

УДК 621.396

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ, НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ И СВЯЗИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

М.В. ЧЕРНЯКОВ, Г.В. СТОЛЯРОВ

Рассматриваются вопросы, связанные с перспективами развития отечественных автоматизированных систем управления полетами государственной авиации. Описываются возможные варианты построения перспективных систем, их состав и характеристики.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления полетом, государственная авиация, перспективные системы.

### Введение

В настоящее время в России и странах СНГ на снабжении различных организационных формирований государственной авиации стоят разрозненные стационарные и мобильные аэродромные технические средства обеспечения полетов воздушных судов (ВС), не связанные между собой системной идеологией. Все эти средства разработаны в 60-80-х годах прошлого столетия, морально и технически устарели, требуют капитального ремонта и глубокой модернизации с целью обеспечения возросших требований по качеству и объему получаемой информации, автоматизации функций, повышения надежности и сокращения эксплуатационных расходов.

Кроме этого, существующие аэродромные средства работают в диапазонах частот, не соответствующих международным стандартам, что мешает развитию цифрового телевидения и сотовой связи в России.

С целью преодоления этих проблем целесообразна разработка стационарной, мобильной и высокоомобильной автоматизированной системы управления полетами, навигации, посадки и связи (АСУП НПС) воздушных судов государственной авиации (рис. 1).

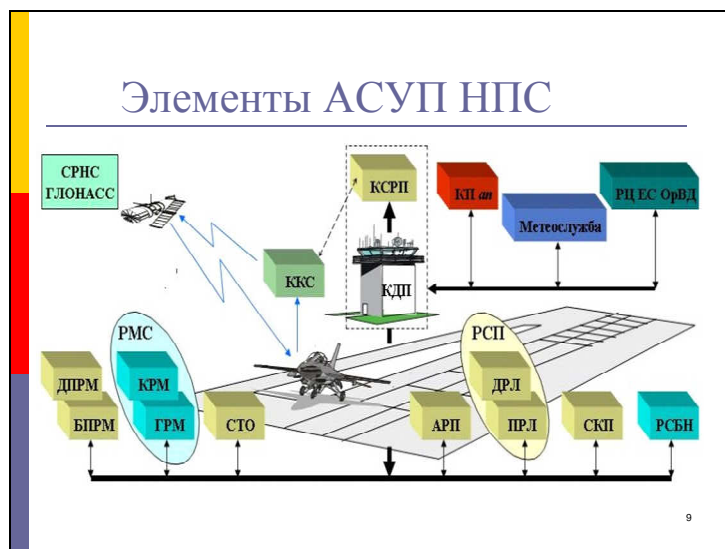


Рис. 1

Эти АСУП НПС предназначены для функционирования на основных, запасных и оперативных аэродромах Минобороны России, на других аэродромах государственной авиации, а

также в районах, не подготовленных в аэронавигационном отношении. Основными задачами такой работы должны явиться сопряжение на основе современных цифровых линий связи, унифицированных протоколов и интерфейсов всех средств светосигнального (ССО) и радиотехнического обеспечения (РТО) в единую систему с глубокой автоматизацией процессов управления полетами, выбор рациональной структуры подсистем, согласование задач, решаемых на борту ВС и в АСУП НПС. При этом, по возможности, должны использоваться современные радиолокационные, радионавигационные и другие технические средства обеспечения полетов, разрабатываемые в настоящее время.

## 1. Комплексы средств автоматизации руководства полетами

При разработке комплекса средств руководства полетами (КСРП) целесообразно решить следующие основные задачи: сопряжение с источниками информации о воздушной обстановке по современным интерфейсам и протоколам, информационно-техническое взаимодействие с командными пунктами различного уровня, совместная обработка информации, повышение уровня автоматизации процессов управления полетами ВС государственной авиации.

За основу информационного взаимодействия источников информации о воздушной обстановке целесообразно принять протокол ASTERIX. При этом на предприятиях промышленности уже имеется опыт сопряжения военных и гражданских подсистем контроля воздушного пространства (например, подсистем «КРЫМ-КТ» с «ТОПАЗ»).

За основу модели информационного представления информации целесообразно выбрать рекомендации Евроконтроля (CATALOGUE PHASE III DPS.ET1.ST07.). Но при этом должна учитываться специфика и особенности национальных правил и рекомендаций.

