

УДК 629.735.33

Е. А. Рубцов, С. А. Кудряков

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

В. В. Романцев, С. А. Беляев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Анализ использования общего воздушного пространства и захода на посадку при использовании параллельных взлетно-посадочных полос пилотируемыми и беспилотными воздушными судами

Рассматриваются особенности обеспечения полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов (ВС) в общем воздушном пространстве, а также обеспечения одновременного захода на посадку на параллельные ВПП. Приведены результаты оценки зон конфликтных ситуаций для различного навигационного обеспечения воздушных судов для случаев параллельных и пересекающихся воздушных трасс. Показано, что отказ аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем на беспилотном воздушном судне приведет к нарушению норм эшелонирования по причине низкой точности существующих инерциальных навигационных систем. Проблему можно решить внедрением систем ближней навигации VOR/DME и их аналогов или более точных инерциальных навигационных систем. Проведен анализ совместного захода на посадку пилотируемых и беспилотных ВС на параллельные ВПП. Показано, что существующие тяжелые беспилотные воздушные суда не могут совершать зависимые заходы по причине низкой посадочной скорости. Предлагается выделять интервалы для посадки группы беспилотных воздушных судов между посадками пилотируемых ВС.

Безопасность полетов, беспилотные воздушные суда, зона конфликтных ситуаций, параллельные взлетно-посадочные полосы, одновременный заход на посадку

В настоящее время все заметнее становится тенденция расширения сферы применения беспилотных воздушных судов (БВС). Их используют как средство аэрофотосъемки для мониторинга окружающей среды, ситуации на дорогах, патрулирования границ и т. д. Аппараты могут нести значительную по массе полезную нагрузку, совершать полеты на большую дальность и подниматься на высоты в несколько тысяч метров [1]. Для совершения посадки тяжелым аппаратам потребуются взлетно-посадочные полосы (ВПП), имеющие твердое покрытие и достаточную длину. Строительство отдельных аэродромов для БВС может стать экономически нецелесообразным, поэтому необходимо рассмотреть вариант совместного использования ВПП пилотируемыми и беспилотными ВС.

Несмотря на то что полеты БВС над территорией России разрешены только в сегрегированном (закрытом) воздушном пространстве, ведутся эксперименты по практической реализации использования воздушного пространства пилотируемой и беспилотной авиацией [2], поэтому нетрудно спрогнозировать, что в ближайшие годы возникнет необходимость совместных полетов.

Как отмечается в документах Международной организации гражданской авиации – ИКАО, «ключевой фактор безопасной интеграции беспилотных авиационных систем в несегрегированное воздушное пространство будет заключаться в их способности вести себя и реагировать так же, как воздушные суда с пилотом на борту. Многие составляющие этой способности будут определять-

ся техническими решениями» [3], [4]. Недопущение опасных сближений и нарушения норм эшелонирования является одной из ключевых задач при совершении полетов в общем воздушном пространстве. Для решения этой проблемы необходимо определять размер зоны конфликтных ситуаций, т. е. области пространства, в пределах которой нахождение двух и более ВС недопустимо.

Размер зоны конфликтных ситуаций зависит от точности определения местоположения ВС, конфигурации воздушных трасс и норм эшелонирования. В статье будет проведен анализ состава и характеристик бортового навигационного комплекса пилотируемых и беспилотных ВС и оценка влияния этих характеристик на размер зоны конфликтов для пересекающихся и параллельных трасс [5]. Также будут проанализированы проблемы, возникающие при обеспечении зависимой посадки ВС на параллельные ВПП.

Методика оценки зон конфликтных ситуаций. Рассмотрим методику оценки размера зон конфликтных ситуаций. Для этого проанализируем состав бортового комплекса. Пилотируемое ВС может иметь на борту следующие системы:

1) автономную навигационную систему (АНС), как правило представляющую собой инерциальную навигационную систему (ИНС); на устаревших ВС может применяться доплеровский измеритель скорости и угла сноса (ДИСС);

2) приемник сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС): ГЛОНАСС и GPS;

3) аппаратуру азимутально-дальномерной навигационной системы (VOR/DME).

