



УДК 629.7.054.07
ГРНТИ 73.37.81

КРАТКИЙ ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ РСР-27 И АН/МРН-25

*В.А. ВОРОБЬЕВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Д.А. ЧИСТИЛИН, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
А.Г. ПОПОВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Проведен обзор двух новейших радиолокационных систем посадки, производимых в Российской Федерации и Соединенных Штатах Америки для поставок в подразделения, осуществляющих радиотехническое обеспечение полетов. На основе данного обзора проведен сравнительный анализ достоинств и недостатков, позволяющий сделать выводы о векторе модернизации и совершенствования отечественных радиолокационных систем посадки.

Ключевые слова: радиолокационная система посадки, диспетчерский радиолокатор, посадочный радиолокатор, радиотехническое обеспечение полетов, тактико-технические характеристики.

A BRIEF OVERVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RADAR LANDING SYSTEM RSP-27 AND AN/MPN-25

*V.A. VOROB'EV, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
D.A. CHISTILIN, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
A.G. POPOV
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

A review of the two newest radar landing systems made in the Russian Federation and the United States of America for deliveries to the units providing radio technical support for flights was conducted. Based on this review, a comparative analysis of strengths and weaknesses has been carried out, which allows to draw conclusions about the vector of modernization and improvement of domestic radar landing systems.

Keywords: radar landing system, control radar, landing radar, radio engineering support of flights, performance characteristics.

Введение. Развитие науки в любых практических областях деятельности человека сопровождается анализом научно – технического (технологического) задела (отечественного и иностранного, отставание, опережение, паритет). Разработка и принятие на вооружение новых средств осуществляется как соревнование науки и техники ведущих школ, технологически развитых государств. Развитию системы радиотехнического обеспечения полетов авиации, как наукоемкого направления все это присуще.

Актуальность. Целью данной статьи является рассмотрение достигнутых на современном этапе результатов в создании важного технического средства, входящего в комплекс технических средств радиотехнического обеспечения полетов – радиолокационной системе по-



садки (РСП). Представляет интерес обзор новейшей отечественной РСП и лучшего мирового образца, выполняющего аналогичные функции. Сравнение этих двух РСП позволит сделать важные выводы о текущем положении и перспективах развития технических средств данного класса.

Радиолокационные системы посадки РСП-27 производства российской компании Лианозовский электромеханический завод и AN/MPN-25 производства американской компании ITT Exelis Radar, Reconnaissance & Undersea Systems относятся к системам контроля воздушного пространства и предназначены для обеспечения решения задач контроля группой руководства полетами за воздушным движением в районе аэродрома и выдерживания воздушными судами заданной линии посадки по курсу и глиссаде.

К радиолокационным каналам контроля воздушного пространства относятся: первичный (диспетчерский) радиолокационный канал; вторичный радиолокационный канал; посадочный радиолокационный канал; канал единой системы государственного радиолокационного опознавания (ЕС ГРЛО).

Радиолокационная система посадки РСП-27 [1] предназначена для организации управления воздушным движением в ближней зоне аэродрома и контроля за выполнением воздушными судами (ВС) предпосадочного маневрирования и выдерживания линий курса и глиссады на посадочной траектории.

В состав РСП-27 входят:

- модуль диспетчерского радиолокатора ДРЛ-27 (рисунок 1);
- модуль посадочного радиолокатора ПРЛ-27 (рисунок 2);
- автоматический радиопеленгатор (в составе модуля ДРЛ-27);
- дизельная электростанция.