Современная вычислительная техника позволяет автоматизировать все процессы обнаружения и слежения за траекторией движения интенсивно маневрирующего ВС государственной авиации за счет реализации адаптивных многогипотезных алгоритмов оценивания на основе байесовского метода, которые обеспечивают не только высокоточное определение координат и параметров движения интенсивно маневрирующего ВС, но и вероятностные характеристики гипотезы его движения. Это дает возможность не только эффективно сопровождать маневрирующие ВС по любому каналу информации (ПОРЛ, ВОРЛ, РСБН, СГО и др.), но и синтезировать алгоритмы обнаружения и предотвращения попадания ВС в потенциально опасные ситуации с низким уровнем ложных тревог.

Другим направлением автоматизации является формирование потока заходящих на посадку ВС. Предварительно поток ВС формируется при составлении плановой таблицы полётов. Однако в процессе полётов в результате воздействия внешних факторов временные параметры таблицы меняются, что требует корректировки планов полётов в реальном масштабе времени. Применяемые сегодня методы захода на посадку ВС сформировались еще в 40-е годы прошлого столетия и в современных условиях не являются оптимальными. Использование подобных методов ведет к перерасходу топлива и ресурса ВС. В АСУП НПС предлагается автоматизировать процесс формирования потока заходящих на посадку ВС с использованием оптимальных (так называемых «гибких») траекторий. Использование «гибких» траекторий при существующем годовом налете военной авиации РФ позволит экономить топливо и ресурс ВС на 500-600 млн. рублей в год. Переход к заходу на посадку ВС по «гибким» траекториям позволит в перспективе отказаться от использования приводных радиомаяков, что приведет к сокращению эксплуатационных расходов.

Другим недостатком захода на посадку ВС в сложных метеоусловиях является снижение по длинной пологой глиссаде. В разрабатываемой АСУП НПС предлагается обеспечить снижение ВС по глиссаде, состоящей из двух частей: начальной крутой и конечной пологой, существенно сократив ее длину. Это позволит обеспечить посадку ВС на аэродромы и площадки со сложным

рельефом местности, что положительно скажется на безопасности полётов и оперативности действий военной авиации в целом.

При создании КСРП в стационарном и мобильном варианте с целью унификации с аналогичными средствами гражданской авиации за основу предлагается принять изделие «КСРП-А» либо модернизированный вариант изделия «ВИСП-97». В обоих случаях потребуется доработка их программного обеспечения. КДП высокомобильного варианта системы предполагается разработать, взяв за основу рабочие места либо из состава «КСРП-А», либо из состава радиолокационной системы посадки (РСП) «Низовье». Так как основной задачей высокомобильного варианта системы является обеспечение взлета и посадки ВС, то на КДП предлагается разместить два рабочих места: первое – руководителя полетов (руководителя ближней зоны), второе – руководителя посадки.

## 2. Аппаратура передачи данных, телефонная и громкоговорящая связь

Современный уровень развития техники позволяет строить высокоскоростные волоконно-оптические и беспроводные линии передачи данных. Наиболее полно удовлетворяют требованиям по помехозащищенности системы, использующие шумоподобные или широкополосные сигналы, нашедшие применение в военной связи для борьбы с преднамеренными помехами противника. В настоящее время на этих принципах строятся беспроводные линии обмена данными для доступа в Интернет типа «Wi-Fi». Для стандартизации принципов построения таких систем был разработан стандарт IEEE 802.16-2004, предусматривающий работу оборудования в диапазоне от 2 до 11 ГГц. Принимающее и передающее оборудование, работающее по этому стандарту, может находиться не только в зоне прямой видимости. Стандарт IEEE 802.16 получил коммерческое название «WiMax».

Базовая станция (БС) стандарта 802.16 способна обслуживать абонентов на удалении до 50 км. Скорость передачи данных в разделяемом канале может достигать 70 Мбит/с и выше (на один сектор), что вполне достаточно для предоставления доступа на скорости 1,5 Мбит/с и более для нескольких десятков абонентов (рис. 2).