Комплекс средств навигации предусматривает наличие двух каналов: к первому относится автономная навигационная система, ко второму – совокупность позиционных радионавигационных систем (ГНСС, VOR, DME). За пределами зоны действия позиционных радионавигационных систем полет осуществляется по АНС, в пределах же зоны действия координаты корректируются – как правило, методом замещения [6].

Современные ИНС обладают достаточно высокой точностью: средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения координат составляет 2 морские мили за час полета. Указанные погрешности характерны для прямолинейного участка маршрута при спокойной атмосфере. В реальном полете из-за турбулентности, а также поворотов с большими углами крена погрешность может значительно нарастать и составить 2 морские мили за 15 мин полета [7], [8].

ИКАО рекомендует в качестве основного навигационного средства применять ГНСС. На сегодняшний день СКП системы ГЛОНАСС составляет 7...20 м при наличии оперативной информации об альманахе. При устаревании данных на 1 сут СКП увеличивается до 830 м, при устаревании на 10 сут – до 2 км [9]. GPS обеспечивает горизонтальную точность 9 м для вероятности 95 % при оптимальном расположении спутников и 17 м при наихудшем расположении спутников [10].

Система VOR/DME включает всенаправленный ОБЧ-радиомаяк (VOR) и дальномерное оборудование (DME). Максимальная дальность действия системы для высоты полета 10 000 м и при отсутствии закрытий достигает 200 морских миль. Согласно документам ИКАО, система VOR/DME обладает недостаточно высокой точностью определения координат ВС для обеспечения современных навигационных спецификаций. Это связано с относительно большими погрешностями азимутального канала, которые могут достигать 2° при нормальных условиях эксплуатации и 5° при наличии переотражений, помех и т. д. [11], [12].

Погрешность измерения расстояния аппаратурой DME составляет 150 м при навигации по маршруту и 75 м для обеспечения навигации в районе аэродрома и захода на посадку [12]. Сигналы системы DME/DME считаются достаточными для соблюдения требований навигационных спецификаций RNAV 5 и RNAV 1, т. е. для обеспечения полетов по маршруту, и для обеспечения полетов в районе аэродрома [11]. Количество маяков DME, расположенных на территории России, пока еще не велико, что ограничивает возможности навигации по системе DME/DME.

Несмотря на то что для БВС все еще не разработано единых стандартов, регламентирующих состав и характеристики бортового навигационного комплекса, оценим, какие средства могут быть размещены на борту. Это может быть:

– аппаратура ГНСС;

– ИНС;

– специализированные угломерно-дальномерные и дальномерно-дальномерные системы (аналоги VOR/DME и DME/DME);

– аппаратура, реализующая обзорно-сравнительный метод определения координат.

Основным навигационным средством БВС является приемник ГНСС, что обусловлено малыми габаритами как самой аппаратуры, так и бор-

товых антенн. Применение спутниковой навигации одобрено на международном уровне, в том числе как элемент технологии автоматического зависимо-го наблюдения вещательного режима [13].

Инерциальные системы для малых БВС вследствие жестких ограничений по массе и габаритам строятся на основе микро-электро-механических систем и обладают недостаточной точностью. Они применяются на этапе взлета и набора высоты [14]. Для средних и тяжелых БВС могут применяться более точные оптические ИНС.

Для навигации в районе станции внешнего пилота могут применяться специализированные угломерно-дальномерные и дальномерно-дальномерные системы. Их дальность действия ограничена мощностью передатчиков и прямой радиовидимостью, т. е. напрямую зависит от высоты полета БВС и наличия закрытий.

Применение обзорно-сравнительного метода определения координат позволяет автономно и с высокой точностью определять местоположение БВС, однако применение этого метода требует наличия на борту соответствующих датчиков и баз данных. В настоящее время решена задача автономного позиционирования БВС на основе использования систем технического зрения [15]. Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет определять местоположение ВС для высот полета до 3000 м при хорошей видимости. Фотографии поверхности Земли могут обрабатываться на борту БВС либо передаваться на станцию внешнего пилота для определения координат аппарата [16].

Рассмотрим методику оценки зон конфликтных ситуаций при совместных полетах пилотируемой и беспилотной авиации для различных по конфигурации бортовых навигационных комплексов.

