку студентов по основополагающим, фундаментальным и специальным учебным дисциплинам, таким как: «Электроника и микропроцессорная техника», «Основы теории цепей», «Схемотехника аналоговых электронных устройств» и др. Студенты получают знания о принципах построения и функционирования современных электрических схем и электронных приборов.

В рамках курсов, читаемых преподавателями секции, проводятся лабораторные работы в специально созданном лабораторном зале «Основы радиоэлектроники», оборудованном



современной измерительной техникой, экспериментальными макетами и стендами. Каждый студент может самостоятельно исследовать влияние различных элементов исследуемой схемы на ее электрические характеристики. После освоения курса основ электроники студенты обладают навыками составления принципиальных электрических схем усилителей, генераторов и других электронных устройств; проведения электрических расчетов схем, выбора элементов схемы и расчета их номиналов; моделирования работы электрических схем и электронных устройств в современных схемотехнических пакетах прикладных программ.

Секция 2. «Устройства СВЧ и антенны», руководитель к.т.н., доцент В.Л. Хандамиров. Секция ведет подготовку студентов по дисциплинам: «Устройства СВЧ и антенны», «Антенные системы радиолокационных и связных комплексов», «Электродинамика и распространение радиоволн», «Методы и средства взаимодействия СВЧ поля с биологическими объектами», «Компьютерное моделирование антенн и СВЧ-устройств» и другие. Лабораторный практикум по основным дисциплинам проводится в лабораториях «Электрорадиоизмерения» и «Радиотехнические системы».

Учебный процесс поддерживается научно-исследовательской работой, связанной с разработкой современных широкополосных антенн, линзовых антенн с управляемыми характеристиками, активных фазированных антенных решеток, которые всё шире используются в радиолокационных, телекоммуникационных, навигационных, космических, радиометрических и других радиоэлектронных бортовых и наземных систем различного назначения.

Другое направление НИР связано с использованием СВЧ электромагнитного поля в промышленности, быту и медицинской технике.

Секция 3. «Устройства формирования и генерирования сигналов», руководитель к.т.н., доцент Усачев В.А. Секция ведет подготовку студентов по дисциплинам: «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Основы конструирования и технологии производства РЭС», «Устройства формирования и генерирования сигналов», «Физические основы микроэлектроники» и другие. Преподаватели секции обеспечивают конструкторскую подготовку студентов и проведение производственно-технологической и конструкторской практик на профильных предприятиях Москвы и Московской области. Именно в ходе практики студенты могут познакомиться с реальной работой предприятий радиоэлектронной промышленности, подробно изучить технологические процессы производства радиоэлектронной аппаратуры и принять участие в проектировании и разработке современных радиоэлектронных средств.

Секция 4. «Устройства приема и обработки сигналов», руководитель д.т.н., профессор И.Б. Власов. Секция ведет подготовку студентов по дисциплинам: «Устройства приема и преобразования сигналов», «Цифровые устройства и микропроцессоры», «Радионавигационные системы», «Основы телевидения», «Цифровая обработка сигналов» и другие.

В научном плане секция специализируется в области разработки высокочувствительных радиоприемных устройств дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн, современных методов статистической обработки сигналов, а также программно-алгоритмического обеспечения для радиолокационных станций. Одним из наиболее перспективных направлений работ секции являются исследования в области спутниковой навигации ГЛОНАСС / GPS / Galileo / BeiDou. Сотрудники секции принимали участие в разработке новейших образцов спутниковой навигационной аппаратуры: первого в России серийного спутникового навигационного приемника, позволяющего определять не только координаты, но и пространственную (угловую) ориентацию объекта; вторичного эталона времени и частоты на базе приемника сигналов спутниковой радионавигационной системы и ряде других.

Секция обладает уникальной научно-экспериментальной и лабораторной базой, в состав которой входят: «Интернет-лаборатория по глобальным навигационным спутниковым системам», «Интернет-лаборатория «Радиотелескоп-МГТУ», лаборатории «Цифровое телевидение» и «Информационные технологии в радиоэлектронике». На базе радиотелескопа РТ-7,5 в Дмитровском филиале активно ведутся радиоастрономические наблюдения за солнцем.