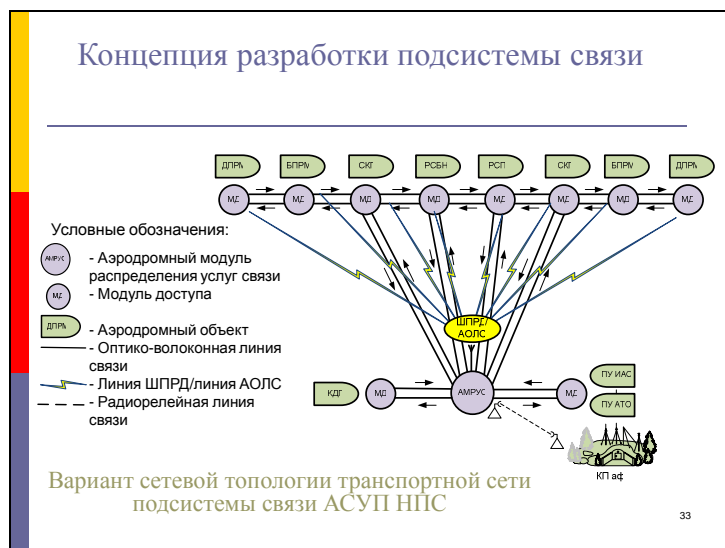


Рис. 2

Важным является выбор частотного диапазона, в котором должна работать беспроводная система. Учитывая большое число различных, часто взаимоисключающих факторов, для России сегодня одним из наиболее перспективных частотных диапазонов является диапазон 5 ГГц.

Использование цифровых технологий (аппаратура широкополосной связи и др.) позволяет реализовать телефонную IP связь, громкоговорящую связь, передачу видеоизображений.

Кроме вопроса создания беспроводной линии обмена данными между наземными элементами АСУП НПС целесообразно рассмотреть вопрос обмена данными с ВС, что позволит обеспечить автоматизацию процесса руления по ВПП и управления движением по летному полю. Абонентская аппаратура имеет малые габариты и вес при достаточно невысокой стоимости, что позволяет ее разместить в бортовой аппаратуре навигации и посадки, замена которой потребуется в связи с реализацией планов конверсии радиочастотного спектра.

### 3. Подсистема контроля воздушного пространства

#### Радиолокационные каналы контроля воздушного пространства

К радиолокационным каналам контроля воздушного пространства относятся первичный (диспетчерский) радиолокационный канал (ДРЛ), вторичный радиолокационный канал (ВРЛ), посадочный радиолокационный канал (ПРЛ), канал системы госопознавания (СГО). В качестве комплекса радиолокационных каналов для АСУП НПС в стационарном и мобильных вариантах предлагается использовать перспективную РСП, разрабатываемую в ОКР «Низовье». РСП «Низовье» по своим основным тактико-техническим характеристикам соответствует требованиям перспективной АСУП НПС, потребуется лишь обеспечить сопряжение РСП «Низовье» с КСРП по унифицированным интерфейсам и протоколам.

Для АСУП НПС в высококомобильном исполнении необходимо разработать новый обзорно-посадочный радиолокатор (ОПРЛ). Для обеспечения малых весов и габаритов ОПРЛ целесообразно разрабатывать в 3-сантиметровом диапазоне волн, принятом для посадочных радиолокаторов, в том числе и в гражданской авиации. ОПРЛ может быть построен по двум схемам. Первая схема, с плоской фазированной антенной решеткой (ФАР) с частотным сканированием по углу места, с высокой частотой вращения (1-2 об/с) по азимуту обеспечивает измерение по трем координатам. По второй схеме ОПРЛ может содержать две антенные системы: неподвижную ФАР для измерения угла места и вращающуюся ФАР, обеспечивающую измерение азимута и дальности. Радиолокатор кругового обзора может быть выполнен в диапазоне длин волн 10 или 23 сантиметра. Учитывая, что при заходе на посадку требуемая точность в горизонтальной плоскости в 2-2,5 раза ниже, чем в вертикальной плоскости, то при современных средствах обработки информации можно обеспечить приемлемую точность определения координат и параметров движения ВС при достаточно малых размерах антенной системы.

Разделение антенн на угломестную и обзорную очевидно упрощает и удешевляет конструкцию, но такое решение может не обеспечить требуемые массо-габаритные характеристики, которые для высококомобильного комплекса являются одними из приоритетных. Окончательное решение о принципах построения ОПРЛ должно быть принято на этапе проектирования.