Для расчета зон конфликтных ситуаций применим вероятностный метод, суть которого состоит в расчете вероятности нарушения норм эшелонирования и сравнения ее с предельно допустимым значением. Особенность метода состоит в том, что он учитывает погрешности определения координат воздушного судна и точность пилотирования. При определении размеров зон конфликтных ситуаций используется обобщенное распределение Лапласа. Это распределение имеет более тяжелые хвосты, нежели нормальное, что позволяет повысить достоверность результатов [17]. Методика расчета зон конфликтных ситуаций подробно описана в [5], [17].

На рис. 1 показан пример рассчитанной зоны конфликтных ситуаций для случая параллельных трасс: по оси абсцисс отложена протяженность первого маршрута (R1), по оси ординат – второго (R2). На рис. 1 показаны границы зоны конфликтных ситуаций на второй трассе при условии нахождения ВС в некоторой точке первого маршрута. Так, если ВС находится на 50-м километре первого маршрута, то воздушные суда, находящиеся на интервале от 47 до 80 км второго маршрута, будут с ним конфликтовать [5].

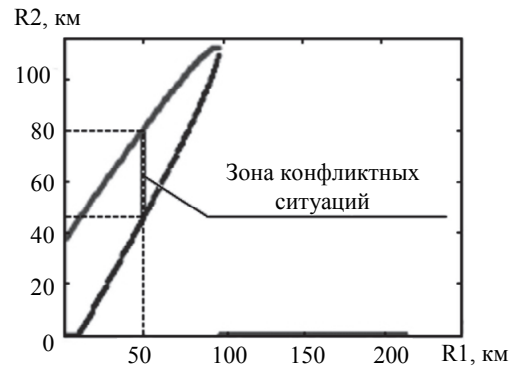


Рис. 1

При постановке задачи оценки зон конфликтных ситуаций, будем рассматривать два варианта: параллельные участки воздушных трасс и пересекающиеся участки воздушных трасс. На рис. 2 схематично показаны варианты параллельных (R1–R1' и R2–R2' на рис. 2, а) и пересекающихся (R3–R3' и R4–R4' на рис. 2, б) трасс, а также позиция размещения системы VOR/DME.

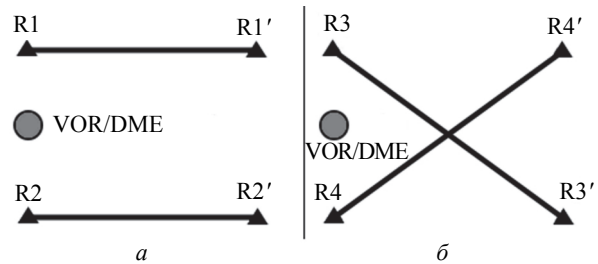


Рис. 2

При наличии на борту пилотируемого и беспилотного ВС приемников ГНСС конфликтов для случая параллельных трасс не будет. Зона конфликтных ситуаций для пересекающихся трасс показана на рис. 3. При этом погрешность ГНСС принималась равной 100 м, а погрешность пилотирования – 463 м (0.25 морской мили) [2].

Если анализируемые ВС не оборудованы системами спутниковой навигации, то местоположение определяется с помощью ИНС либо системы