Секция 5. «Радиолокационные системы», руководитель к.т.н., доцент С.И. Нефедов. Секция ведет подготовку студентов по дисциплинам: «Теоретические основы радиолокации», «Статистическая радиотехника», «Радиолокационные системы и комплексы», «Сверхширокополосная радиолокация», «Моделирование в радиотехнических системах» и другие.

Учебный процесс поддерживается научно-исследовательской работой, связанной с разработкой адаптивных методов и алгоритмов первичной обработки радиолокационных сигналов, вторичной обработки при плотных потоках помеховых и целевых сигналов, третичной обработки при создании многопозиционных комплексов, методов распознавания радиолокационных целей. С учебным процессом стыкуются работы по изучению характеристик рассеяния различных объектов локации и окружающей среды, доплеровских, дальностных и поляризационных портретов целей в различных частотных диапазонах. Студенты привлекаются к работам, связанным с внедрением новейших цифровых средств обработки информации, таких, как сигнальные процессоры и программируемые логические интегральные схемы, позволяющие реализовывать алгоритмы, ранее отвергавшиеся из-за их сложности.

Секция 6. «Радиотехнические системы связи и передачи информации», руководитель к.т.н., доцент Сенин А.И. Секция ведет подготовку студентов по дисциплинам: «Радиосистемы передачи информации», «Модемы и кодеки радиосистем», «Спутниковые системы связи», «Сотовые системы связи» и другие. В научном плане секция специализируется в области исследования и разработки различных классов систем радиосвязи, в том числе, систем спутниковой и подвижной связи, а также современных методов кодирования-декодирования

и обработки сигналов. Активно развивается научное направление, связанное с построением систем радиосвязи на базе использования сигналов со сложной структурой. Такие системы обеспечивают возможность передачи информации с высокой достоверностью по радиоканалам с комплексом помех.

Секция 7. «Лазерные информационные системы», и. о. руководителя старший преподаватель Глотов А.Н. Секция осуществляет подготовку специалистов на кафедре РЛ-1 по специализации «Лазерные информационные системы и комплексы». Студентам читаются такие курсы, как «Основы квантовой электроники», «Основы лазерной техники», «Лазерные системы передачи информации», «Лазерные локационные системы», «Распознавание образов в информационных системах», «Оптико-электронные устройства» и другие.

Для приобретения навыков практической работы с лазерами и проведения различных исследований создан учебно-исследовательский лазерный стенд с удаленным доступом и управлением по сети Internet. Стенд предназначен для исследования процессов генерации и преобразования лазерного излучения, особенностей распространения и регистрации лазерного излучения, а также воздействия излучения на материалы и связанных с этим физических эффектов.

#### *Кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы» (РЛ-2)*

В течение последних нескольких лет на кафедре создана новая многофункциональная учебно-научная лаборатория по лазерной технике, «Лазерная оптико-электронная лаборатория», оснащённая современной уникальной лазерной отечественной и зарубежной аппаратурой. Лаборатория позволяет проводить на самом высоком научно-методическом уровне учебный процесс и научно-исследовательские работы по новым научным направлениям лазерной техники и оптико-электроники. В процессе учёбы студенты активно участвуют в научно-исследовательских работах, проводимых на кафедре, непрерывно повышают свои знания в области компьютерных технологий, специализируются в области проектирования и исследования лазерных и оптико-электронных приборов, используемых в науке, различных отраслях промышленности, медицине, телевизионной и видео-аудиотехнике, робототехнике, обработке информации, голографии, управлении движущимися объектами и космической технике. Выпускники, проявившие склонность к научной работе, имеют возможность поступить в аспирантуру, где после 4-х лет обучения и защиты диссертации получить учёную степень кандидата технических наук. В последнее десятилетие основные научно-исследовательские работы кафедры РЛ-2 совместно с НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э.Баумана направлены на обоснование научных принципов и технических путей построения лазерных систем видения с импульсным подсветом, систем технического зрения для мобильных роботов, приборов дистанционной поляриметрии для идентификации структурных признаков объек-

тов, оптико-электронных биполярных нейросетей для идентификации зашумлённых среднеформатных изображений в реальном времени, лазерных и оптико-электронных систем мониторинга природной среды, голографических оптико-электронных приборов для записи и считывания закодированных оптических изображений с использованием радужных голограмм.