#### Канал наблюдения радиотехнической системы ближней навигации

Радиотехническая система ближней навигации (РСБН) обладает рядом дополнительных функций. В частности в РСБН реализованы:

- двусторонняя цифровая линия передачи данных (ЦЛПД);
- аналоговая линия передачи сигналов управления «корабль-борт», используемая при посадке ВС на авианесущий корабль;
- принцип вторичной радиолокации, обеспечивающий наблюдение и опознавание отметок от ВС на устройствах отображения наземного или корабельного радиомаяка либо командно-диспетчерского пункта;
- режим сбора и встречи самолетов в воздухе для дозаправки топливом.

ЦЛПД на частотах и с форматами сигналов РСБН работает в линиях связи «маяк-борт», «борт-маяк» и «борт-борт». При этом используются те же наземные и бортовые приемники и передатчики, что и для целей навигации и посадки. ЦЛПД может обеспечивать решение следующих задач:

- управление полетом с командно-диспетчерского пункта;
- передача полетной информации с борта ВС для обеспечения принципа автоматического зависимого наблюдения (АЗН);
- обмен информацией между ВС при сборе в группу и групповых действиях.

#### Канал автоматического зависимого наблюдения

Использование АЗН позволяет получать данные о воздушной обстановке в районах, слабо оборудованных в радионавигационном отношении, и при полетах ВС на малой высоте. Сложность внедрения АЗН в военной авиации заключается в том, что в ряде случаев необходимо на борт ВС устанавливать дополнительное бортовое оборудование и антенны, а непрерывное излучение бортового оборудования не обеспечивает скрытность действий ВС государственной авиации в угрожаемый период и военное время.

Наиболее остро вопрос контроля за воздушным пространством стоит в армейской авиации, базирующейся на вертолетах, так как полеты в этом случае совершаются на предельно малых высотах. На вертолетах проще разместить малогабаритную и относительно дешевую аппаратуру АЗН, поэтому предлагается в состав АСУП НПС в модификации для вертолетных полков включить АЗН-В. АЗН целесообразно также использовать для контроля за движением наземного транспорта. Для этого потребуется установить на наземный транспорт простейший приемник спутниковой навигации, а в качестве линии передачи данных (ЛПД) использовать широкополосные радиоканалы. В широкополосной ЛПД можно реализовать навигационную функцию, тогда отпадет необходимость в установке приемников спутниковой навигации.

#### Приводные аэродромные радиостанции (ПАР)

В настоящее время для привода ВС в район аэродрома могут быть использованы следующие источники информации: инерциальная навигационная система (ИНС), РСБН, радиотехническая система дальней навигации (РСДН), спутниковая радионавигационная система (СРНС). На ВС военной авиации установлена хотя бы одна из перечисленных систем, а их, как правило, несколько. Таким образом, вопрос привода ВС в район аэродрома решается и без участия ПАР.

Решение задачи формирования потока ВС, заходящих на посадку по криволинейным траекториям в АСУП НПС «Рейс-2000», снимает с ПАР функцию построения предпосадочного маневра. При необходимости предпосадочный маневр ВС могут строить по информации РСБН.

АСУП НПС должна обеспечивать категоризованную посадку ВС, что предъявляет жесткие требования к инструментальным системам посадки (ИСП) по надежности и целостности. Так как отказ ИСП – событие маловероятное, то использование ПАР как резервного варианта маловероятно. В случае возникновения такой ситуации посадка может быть обеспечена по информации РСБН и РСП.

Применение ПАР в АСУП НПС является нецелесообразным. ПАР могут продолжать эксплуатироваться на аэродромах, не оборудованных АСУП НПС до выработки ресурса. В случае необходимости работы по модернизации ПАР целесообразно проводить по отдельным ОКР.

#### Автоматические радиопеленгаторы

Автоматические радиопеленгаторы (АРП) входят в состав РСП «Низовье», которую предполагается использовать в составе АСУП НПС. Дальнейшая целесообразность применения АРП в составе аэродромных систем будет рассмотрена на этапе ТП, так как в составе этих систем будет несколько более эффективных источников информации, обеспечивающих решение задач идентификации ВС, и определяется местоположением.