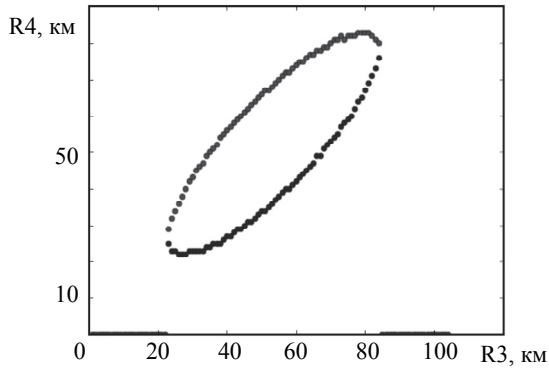
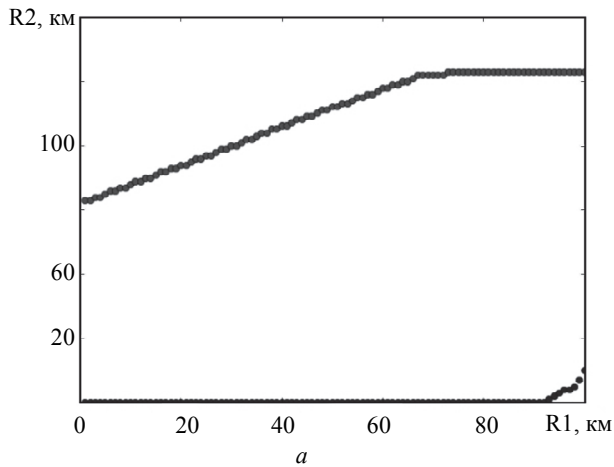
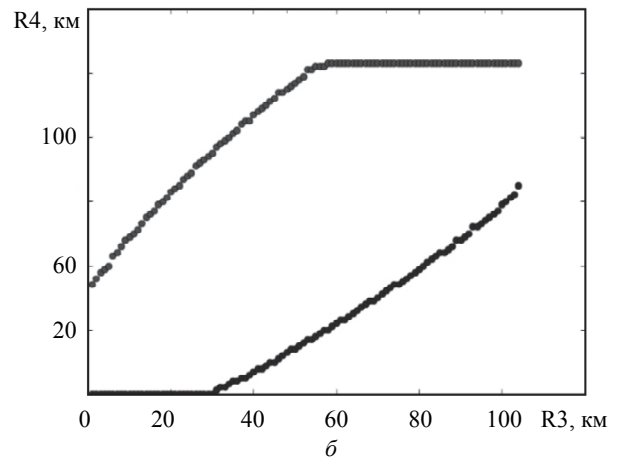


Рис. 3

VOR/DME. На рис. 4, *а* показана зона конфликтных ситуаций для параллельных, а на рис. 4, *б* – для пересекающихся воздушных трасс. Видно, что зоны имеют довольно большой размер. Так, если БВС находится на 60-м километре первого маршрута ($R1-R1'$), то пилотируемые ВС на втором маршруте ($R2-R2'$), находящиеся на интервале от 0 до 84 км, будут с ним конфликтовать. Если БВС находится на 60-м километре третьей трассы ($R3-R3'$), то конфликтующие ВС будут располагаться на интервале от 18 до 100 км четвертой трассы ($R4-R4'$).