Рисунок 1 – Модуль диспетчерского радиолокатора и дизельная электростанция РСП-27



Рисунок 2 – Два варианта модуля посадочного радиолокатора РСР-27

РСР-27 обеспечивает:

- обнаружение ВС и измерение их координат (дальность, азимут) по первичному радиолокационному каналу (ПРЛК) и двум вторичным (RBS и ЕС ГРЛО) радиолокационным каналам (ВРЛК) модуля ДРЛ-27 в режиме кругового обзора в ближней зоне аэродрома;
- запрос, прием и обработку дополнительной полетной информации от ВС, оборудованных ответчиками, работающими в режимах А, С международного стандарта RBS и IV, VI режимах ЕС ГРЛО;
- обнаружение ВС и измерение их удаления от взлетно-посадочной полосы (ВПП) и отклонений от заданной линии посадки (ЗЛП) по каналу курса и глиссады модуля ПРЛ-27;
- пеленгацию ВС, средства радиосвязи которых ведут передачу сигнала;
- совместную обработку и объединение координатной и дополнительной полетной информации, поступающей по первичным и вторичным каналам модулей ДРЛ-27 и ПРЛ-27, выдачу информации на аппаратуру командно – диспетчерского пункта (КДП), для группы руководства полетами (рисунок 3).

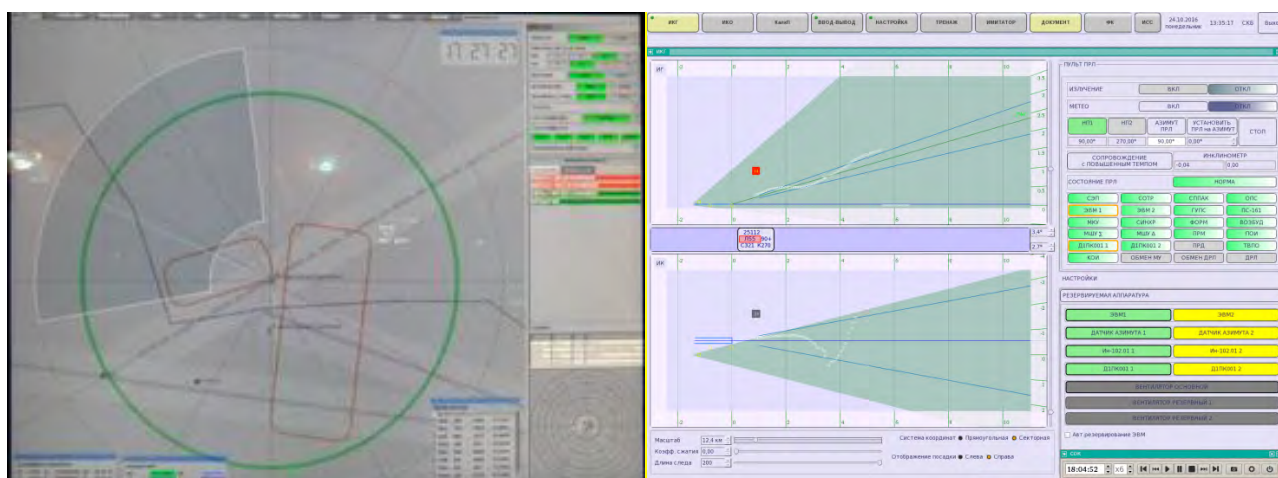


Рисунок 3 – Отображение информации на экранах руководителя ближней зоны и руководителя зоны посадки



Приведем основные тактико-технические характеристики РСП-27 [2, 3].

Зона обзора ДРЛ: по азимуту 360° , по углу места от $0,5^\circ$ до 60° , высота от 0 до 18 км, по дальности 110 км в простых метеоусловиях (ПМУ).

Период обновления информации ДРЛ – 6 с (скорость вращения антенны 10 оборотов в минуту).

Зона обзора вторичного канала ДРЛ – по азимуту 360° , дальность 350 км.

Период обновления информации вторичного канала ДРЛ: 6 с (скорость вращения антенны 10 оборотов в минуту).

Зона обзора ПРЛ: по азимуту 35° , по углу места от -1° до $+8^\circ$, по дальности 40 км в ПМУ, 25 км в сложных метеоусловиях (СМУ).

Период обновления информации ПРЛ – 1 с.

Частотный диапазон – 9175,7 ... 9575,7 МГц.

Ширина диаграммы направленности антенны – по азимуту $1,1^\circ$, по углу места $0,55^\circ$.