#### Инструментальные системы посадки

Посадка является наиболее ответственным этапом полета ВС, что обуславливает существенное возрастание психологической и физической нагрузки на членов экипажа. Поэтому большое практическое значение для успешной посадки имеют ИСП, обеспечивающие посадку ВС в сложных метеорологических условиях, в том числе и вне видимости земли. С помощью

этих систем ВС выводится в заданную область принятия экипажем решения о посадке с высокой вероятностью. В настоящее время на аэродромах гражданской авиации эксплуатируются радиомаячные системы трех типов: СП-75, СП-80 и СП-90. На военных аэродромах эксплуатируются в основном так называемые посадочные радиомаячные группы ПРМГ-5 и ПРМГ-76у. Посадка по ПРМГ является резервной для гражданской авиации в случае посадки ВС на военных аэродромах и аэродромах совместного базирования.

Этим системам присущ ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

- необходимость проведения сезонных лётных проверок;
- узкие секторы наведения по курсу и глиссаде;
- зависимость точностных характеристик от подстилающей поверхности;
- невозможность выбора угла глиссады на борту и т.д.

Для обеспечения посадки военных ВС на аэродромы постоянного базирования наиболее перспективной является система посадки сантиметрового диапазона длин волн (МЛС), которая имеет следующие преимущества по сравнению с ИСП метрового и дециметрового диапазонов:

- возможность формирования линейного отклонения от заданной траектории, что существенно улучшает динамику контура «САУ-самолет»;
- возможность полета по криволинейным траекториям в широкой зоне по азимуту и углу места;
- удовлетворительные рабочие характеристики при неблагоприятных условиях размещения;
- возможность передачи дополнительных данных по каналу «земля-борт»;
- высокая помехозащищённость, что очень важно для военных систем;
- требует существенно меньшего количества лётных проверок.

В стационарном варианте предлагается использовать МЛС, разрабатываемую в рамках ОКР «Пшенка», обеспечив сопряжение с КСРП КДП по интерфейсам и протоколам.

Для обеспечения посадки на оперативные и временные аэродромы в составе АСУП НПС предлагается на ЭП исследовать ИСП, точность которой не зависит от рельефа местности не требует первичного облёта и которая обладает малыми габаритами, весом и стоимостью. Предлагаемая система посадки строится следующим образом. На удалении приблизительно 1000 метров от торца взлетно-посадочной полосы (ВПП) со стороны захода на посадку размещают 2 модернизированных дальномеров ответчика (ДО) DME/P разнесенных в стороны от ее оси. При входе ВС в зону действия дальномерных маяков, информация о дальности совместно с информацией СРНС и/или ИНС и барометрической высотой обрабатываются в блоке комплексной обработки информации на борту ВС. Полученные точные значения координат местоположения ВС поступают в блок формирования сигналов управления, где вычисляются отклонения ВС от расчетной траектории захода на посадку, которые в свою очередь поступают в систему автоматического управления (САУ) ВС.

Потенциальная точность (СКО) определения координат местоположения ВС составит порядка 1 метра в точке принятия решения при взаимодействии СРНС типа GPS, при взаимодействии с ИНС точность будет несколько ниже. Данная дальномерная система посадки ВС будет обладать высокой точностью и простотой реализации, обеспечивать посадку на аэродромы со сложным рельефом, так как измерение дальности осуществляется в диапазоне 960-1215 МГц, что позволяет исключить влияние местности на точность измерения. Для осуществления посадки достаточно обеспечить дальность действия дальномеров ответчиков в пределах 15-20 км, что приведет к снижению их веса, габаритов и энергопотребления. Даже при отказе одного из маяков система сохранит работоспособность при некотором снижении точности. При таком построении системы посадки отпадает необходимость облёта, что особо важно для оперативных и временных аэродромов.