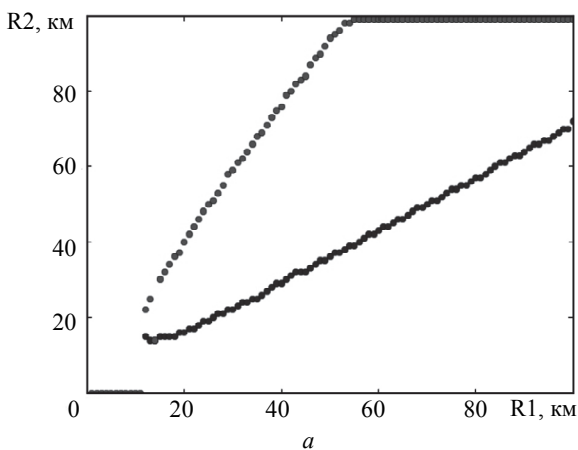


а

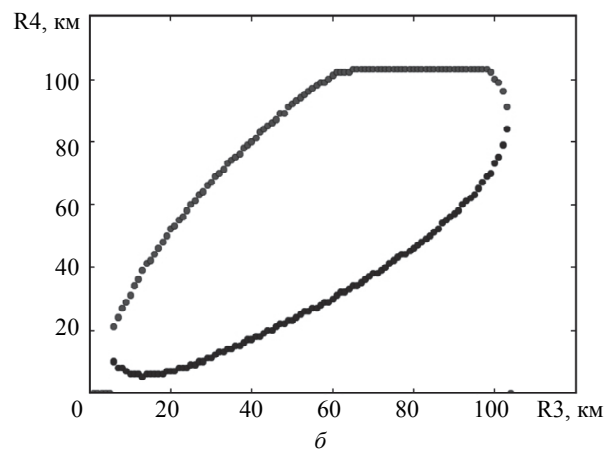


б

Рис. 4



а



б

Рис. 5

Результаты расчета зон конфликтных ситуаций при использовании системы ближней навигации VOR/DME показаны на рис. 5. Использование VOR/DME в качестве корректора ИНС позволяет уменьшить размеры зон конфликтных ситуаций. Из рис. 5, *а* видно, что если БВС находится на 60-м километре первого маршрута ($R1-R1'$), то пилотируемые ВС на втором маршруте ($R2-R2'$), находящиеся на интервале от 44 до 98 км, будут с ним конфликтовать. Если БВС находится на 60-м километре третьей трассы ($R3-R3'$), то конфликтующие ВС будут располагаться на интервале от 26 до 84 км четвертой трассы ($R4-R4'$) (рис. 5, *б*). Таким образом, размеры зоны конфликтных ситуаций для параллельных трасс уменьшатся на 36 %, а для пересекающихся трасс – на 30 %. Применение на борту БВС высокоточной ИНС также приведет к значительному уменьшению размеров зон конфликтных ситуаций.

Совместный заход на посадку пилотируемых и беспилотных ВС. Применение параллельных ВПП предполагает зависимую и независимую посадку ВС. Независимая посадка ВС на

параллельные ВПП возможна при их разнесении на расстояние не менее 4300 футов (1290 м). При меньшем разнесении необходимо выполнить так называемый зависимый совместный заход на посадку с соблюдением эшелонирования в продольной плоскости [18].

В настоящее время достаточно полно проанализирован вариант парного захода на посадку. Также существует пример обеспечения захода на посадку трех ВС [19]. Указанные работы описывают посадку пилотируемых ВС. В то же время актуальность приобретает совместный заход на посадку пилотируемых и беспилотных ВС, так как в этом случае не потребуется строительства новых аэродромов.

При одновременном заходе на посадку пилотируемых ВС определяется пара ВС (примерно за 30 мин до входа в район аэродрома) и вывод к назначенному моменту времени каждого ВС в точку сопряжения (coupling point), находящуюся на удалении 12 морских миль от торца ВПП (рис. 6). После прохождения точки сопряжения ведущее ВС сохраняет прямолинейный полет, а ведомое ВС сближается с ним с отклонением от продолжения осевой линии ВПП на 6°. На удалении примерно 2 морских мили от порога ВПП ведомое ВС выравнивает полет по линии посадочного курса и оба ВС завершают посадку.

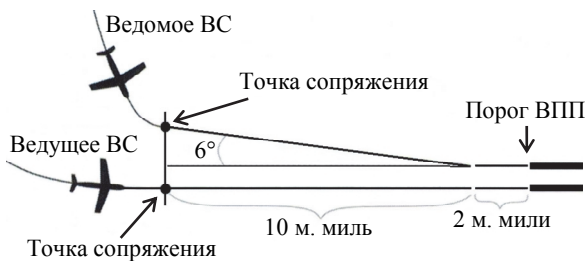


Рис. 6

При совместном заходе на посадку ведущее и ведомое воздушные суда должны занимать в пространстве определенные положения. Безопасная зона, в которой должно находиться ведомое ВС, заключена между опасной зоной в непосредственной близости от ведущего ВС (зона возможных столкновений) и опасной зоной на удалении от ведущего ВС (зона повышенной турбулентности в спутном следе). Интервал безопасной зоны составляет, как правило, 5...25 с от ведущего ВС (рис. 7). Посадочная скорость турбореактивного ВС составляет 250 км/ч (70 м/с). Тогда ведомый ВС должен находиться от ведущего ВС на удалении от 350 до 1750 м, т. е. на интервале порядка 1400 м.

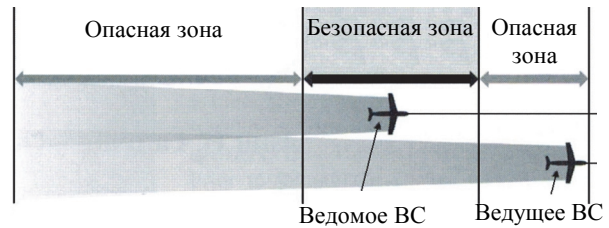


Рис. 7

Безопасные временные интервалы между ВС, заходящими на посадку зависят от их взлетной массы. В таблице представлены данные интервалы в секундах, при этом ВС разделены на четыре категории: малые, легкие, тип Boeing-757, тяжелые.