В настоящее время НИР проводятся кафедрой РЛ-2 совместно с научно-исследовательским отделением «Новейшие технологии» (ННО-3) НИИ РЛ по следующим основным научным направлениям:

*1. Исследование и разработка новых методов лазерного зондирования для обнаружения, селекции и идентификации современных оптических и оптико-электронных систем наблюдения, разработка лазерных ОЭП* (руководители: начальник ННО-3, д.т.н., проф. В.Е. Карасик; директор НИИ РЛ, д.т.н., проф. Н.В. Барышников; д.т.н., проф. В.Б. Немтинов; к.т.н., доцент В.Б. Бокшанский; к.т.н., доцент М.В. Вязовых; к.т.н., доцент И.В. Животовский; к.т.н., ст.преп. Е.Е. Мухина; к.т.н., доцент Д.Г. Денисов).

Приведем некоторые темы научных исследований:

Система «АнтиСВИД»

Принцип действия прибора основан на использовании физического явления световозвращения, возникающего при дистанционном зондировании лазерным пучком поля обзора зрительного кинозала с последующей регистрацией ретроотраженного излучения инспектируемой системой скрытой видеокамеры и индикацией ее положения на экране монитора в виде яркого блика на фоне интерьера помещения в широком диапазоне освещенностей, а также в условиях пассивных помех.

В данном случае световозвращающим объектом является скрытая видеокамера, ведущей несанкционированную видеосъемку. При регистрации отраженного излучения качество формируемого изображения таково, что и человек оператор и система автоматического обнаружения встроенная в прибор с высокой вероятностью (не ниже 0,99) обнаруживает скрытую видеокамеру, а так же определяет ее пространственное положение в зрительном зале.

Система «АнтиСнайпер»

Система предназначена для обнаружения оптических и оптико-электронных средств наблюдения (снайперские прицелы, ПНВ, дальномеры, бинокли и пр.) на больших дальностях. Принцип действия прибора основан на использовании физического явления световозвращения, возникающего при дистанционном зондировании лазерным пучком поля обзора с последующей регистрацией ретроотраженного излучения обнаруживаемой оптической системой и индикацией ее положения на экране монитора в виде яркого блика с выдачей координат положения цели и дальности. Преимущества: широкий рабочий диапазон по дальности

от 20 до 1500 метров за счет оригинальной схемы построения прибора, применения просветляющих покрытий и интерференционных светофильтров.

2. *Исследования и разработка методов и перспективных лазерных систем для дистанционного контроля объектов и состояния окружающей среды* (руководители: д.т.н., проф. В.И. Козинцев; д.т.н. В.А. Городничев; проф., д.т.н. М.Л. Белов; доцент, к.т.н. Ю.В. Федотов; к.т.н., доц. Л.Н. Еременко). Основные научные результаты этого направления, активно развивающегося последние 10 лет:

- Разработка лазерных систем экомониторинга окружающей среды – обнаружение газовых и аэрозольных загрязнений атмосферы и загрязнений водной поверхности и толщи воды, в частности обнаружения и измерения толщины пленок нефтепродуктов на водной поверхности;
- Повышение точности и надежности лидарных измерений, определение новых возможностей дистанционного контроля потоков воздушных и водных масс;
- Разработка лазерных систем локации подводных объектов, лазерных дальномеров, лазерных измерителей скорости ветра.

В настоящее время ведутся исследования по вновь разрабатываемым направлениям:

- Контроль толщины нанопленок для технологических задач;
- Разработка лазерных дистанционных неконтактных приборов, основанных на регистрации флуоресцентного излучения.