Стоимость комплекта РСП-27 по ценам закупки Министерством обороны в 2015 году составила чуть более 311 миллионов рублей.

AN/MPN-25 [2] производится в мобильном варианте поставки (рисунок 4). Доступны также варианты поставки стационарного и упаковочного комплекта GCA/PAR-2020 [3] (рисунок 5) или только посадочного радиолокатора PAR-2020 (AN/FPN-68).



Рисунок 4 – Мобильный комплект AN/MPN-25 в развернутом состоянии



Рисунок 5 – Стационарный комплект GCA/PAR-2020 в развернутом состоянии на позиции, аэродром ВВС Польши



AN/MPN-25 представляет собой радиолокационную систему посадки, состоящую из компактного диспетчерского радиолокатора (ASR), вторичного обзорного радиолокатора (SSR) и посадочного радиолокатора (PAR), устройств отображения, системы передачи данных, обеспечивающих управление полетами в районе аэродрома или авиабазы.

Радар AN/MPN-25 при круговом обзоре выполняет одновременно две задачи: траекторного сопровождения прилетающих и взлетающих воздушных судов (ВС), а также осуществление обеспечения управления ВС, заходящими на посадку в простых (ПМУ) и сложных (СМУ) метеоусловиях. Сопровождение самолетов в режиме обзора осуществляется на дальности до 55 километров и высоте до 2,4 тысячи метров. Обеспечение управления ВС, заходящими на посадку на дальности 37 километров в секторе 30° по азимуту и 8° по углу места. Траекторное сопровождение и обеспечение управлением захода на посадку системой AN/MPN-25 представлено отображением радиолокационных данных на универсальных, многорежимных, цветных, цифровых дисплеях для группы руководства полетами. Система отображения (рисунок 6) обеспечивает непрерывность и цифровую обработку данных, имеется режим селекции движущихся целей, привязка целей к местности и нанесение их на карту.

AN/MPN-25 включает два или более универсальных дисплея, которые индивидуально могут быть назначены для контроля работы ASR или PAR режимов в зависимости от потребностей интенсивности движения воздушных судов. Сертифицированный федеральным управлением авиации (FAA) формат ASR охватывает отображение воздушной обстановки.

PAR дисплей обеспечивает 3-D ситуационный процесс посадки в новейшем цифровом формате.



Рисунок 6— Система отображения и управления радиолокатора AN/MPN-25 (GCA/PAR-2020)



Приведем основные тактико-технические характеристики AN/MPN-25:

Зона обзора ASR: по азимуту 360°, по углу места от 0° до 20° – высота от 0 до 8000 футов (от 0 до 2,438 км), по дальности 30 морских миль (55,56 км) в простых метеоусловиях (ПМУ) – режим Clear, 19 морских миль (35,188 км) в СМУ – режим Rain.

Период обновления информации ASR: – 1 с (скорость вращения антенны 60 оборотов в минуту).

Зона обзора SSR: по азимуту 360°, дальность 100 морских миль (185,2 км).

Период обновления информации SSR: 4 с (скорость вращения антенны 15 оборотов в минуту).

Зона обзора PAR: по азимуту 30°, по углу места от –1° до +7°, по дальности 20 морских миль (37,04 км) в простых метеоусловиях (режим Clear) и 15 морских миль (27,78 км) в сложных метеоусловиях (режим Rain).

Период обновления информации PAR – 1 с.

Ширина диаграммы направленности антенны – по азимуту 1,4°, по углу места 0,75°.

Частотный диапазон – 9000 ... 9200 МГц.

Скорость сопровождаемой PAR цели от 40 до 240 узлов (от 74,1 до 444,4 км/ч).

Среднее время наработки на отказ – 2212 часов (MTBCF).

Среднее время восстановления – 0,25 ч. (MTTR).

В приемо-передающих модулях апертурных азимутальной и угломестной антенн GCA/PAR-2000 применены воздушно охлаждаемые GaAs элементы. Модульная, открытая архитектура и твердотельные элементы системы GCA/PAR-2000 обеспечили высокие эксплуатационные характеристики радиолокационной системе посадке.