Тип ведущего ВС	Тип ведомого ВС			
	Малое	Легкое	Boeing-757	Тяжелое
Малое	98	83	83	72
Легкое	147	83	83	72
Boeing-757	180	125	125	106
Тяжелое	213	152	152	106

При определении алгоритма одновременного захода на посадку двух ВС решается задача выбора пары ВС и определения моментов времени прохода точек сопряжения и требуемых скоростей с учетом типа ведущего и ведомого ВС. Рассмотрим задачу одновременного захода на посадку пилотируемого и беспилотного ВС.

Посадочную скорость для тяжелых БВС («Инспектор-601», «Дозор-700», «Иркут-850» и др. [1]) примем в диапазоне 100...160 км/ч (30...45 м/с), что соответствует посадочным скоростям таких самолетов, как Ан-2 и Ан-24. Видно, что посадочная скорость БВС меньше посадочной скорости турбореактивных пилотируемых ВС. Эту разницу нельзя компенсировать: уменьшение скорости пилотируемого самолета приведет к сваливанию, увеличение скорости БВС приведет к жесткой посадке либо мощность двигателя не даст развить нужную скорость. Тогда разность в посадочных скоростях пилотируемого турбореактивного ВС и винтового БВС составит 25...40 м/с. Безопасная зона имеет протяженность 1400 м. Если БВС входит в точку сопряжения, находясь на безопасном удалении от пилотируемого ВС – 350 м, то из-за разности скоростей через 35...56 с БВС покинет безопасную зону и окажется в зоне турбулентности. Точка сопряжения должна находиться от торца ВПП на расстоянии, которое проходит пилотируемое ВС за найденный промежуток времени: 2450...3920 м, т. е. между ближним и дальним приводными радиомаяками.

Приведенные расчеты выполнены для идеальных случаев выдерживания траектории захода на посадку и соблюдения расписания. Введем неизбежно возникающие в повседневной практике задержки: пусть БВС входит в точку сопряжения с опозданием, находясь на удалении от пилотируемого ВС более, чем на 350 м, а также учтем иные погрешности, сокращая время пребывания БВС в безопасной зоне на 5 с. Рассмотрим два случая:

1) БВС входит в точку сопряжения, находясь на удалении 400 м от пилотируемого ВС; время полета в безопасной зоне составляет 29...49 с;

2) БВС входит в точку сопряжения, находясь на удалении 450 м от пилотируемого ВС; время полета в безопасной зоне составляет 27...42 с.

В первом случае точка сопряжения должна располагаться от торца ВПП на удалении 2030...3430 м, а во втором – 1890...2940 м.

Полученные результаты показывают, что при совместном заходе на посадку пилотируемого и беспилотного ВС, точка сопряжения должна располагаться ближе 2 морских миль от торца ВПП, что недопустимо, так как на этом интервале необходимо выполнять выравнивание (см. рис. 7). Отсюда следует вывод: существующие БВС вследствие малых посадочных скоростей не способны совершать одновременный заход на посадку с турбореактивными пилотируемыми ВС.