3. *Разработка оптико-электронных систем инфракрасного диапазона (тепловизионных, пеленгационных, систем технического зрения)*, руководитель д. т. н., доцент В.Я. Колючкин.

- Исследование и разработка методов и алгоритмов распознавания человека по двумерным (2D) и трёхмерным (3D) изображениям лица, разработка оптико-электронных систем видеонаблюдения со сверхширокими полями зрения.

Потребность в регистрации трехмерных образов объектов возникает при решении многих задач машинного зрения: распознавание целей; идентификация личности (распознавание лиц, формы черепа и кистей рук); зрение мобильных роботов; контроль поверхностей фасонных деталей; дефектоскопия; медицина; трехмерное телевидение; компьютерная анимация.

4. *Разработка методов расчета лазерной оптики и проектирования оптико-электронных лазерных систем* (руководители: д.т.н., проф. И.И. Пахомов; начальник отдела НИО-3, к.т.н., доцент А.Ф. Ширанков; д.т.н., профессор О.В. Рожков; к.т.н., доцент А.М. Хорохоров).

В рамках этого направления в настоящее время работает Центр оптических разработок фирмы «Самсунг Электроникс», руководитель доцент каф. РЛ-2 А.Ф. Ширанков.

Разрабатываются высококачественные оптические системы для цифровой видео и фототехники, программное обеспечение для моделирования работы оптических систем в разных условиях.

5. *Разработка электронно-оптических преобразователей* (руководитель к.т.н., профессор, зам. генерального директора по НПО «Геофизика НВ» Ю.К. Грузевич).

Разработка электронно-оптических преобразователей (ЭОП) – ключевой элементной базы современной техники ночного видения (ТНВ), на основе которых созданы приборы ночного видения нового поколения. За цикл этих работ в 2003 г. авторскому коллективу присуждена Государственная премия РФ в области науки. В настоящее время более 25 образцов ЭОП и ТНВ на их основе приняты на снабжение силовых ведомств РФ.

6. *Разработка, исследование и создание оптико-голографических систем различного назначения* (руководители: д.т.н., профессор, нач. сектора НИО-3 С.Б. Одинок; к.т.н., доцент Н.М. Вереникина).

За последние годы на кафедре создана и оснащена современной техникой учебно-научная лаборатория «Оптико-голографические системы». В лаборатории проводятся лабораторные работы и НИР, связанные в первую очередь с исследованием защитных голограмм с кодированными скрытыми изображениями. Ниже приведены результаты научной работы и основные научные направления в области голографии, которыми занимается лаборатория.

- Обеспечение задач технологий безопасности: разработка, исследование и создание оптико-электронных приборов и устройств для контроля подлинности защитных голограмм с изменяемыми во времени скрытыми кодированными изображениями и идентификации документов строгой отчетности;
- Обеспечение задач Минобороны РФ, МВД РФ: разработка, исследование и создание: голографических коллиматорных прицелов, обеспечивающих легкость и оперативность прицеливания, в том числе в процессе движения стрелка; голограммных и дифракционных оптических элементов (ГОЭ-ДОЭ), обеспечивающих минимальные массогабаритные параметры оптических систем нового поколения - оптико-голографических объективов для формирования сложных изображений.
- Обеспечение задач по созданию новейших систем памяти и хранения цифровой информации сверхвысокой ёмкости: разработка, исследование и создание оптико-голографических систем записи сверхбольших объемов цифровой информации и их сверхскоростного считывания на основе микро и нанооптоэлектронной элементной базы.

Современный уровень подготовки молодых специалистов, в т.ч. магистров, по направлению «ОпTOTехника» предполагает использование в процессе обучения не только широкого ассортимента высокотехнологического оптико-электронного и лазерного оборудования, но и созданных на его основе по модульному принципу специализированных узко-профильных лабораторных установок и измерительных стендов с компьютерным управлением.