Резервирование модулей системы обеспечивает работоспособность при постепенном ухудшении параметров или отказе отдельных ее элементов.

Уменьшение расходов на поддержку в эксплуатационный период системы по сравнению с аналогичными образцами обеспечиваются использованием высоконадежных твердотельных технологий, минимизацией номенклатуры уникальных заменяемых модулей и применением широкого встроенного тестирования технического состояния.

По сообщению источника [4] Министерство обороны США заключило с американской компанией ИТТ Exelis Radar, Reconnaissance & Undersea Systems контракт на производство и поставку Польше девяти радаров системы захода на посадку по командам с земли AN/MPN-25 (GCA/PAR-2000). Сумма сделки составила 76,1 миллиона долларов. Новые радиолокационные станции будут установлены на девяти авиабазах Польши. Таким образом, один экземпляр радара обошелся в сумму в 8,5 миллиона долларов или по существующему курсу примерно 510 миллионов российских рублей.



Рисунок 7– Радиолокатор AN/MPN-14k



Сравнительный анализ этих систем, выполняющих схожие задачи, проведен на основе разработки и вооружения ими частей радиотехнического обеспечения полетов после 2010 года. РСР-27 можно отнести скорее к прошлым поколениям РСР типа АН/МРН. Например, можно найти много внешнего сходства и примененных составных элементов РСР-27 с РСР АН/МРН-14к (рисунок 7), относящейся к образцу прошлых поколений. Однако в настоящий момент РСР-27 в Российской Федерации, а АН/МРН-25 в Соединенных Штатах Америки являются самыми современными радиолокационными системами посадки, что обосновывает некоторую корректность их сравнения.

Основные тактико-технические характеристики РСР-27 и АН/МРН-25 сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сводная таблица тактико-технических характеристик РСР-27 и АН/МРН-25

№ п.п.	Наименование ТТХ	РСР-27	АН/МРН-25
1.	Зона обзора ДРЛ (ASR):		
	– по азимуту	360°	360°
	– по углу места/высота	0,5 ... 60°/ 0 ... 18 км	0,5 ... 20°/ 0 ... 2,4 км
	– по дальности в ПМУ	110 км	56 км
2.	Период обновления информации ДРЛ (ASR)	6 с	1 с
3.	Зона обзора вторичного канала (SSR):		
	– по азимуту	360°	360°
	– по дальности в ПМУ	350 км	185 км
4.	Период обновления информации вторичного канала (SSR)	6 с	4 с
5.	Зона обзора ПРЛ (PAR):		
	– по азимуту	35°	30°
	– по углу места	-1° ... +8°	-1° ... +7°
	– по дальности в ПМУ в СМУ	40 км 25 км	37 км 27 км
6.	Период обновления информации ПРЛ (PAR)	1 с	1 с
7.	Ширина диаграммы направленности антенны ПРЛ (PAR)		
	– по азимуту	1,1°	1,4°
	– по углу места	0,55°	0,75°
8.	Частотный диапазон ПРЛ (PAR)	9175 ... 9575 МГц	9000 ... 9200 МГц
9.	Наличие канала передачи данных на борт ВС	отсутствует	имеется

Анализ тактико-технических характеристик показывает, что между этими радиолокационными системами посадки четко прослеживаются несколько иные требования к зоне обзора, под которые они разработаны. Зоны обзора сильно отличаются для ДРЛ и ASR, вторичного канала ДРЛ и SSR. Отличие зон обзора в вертикальной – угломестной плоскости и дальности обусловлено различными подходами к делению зон ответственности за управление полетами. Преимущество в большей зоне обзора в РСР-27 позволяет не привлекать для решения оперативных задач в районе аэродрома другие средства радиотехнического обеспечения или использовать это преимущество для резервирования информационных каналов, обеспечивающих устойчивость навигационного обеспечения на основе радиотехнических средств.