Для обеспечения безопасного захода на посадку БВС должно входить в точку сопряжения на расстоянии более 2 морских миль от торца ВПП. Это возможно при разнице в посадочных скоростях 20 м/с и менее. Таким образом, одновременный заход на посадку возможен, если БВС имеет посадочную скорость 50 м/с (180 км/ч) и более. Оптимальным вариантом будет равенство посадочных скоростей пилотируемых и беспилотных ВС. Что касается существующих БВС и проектируемых низкоскоростных аппаратов, то для увеличения пропускной способности существующих аэродромов, можно рекомендовать одновременную посадку на параллельные ВПП двух БВС. В этом случае необходимо будет пересмотреть требования по продольному эшелонированию, так как спутный след БВС гораздо меньше спутного следа турбореактивного самолета. Возможно выделение временных окон между посадками пилотируемых ВС для обеспечения захода нескольких БВС. Такой разнородный поток воздушных судов потребует создания принципиально новых алгоритмов определения очередности посадки ВС на параллельные ВПП.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Из-за больших погрешностей применяемых на беспилотных воздушных судах ИНС бортовой навигационный комплекс БВС не имеет эквивалентной замены для систем спутниковой навигации. Отказ приемника сигналов ГНСС приведет к резкому увеличению зон конфликтных ситуаций. Из рис. 5 видно, что системы VOR/DME (или высокоточные ИНС), применяемые в качестве резервного канала навигационной информации, позволяют уменьшить размеры зон конфликтных ситуаций по сравнению со случаем применения автономных навигационных систем, таким образом обеспечивая высокую интенсивность полетов.

2. Существующие ИНС пилотируемых воздушных судов, а также их бортовая аппаратура VOR/DME имеют габариты и массу, не позволяющие применять эти средства на малых БВС. Из этого можно сделать вывод о том, что совместные полеты с пилотируемой авиацией способны будут выполнять только беспилотные аппараты, могущие взять на борт требуемые средства, обеспечивающие резервный канал навигационной информации, либо потребуются создать альтернативные средства и методы навигации малых БВС, позволяющие обеспечить высокую точность позиционирования в случае отказа приемника ГНСС.

3. По причине того что строительство отдельных ВПП или реконструкция региональных аэродромов специально для нужд беспилотной авиации экономически нецелесообразны, можно спрогнозировать в ближайшем будущем совместное использование существующих аэродромов пилотируемой и беспилотной авиацией. Обеспечение требуемой пропускной способности будет невозможно без применения одновременного захода ВС на посадку.

4. Из-за разницы в посадочных скоростях пилотируемых и беспилотных ВС точка сопряжения будет находиться слишком близко к торцу ВПП, что не позволит обеспечить требуемое для выравнивания время и приведет к снижению безопасности полетов. Для того чтобы точка сопряжения располагалась на удалении как минимум 2 морские мили от торца ВПП, необходимо, чтобы разница между скоростями пилотируемого и беспилотного ВС составляла не более 20 м/с. Таким образом, безопасный заход на посадку при совместном использовании параллельных ВПП пилотируемыми и беспилотными воздушными судами возможен при обеспечении посадочной скорости БВС не менее 50 м/с (180 км/ч).

5. Низкоскоростные БВС должны заходить на посадку в отсутствие на посадочной прямой тяжелых ВС, т. е. для такого рода аппаратов должны быть выделены временные слоты в использова-

нии ВПП. Сами БВС могут садиться в составе группы с уменьшенными интервалами продольного эшелонирования, что позволит обеспечить требуемую пропускную способность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотные авиационные системы / С. А. Кудряков, В. Р. Ткачев, Г. В. Трубников, В. И. Кисличенко. СПб.: Свое издательство, 2015. 121 с.

2. Фальков Э. Я. Экспериментальные полеты БЛА в общем воздушном пространстве // Беспилотная авиация. URL: <http://www.uav.ru/articles/adsb.pdf>.

3. Беспилотные авиационные системы (БАС). URL: http://www.aviadocs.net/icaodocs/Cir/328_ru.pdf.

4. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). URL: http://www.aviadocs.net/icaodocs/Docs/10019_cons_ru.pdf.

5. Рубцов Е. А. Методика расчета зон конфликтных ситуаций с учетом погрешности определения местоположения ВС // Человек и транспорт (Эффективность. Безопасность. Эргономика). Секция «Авиационный и скоростной наземный транспорт»: мат. секции III междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург. 2014. С. 50–53.

6. Соболев Е. В. Организация радиотехнического обеспечения полетов. Ч. 1. Основные эксплуатационные требования к авиационным комплексам навигации, посадки, связи и наблюдения: учеб. пособие / СПбГУ ГА. СПб., 2007. 120 с.

7. Коваленко В. В., Лысов А. Н. Малогабаритная инерциальная система: учеб. Пособие / ЮУрГУ. Челябинск, 2015. 55 с.