Для решения этой задачи в МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2004 году была создана многофункциональная научно-учебная лазерно-оптическая лаборатория, оснащенная в течение последующих лет современным оборудованием и приборами, многие из которых имеют уникальные характеристики. Этот проект создавался в интересах ряда направлений подготовки специалистов по лазерной технике, оптико-электронному приборостроению, нанотехнологии и цифровой обработке оптических сигналов. Другой задачей является проведение в лаборатории научных исследований учеными, аспирантами и студентами в приоритетных областях оптоэлектроники, прикладной физики, квантовой электроники.

В лаборатории представлен достаточно широкий спектр лазерных источников излучения УФ, видимого и ИК-диапазонов. Из них наибольший интерес могут представлять перестраиваемые  $Ar^+$  и  $Ar^+Kr^+$  лазеры, диапазон перестройки которых простирается от 454 нм до 676 нм, а выходная мощность достигает 40 мВт на линию.

Существенно, что эти лазеры функционируют с воздушной системой охлаждения, обеспечивая возможность оперативной смены источников излучения в различных экспериментах. Следует отметить He-Ne лазеры с нестандартными длинами волн излучения – 612 нм и 543 нм, а также твердотельные лазеры с длинами волн 473 нм и 561 нм, использующими генерацию на второй гармонике. Управляемый полупроводниковый УФ лазер с длиной волны 375 нм, выходной мощностью 8 мВт, имеющий очень небольшие габариты, делает стенды с его применением удобными в настройке и юстировке.

*Кафедра «Технологии приборостроения» (РЛ-6)*

Глобальное развитие информационных РЭСиК является основополагающим фактором роста экономики страны, и поддержания высокого уровня обороноспособности. Функциональная направленность информационных РЭСиК связано с решением следующих основных задач: перехват и защита информации, обработка информации, управление техническими системами.

Основателем научной школы «Информационные РЭС» является профессор И.П. Бушминский – крупный ученый в области радиоэлектронных средств. В настоящее время руководит направлением профессор В.Д. Шашурин – известный ученый в области инженерной нанотехнологии РЭСиК и надежности сложных технических систем.

Основные научные направления кафедры:

- Создание информационных радиоэлектронных систем и комплексов различного назначения нового поколения на основе достижений нанотехнологий.
- Создание наноконструктивной элементной базы (диоды, транзисторы) с повышенными показателями надежности.
- Управление качеством и испытания РЭСиК.
- Космическая тематика.
- Информационные технологии и системы автоматизированного проектирования РЭСиК.

Кафедра РЛ-6 тесно сотрудничает с ведущими предприятиями при проведении практик, стажировок и НИР: ОАО «РОСНАНО»; НИЦ «Курчатовский институт»; ОАО «Концерн»; ПВО «Алмаз-Антей»; ФГУП «ЦНИИ Комета»; ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»; ОАО «МНПИ АВИАНИКА»; Московское «НПО машиностроения»; ЗАО «НПП ЭС-ТО», ООО «НПО Кристалл»; ОАО «НПП Квант»; ОАО «Компас»; «ИНЛАЙН ГРУПП»; Сертификационный центр «УИЦ НТ НМСТ» и многое другое.

## 2.2. Примеры актуальных научно-исследовательских тем и технических разработок факультета «Радиоэлектроника и лазерная техника» (с краткой аннотацией)

*Основными направлениями научной деятельности факультета РЛ являются:*

- радиолокация, радионавигация, радиотелеметрия, связь, радиоастрономия, техника миллиметрового диапазона волн, информационно-управляющие системы и обработка информации;
- антенны, элементы антенно-фидерных устройств, невзаимные элементы сверхвысокочастотного тракта, радиопередающие и радиоприемные устройства;
- сверхточная лазерная дальнометрия, лазерные системы распознавания целей, инфракрасные приборы наблюдения, пеленгации и управления;
- прикладная оптика, лазерная гироскопия, экологический мониторинг окружающей среды, лазерные медицинские приборы;
- информационные радиоэлектронные системы и их компоненты, включая микро- и наноприборы для навигации, локации, измерительной и медицинской техники;
- приборы, системы и их элементы, создаваемые на базе и с использованием наноматериалов, процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики.