АН/МРН-25 обеспечивает более высокий темп обновления информации в ASR по сравнению с ДРЛ. Обновление первичных измерений координат ВС с более высоким темпом при использовании аналого-дискретных алгоритмов вторичной обработки радиолокационной информации уменьшает время сходимости фильтрации измерений и уменьшает значение ошибки экстраполяции измерений, а соответственно, и точности сопровождения траекторий и автоматического управления воздушными судами. В ПРЛ РСР-27 наблюдаются более высокие показатели



разрешающей способности, позволяющие потенциально с более высоким качеством обеспечить посадку потока ВС.

Качественное сравнение РСП-27 и AN/MPN-25 показывает преимущественные стороны следующего поколения РСП, к которым можно отнести радиолокатор AN/MPN-25. Отмечаются следующие преимущества радиолокатора AN/MPN-25: повышенная мобильность за счет меньших массогабаритных размеров и исполнении всей системы на одном прицепе, выполнении конструкции антенной системы ASR, SSR и PAR в едином элементе компоновки, уменьшающей время разворачивания системы, применении в излучающей апертуре фазированной антенной решетки активных приемо-передающих элементов, произведенных на основе современных технологий изготовления с высокой степенью надежности, получение за счет применения активной фазированной решетки, повышенной помехозащищенности системы, применении современных технологий отображения информации с привязкой к карте, повышающей качество информационного обеспечения группы руководства полетами, наличии системы передачи данных, обеспечивающей автоматизацию управления ВС на всех этапах полета.

Управление заходом воздушных судов на посадку по заданной линии посадки в AN/MPN-25 может осуществляться с использованием системы передачи данных (СПД) в автоматическом и директорном режиме, которые не реализованы в отечественной РСП-27. AN/MPN-25 и РСП-27 обеспечивают подачу команд управления на ВС по линии командной радиостанции от группы руководства полетами. Важным вопросом при управлении заходом на посадку с использованием ПРЛ является значение минимальной высоты, до которой может быть осуществлено сопровождение траектории ВС и с необходимым качеством сформированы сигналы и команды управления. Данный параметр зависит от диффузного переотражения электромагнитных волн от земной поверхности и ширины диаграммы направленности глассадного радиолокатора ПРЛ. Влияние этих факторов увеличивается на малых дальностях от ПРЛ до ВС и при выполнении условия $\varphi_v < 0,75\Theta_{0,5v}$, где φ_v – угол визирования ПРЛ в вертикальной плоскости, $\Theta_{0,5v}$ – ширина диаграммы направленности глассадного радиолокатора ПРЛ, происходит переход от устойчивого сопровождения к неустойчивому. Исходя из этого условия и параметров анализируемых РСП, получены следующие значения потенциальных минимальных высот сопровождения и управления ВС: для РСП-27 имеющей более узкую диаграмму направленности по углу места $H_{\min} \approx 10$ м, AN/MPN-25 $H_{\min} \approx 20$ м. Полученные значения характеризуют потенциальные величины высот сопровождения и управления ВС с использованием РСП, на практике ПРЛ используются как средства контроля для группы руководства полетами, как резервное средство осуществления некатегорированного захода на посадку до высоты 60 м и в этих условиях обе РСП полностью удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. В случае принятия решения о применении ПРЛ для обеспечения категорированного захода на посадку, полученные значения H_{\min} свидетельствуют о достижимости осуществления посадки в соответствии со 2 категорией метеоминимума, определенного документами ИКАО (международной организации гражданской авиации).

Устройства отображения информации для группы руководства полетами в обоих образцах рассматриваемых РСП являются дополнительным оборудованием. Имеется аппаратура сопряжения с системами отображения информации, находящимися на командно-диспетчерском пункте. Сами по себе системы отображения достаточно сложны и требуют объемного описания, выходящего за рамки данной статьи.