8. Global navigation satellite system (GNSS) manual. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9849_r_vo_po_ispolzovaniyu_globalnoy_sputnikovoy_navigatsionnoy_sisteme_\(GNSS\)_ru%5B1%5D.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9849_r_vo_po_ispolzovaniyu_globalnoy_sputnikovoy_navigatsionnoy_sisteme_(GNSS)_ru%5B1%5D.pdf).

9. ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазоне L1, L2. Ред. 5.1. М., 2008, 72 с. URL: http://russian.spacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/ICD_GLO_NASS_rus_v5.1.pdf.

10. Global positioning system, standard positioning service performance analysis report, report #96, January 31. URL: http://www.nstb.tc.faa.gov/reports/PAN96_0117.pdf.

11. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN) // ICAO Doc. 9613 AN/937. 4-е изд. 2013. 444 с. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9613_r_vo_po_navigatsii_osnovannoy_na_harakteristikah_\(PBN\)_ru%5B1%5D.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9613_r_vo_po_navigatsii_osnovannoy_na_harakteristikah_(PBN)_ru%5B1%5D.pdf).

12. Manual on testing of radio navigation aids. Vol. 1: testing of ground-based radio navigation systems // ICAO Doc. 8071. 2000. 188 p. URL: <http://www.caa.lv/file/935/280>.

13. Алдюхов А. А. Беспилотники и совместное использование воздушного пространства: домыслы и реальность // Авиатранспортное обозрение: деловой авиационный портал. URL: <http://www.ato.ru/content/bespilotniki-i-sovmestnoe-ispolzovanie-vozdushnogo-prostranstva-domysly-i-realnost>.

14. Управление беспилотным воздушным судном «Орлан-10» на протяженных маршрутах / В. В. Макаров, В. А. Шишков, С. А. Кудряков, С. А. Беляев, В. В. Романцев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. № 9. С. 16–21.

15. Ардентов А. А., Бесчастный И. Ю., Маштаков А. П. Алгоритмы вычисления положения и ориентации БПЛА // Программные системы: теория и приложения: электрон. науч. журн. 2012. Т. 3, № 3(12). С. 23–39.

16. Слюсар В. Передача данных с борта БПЛА: стандарты НАТО // Электроника: наука, технология, бизнес. 2010. № 3. С. 80–86.

17. Рубцов Е. А. Распределение ошибок определения координат воздушных // Вестн. СГАУ. 2014. № 1 (43). С. 267–275.

18. Vincent Massimini S. Simultaneous independent and dependent parallel instrument approaches. assumptions, analysis, and rationale. Virginia: MITRE. McLean, 2006. 27 p.

19. Lisker B. Airport Capacity – Into the Future // The MITRE Corporation, 2014. 18 p. URL: <https://www.icao.int/Meetings/GACS/Documents/Speaker%20Presentation%20Day%203/Session%202/Bernard%20Lisker%20-%20MITRE%20-%20Airport%20Initiatives.2%20October%202014.pdf>.

E. A. Rubtsov, S. A. Kudryakov
Saint-Petersburg state University of civil aviation

V. V. Romancev, S. A. Belyaev
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

ANALYSIS OF THE USE OF NON-SEGREGATED AIRSPACE AND APPROACH WITH PARALLEL RUNWAYS USING MANNED AND UNMANNED AIRCRAFT

Considers the features of ensuring the flight of manned and unmanned aircraft in non-segregated airspace, as well as providing a pairing aircraft on parallel runways. The results of the assessment of areas of conflict situations for various navigation equipment of aircraft are given for parallel routes and for crossing routes. It is shown that the failure of global navigation satellite system equipment on an unmanned aircraft will lead to violation of the separation standards due to the low accuracy of the existing INS. The problem can be solved by the introduction of VOR/DME navigation systems and their analogs, or more accurate inertial navigation systems. The analysis of a pairing aircraft for manned and unmanned aircrafts on parallel runways is made. It is shown that existing heavy unmanned aircrafts can not make dependent approach due to low landing speed. It is proposed to allocate the intervals for the landing of the unmanned aircrafts group between the landings of manned aircrafts.

Flight safety, unmanned aircrafts, area of conflict situations, parallel runways, pairing aircraft