### *Примерные темы научных исследований для школьников на кафедре РЛ-1*

#### 1. Сотовые системы связи

– Основные принципы работы сотовой связи, история ее разработки и стандарты, используемые в настоящий момент. Изучение основных вариантов стандартов сотовой связи в разных странах, сопоставление их достоинств и недостатков, а также предпосылок к их развитию.

#### 2. Исследование систем связи ближнего действия

– Исследование принципов работы связи ближнего действия, принципов передачи сигнала по радиоканалу, включая физические основы работы антенных устройств;

– Методы модуляции сигнала (изучение принципов амплитудной модуляции, влияния параметров модулированного сигнала на характеристики систем связи);

– Методы приема сигнала. Моделирование работы систем связи.

#### 3. Антенный малошумящий усилитель навигационного приемника

– Ознакомление с теорией устройств, приема и преобразования сигналов. Изучение характеристик малошумящих усилителей (МШУ), ознакомление с элементной базой МШУ L-диапазона;

– разработка конструкции антенного МШУ сигналов ГЛОНАСС/GPS.

#### 4. Радиоастрономические наблюдения Солнца

– Ознакомление с устройством радиотелескопа, системой управления, приёмной аппаратурой, методиками картографирования Солнца, методами обработки радиоярких карт. Оптимизация существующих методик картографирования Солнца радиотелескопом РТ-7,5.

#### 5. Приемные устройства радиотелескопов

– Принципы построения приемников радиотелескопов (радиометров) на современной элементной базе. Принципиальные схемы построения усилителей высокой частоты, смесителей, детекторов и гетеродинов.

#### 6. Радиоэлектронные системы локации

– Принципы работы РЛС с синтезированной апертурой антенны, преимущества и недостатки данных РЛС, решение проблем повышения разрешающей способности. Способы уменьшения влияния помех на качество радиолокационного изображения, получаемого с помощью РСА.

#### 7. Противоугонная автомобильная система радиосигнализации

– Структура противоугонной системы автосигнализации, подсистемы определения координат автомобиля, передачи команд управления и предупреждения.

#### *Примерные темы научных исследований для школьников на кафедре РЛ-2*

##### 1. Лазерные системы видения

– Изучение вопросов, связанных с лазерными системами видения (ЛСВ), назначение и технические характеристики ЛСВ. Классификация основных схем построения ЛСВ, энергетических параметров изображения и методов их расчета, предельной дальности видения ЛСВ. Проведение расчетов энергетических параметров изображения.

##### 2. Оптоволоконные осветители

– Изучение оптико-волоконных световодов и разработка оптоволоконных осветителей с малой расходимостью. Принцип действия конденсоров и их применение в технике. Расчет характеристик осветителя и его разработка.

##### 3. Оптические методы измерения скорости кровотока в капиллярах

– Изучение метода измерения скорости кровотока в капиллярах, основанного на эффекте Доплера. Проведение сравнительного анализа различных методов измерения скорости кровотока в капиллярах и разработка лазерного устройства для ее измерения.

##### 4. Лазер на красителях

– Исследование свойств и составов различных веществ с помощью лазера на красителях (лазерная спектроскопия). Изучение принципа работы и устройства лазера на красителях, разработка узла перестройки излучения, выведение формулы и основных соотношений, поясняющих принцип работы лазера на красителях.

##### 5. Система распознавания людей по лицевым образам

– Идентификация на основе изображения лица. Методы распознавания, в которых в качестве информативных признаков используются гармоники двумерного преобразования Фурье от исходного изображения. Математическое моделирование системы распознавания лицевых образов.

##### 6. Применение лазеров для резки твердых материалов

– Изучение современных промышленных лазеров, их технологических характеристик, важнейших экономических показателей, оценка мощностей лазера в зависимости от обрабатываемого материала и типа источника.