Меньшая стоимость на 40% комплекта РСП-27 относительно комплекта во многом обусловлена отличием цен для внутреннего рынка Российской Федерации и цен на мировых рынках вооружений, по которым определена цена комплекта AN/MPN-25, проданного для Польши, использованием в конструкции гораздо более дешевых антенно-фидерных систем и элементов приемо-передающего тракта, отличием в составе комплектов, применением более дешевых технологий изготовления комплектующих элементов и материалов, из которых они изготовле-



ны. Различие в стоимости комплектов несет информационный характер без возможности точной сравнительной оценки по этому показателю.

Выводы. Подводя итог сравнительного анализа двух радиолокационных систем и имеющегося научного задела, авторы выделяют следующие перспективные направления модернизации и совершенствования отечественной РСП-27 и разработки новых РСП:

- увеличение темпа обновления радиолокационной информации как в ДРЛ и ПРЛ;
- применение аналого-дискретных алгоритмов вторичной обработки информации в ПРЛ;
- реализация моноимпульсного режима работы посадочного радиолокатора, для чего необходимо разработать другую антенную систему на основе активных приемо-передающих элементов;
- уменьшение массогабаритных размеров при разработке новых РСП;
- повышение помехозащищенности РСП;
- оснащение РСП аппаратурой, формирующей канал передачи данных на борт ВС;
- разработка устройства трехмерного отображения радиолокационной информации с возможностью привязки к карте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиолокационные системы посадки РСП-27С и РСП-28М (стационарная и мобильная). Краткое описание выполненных работ. АО «НПО ЛЭМЗ», 2013. 36 с.
2. Модуль ДРЛ-27С. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Описание и работа ЦИВР.462319.001 РЭ Утвержден ЦИВР.462319.001 РЭ-ЛУ.
3. Модуль ПРЛ-27С. Руководство по эксплуатации РШПИ 462725.001 РЭ. Утвержден РШПИ.462725.001-РЭ-ЛУ.
4. AN/MPN-25 Precision Approach Radar [Электрон. ресурс] Режим доступа: <https://www.harris.com/solution/anmpn-25-military-air-traffic-control-radar> (дата обращения: 16.04.2018).
5. GCA/PAR-2020 Military Air Traffic Control Radar [Электрон. ресурс] Режим доступа: <https://www.harris.com/solution/gcapar-2020-military-air-traffic-control-radar> (дата обращения: 16.04.2018).
6. Польша обновит радары на девяти авиабазах [Электрон. ресурс] Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2014/01/06/ground/> (дата обращения: 16.04.2018).

REFERENCES

1. Radiolokacionnye sistemy posadki RSP-27S i RSP-28M (stacionarnaya i mobil'naya). Kratkoe opisaniye vypolnennyh rabot. AO «NPO L`EMZ», 2013. 36 p.
2. Modul' DRL-27S. Rukovodstvo po `ekspluatacii. Chast' 1. Opisaniye i rabota CIVR.462319.001 R`E Utverzhdn CIVR.462319.001 R`E-LU.
3. Modul' PRL-27S. Rukovodstvo po `ekspluatacii RShPI 462725.001 R`E. Utverzhdn RShPI.462725.001-R`E-LU.
4. AN/MPN-25 Precision Approach Radar [Elektron. resurs] Rezhim dostupa: <<https://www.harris.com/solution/anmpn-25-military-air-traffic-control-radar>> (data obrascheniya: 16.04.2018).
5. GCA/PAR-2020 Military Air Traffic Control Radar [Elektron. resurs] Rezhim dostupa: <<https://www.harris.com/solution/gcapar-2020-military-air-traffic-control-radar>> (data obrascheniya: 16.04.2018).
6. Pol'sha obnovit radary na devyati aviabazah [Elektron. resurs] Rezhim dostupa: <<https://lenta.ru/news/2014/01/06/ground/>> (data obrascheniya: 16.04.2018).



© Воробьев В.А., Чистилин Д.А., Попов А.Г., 2018

Воробьев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mrworobjev@ya.ru.

Чистилин Денис Анатольевич, кандидат технических наук. Россия, 394002, г. Воронеж, ул. Урывского, 13. dchistilin@yandex.ru.

Попов Артем Геннадьевич, оператор научной роты, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.