#### **4. Подсистема светотехнического оборудования**

В качестве основы для подсистемы светотехнического оборудования (СТО) стационарного и мобильного вариантов системы предлагается использовать аэродромный комплекс «Луч-4МС». Стационарный вариант системы должен обеспечивать II категорию метеоминимума. Требования к СТО II категории метеоминимума для аэродромов военной авиации в настоящее время отсутствуют. В соответствии с требованиями по унификации аэродромных технических средств государственной и гражданской авиации целесообразно воспользоваться требованиями международной организации ИКАО. В соответствии с 14 приложением ИКАО, СТО II категории метеоминимума отличается от СТО I категории в основном наличием огней, обозначающих осевую линию ВПП и требованиями III-го уровня по энергообеспечению, т.е. необходимо иметь два независимых источника энергоснабжения и резервный источник питания. Изучение вопроса разработки и производства углубленных осевых огней в РФ показало, что в настоящее время технологические возможности для их производства отсутствуют.

В связи с тем, что в настоящее время нет ВС государственной авиации, допущенных к полетам по II категории метеоминимума, то с учетом перспектив развития предлагается доработать «ЛУЧ-4МС» до II категории в части энергообеспечения (источники питания, электрические щиты, регуляторы яркости и т.д.).

#### **5. Подсистема дистанционного управления и контроля технического состояния**

Подсистема дистанционного управления и контроля технического состояния (ДУ КТС) должна строиться на базе широкополосной системы обмена данными. Сигналы о техническом состоянии средств обеспечения полетов должны поступать на АРМ инженера, где отображаются с помощью специального программного комплекса на сенсорном мониторе. Управления техническими средствами должно осуществляться аналогичным образом с рабочего места инженера. Соответственно каждая подсистема оборудуется микропроцессорным блоком для обеспечения нужного протокола передачи информации по широкополосной системе обмена данными. Глубина контроля технического состояния подсистем осуществляется до съемного блока (модуля).

#### **6. Подсистема объективного контроля**

В связи с тем, что процесс управления полетами в АСУП НПС строится на основе использования цифровых технологий, регистрацию воздушной обстановки, пультовых операций, обмен речевыми сообщениями между оператором и пилотом ВС целесообразно осуществлять в цифровом виде и записывать на твердотельный носитель, например электронную карту памяти. Воспроизведение и анализ будут осуществляться на рабочих местах АСУП НПС.

#### **7. Подсистема автоматизированного контроля занятости ВПП и рулёжных дорожек со средствами автоматизации управления движением по летному полю аэродрома**

Для контроля занятости ВПП, рулёжных дорожек и управления движением по летному полю аэродрома в настоящее время используются радиолокаторы обзора летного поля (ОЛП). Эти радиолокаторы достаточно дорогие и для эффективного обзора летного поля требуется их установка на вышке, что также увеличивает стоимость всей системы. Кроме этого наличие радиолокатора не решает проблемы управления движением, так как нужна идентификация участников движения. Применение радиолокатора ОЛП экономически оправдано для аэродромов, имеющих несколько ВПП и разветвленную сеть рулежных дорожек, т.е. для крупных аэроузлов.

Для военной авиации для управления движением ВС на земле наиболее экономически оправданным является использование систем зависимого наблюдения, например, широкополосной системы обмена данными с навигационной функцией, или режим АЗН–В, но это, как уже отмечалось, требует установки приборов определения местоположения всех участников движения на аэродроме. Для контроля за ВПП и прилегающими рулевыми дорожками могут использоваться РЛС сантиметрового и миллиметрового диапазона волн, которые устанавливаются в районе торцов ВПП по обеим сторонам. Другим вариантом контроля занятости ВПП является система, построенная по принципу охраны периметра. В этом случае будет обнаружено любое несанкционированное нарушение периметра ВПП.

## **PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT ASK FLIGHTS, NAVIGATION, LANDING AND TELECOMMUNICATION STATE AVIATION**

**Tcherniakov M.V., Stoliarov G.V.**

Perspectives of development ASK flights Russia's state aviation are considered.

### **Сведения об авторах**

**Черняков Михаил Владимирович**, 1938 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1960), заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, академик РАЕН, РАТ, РАО, МАТ, МАИ, профессор МГТУ ГА и МГУ ПИ, автор более 200 научных работ, область научных интересов - информационные технологии.

**Столяров Геннадий Владимирович**, 1949 г.р., окончил адъюнктуру ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1984), кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заслуженный военный специалист России, главный конструктор ОАО «НПО «ЛЭМЗ», автор более 100 научных работ, область научных интересов - системы и средства автоматизации УВД, радиолокации, радионавигации и посадки.