##### 7. Лазерный дальномер

– Проведение обзора существующих лазерных дальномеров, выбор схемы устройства, проведение расчета погрешностей, определение основных параметров (дальность и фокусное расстояние), определение влияния ошибок изготовления и самого процесса сборки

устройства, определение минимального и максимального расстояния (лазерный дальномер – это оптико-электронный прибор, получивший широкое распространение в различных отраслях научной и технической деятельности человека, его используют для быстрого и точного измерения расстояния до объекта).

#### 8. Моделирование явлений физической оптики

– Математическое моделирование различных оптических явлений. Изучение модели взаимодействия параметров излучения в таких явлениях как рефракция, дифракция, интерференция и поляризация света, на основе законов геометрической и физической оптики. Разработка программы расчета на основе алгоритмов, обеспечивающих не только расчет параметров излучения, но и наглядное изображение рассматриваемых физических явлений.

#### 9. Лазерные системы контроля окружающей среды

– Проведение сравнительного анализа различных методов дистанционного обнаружения нефтяных пятен на водных и ледяных поверхностях, в том числе и в период полярных ночей. Обоснование выбора метода и разработка структурной схемы аппаратного комплекса. Разработка компьютерной модели комплекса и процесса контроля. Обоснование выбора лазера и расчет полей засветки.

### *Примерные темы научных исследований для школьников на кафедре РЛ-6*

#### 1. Информационные технологии при создании новых радиоэлектронных изделий

– Обзор современных подходов к систематизации накопленных инженерных знаний для автоматизации их использования при разработке новых изделий. Информационные технологии, САПР - одно из направлений реализации этих технологий. Формирование базы знаний и методики её возможного использования. Рассмотрение этапов последующего совершенствования базы знаний для адаптации к решению конкретных инженерных задач.

#### 2. Исследование влияния радиотелефона на организм человека

– Анализ технических характеристик используемых мобильных телефонов (частоты, мощности излучения). Проведение расчетов параметров излучения мобильного телефона, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека.

#### 3. Технология электромонтажа накруткой

– Определение оптимальных технологических параметров процесса (число витков, работа, мощность, степень деформации, усилие накрутки и др.) для повышения качества электромонтажа накруткой, а также решения проблемы по увеличению долговечности соединений, обеспечения повышения производительности при проведении данного вида электромонтажа и возможности выполнения процесса в любых условиях.

#### 4. Инженерные нанотехнологии в приборостроении

– Приборы, системы и элементы с использованием наноматериалов, процессов нанотехнологии и методов нанодиагностики для навигации, энергетики, медицины и научных исследований, а также диагностики технологических систем, экологического контроля природных ресурсов и других областей деятельности техники. Методы нанотехнологии, технологическое и диагностическое оборудование для их реализации, средства контроля качества продукции нанотехнологии.

### 2.3. Список рекомендуемой литературы для чтения

1. Кафедра РЛ-1 «Радиоэлектронные системы и устройства» / И.Б. Власов, В.В. Калмыков, О.А. Смирнова, В.Л. Хандамиров; Под редакцией И.Б. Федорова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 31 с.
2. Кафедра РЛ-2 «Лазерные и оптико-электронные системы» / В.И. Козинцев, В.Е. Карасик, Г.М. Мосягин, В.Я. Колючкин, А.Ф. Ширанков, С.Б. Одинокоев, Н.В. Барышников, Л.К. Денисов, А.Е. Волков, Н.В. Суетина; Под редакцией В.И. Козинцева. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 29 с.
3. Кафедра РЛ-6 «Технологии приборостроения» / А.А. Ковалев, Л.А. Тищенко; Под редакцией В.Д. Шашурина. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 14 с.
4. Кафедра РЛ-1 «Радиоэлектронные системы и устройства» МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
URL: <http://rl1.bmstu.ru> (дата обращения 30.10.2013)
5. Кафедра РЛ-6 «Технологии приборостроения».  
URL: <http://www.bmstu.ru/departmentsrl6>
6. Кафедра РЛ-2 «Лазерные и оптико-электронные системы».  
URL: <http://rl2.bmstu.ru> (дата обращения 30.10.2013)