

трольных испытаний на надежность. М.: Изд-во стандартов, 1987.

3. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: Изд-во стандартов, 1995.

4. Shooman M. L. Reliability of Computer Systems and Networks: Analysis and Design. Wiley J. & Sons, 2004.

5. Кирьянчиков В. А. Расчет показателей надежности системы анализа результатов пусков ракет космического назначения // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 8. С. 41-46.

V. A. Kirianchikov
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

L. K. Moskvina
«Research and Engineering Center of Saint Petersburg Electrotechnical University» JSC

THE TECHNIQUE AND SOFTWARE DEVELOPMENT OF COMPUTER SYSTEMS RELIABILITY EVALUATION USING RELIABILITY STRUCTURAL SCHEME

The article describes the computer systems reliability evaluation using reliability structural scheme. The special technique of reliability metrics calculation using reliability structural scheme on the stage of computer system development is considered. This technique is based on the hierarchical organization of the reliability structural scheme and use of combinatorics of connection of components of systems for the calculation of reliability metrics. The development of software tools for the calculation of reliability metrics based on the proposed methodology is described. The article also provides a description of data structure organization, class diagram and the language of reliability structural schemes of the developed software tool. The results of software testing are considered on the example of a hierarchical reliability structural scheme with different types of connection of the components of computer system.

Reliability, reliability structural scheme, reliability metric, probability of failure, failure-rate, mean time to failure

УДК 629.7

В. В. Макаров, В. А. Шишков
ООО «СТЦ»

С. А. Кудряков
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

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

Ю. Б. Остапченко
АО «НИЦ ЭТУ»

Актуальные проблемы управления несколькими беспилотными воздушными судами одним внешним пилотом

Рассматриваются актуальные вопросы управления несколькими беспилотными воздушными судами с точки зрения оптимизации выполнения авиационных работ за счет уменьшения наземных экипажей и численности авиационного персонала, участвующего в проведении и обеспечении полетов. Приведен обзор изменений в Воздушном кодексе РФ в связи с введением понятия «беспилотная авиационная система» в нормативные документы. Описаны задачи обеспечения безопасности эксплуатации беспилотных авиационных систем. Приведены различные варианты решения задачи управления группой дистанционно пилотируемых воздушных судов при обследовании больших по площади участков местности. Рассмотрен процесс и особенности пилотирования беспилотными воздушными судами с пункта дистанционного пилотирования с использованием линии управления и контроля, описаны соответствующие потоки информации. Представлен алгоритм оптимизации процесса мониторинга беспилотными воздушными судами протяженных объектов, приведен опыт его апробации при выполнении полетов.

Беспилотные авиационные системы, потоки информации, эксплуатация авиационной техники

Интенсивное развитие народного хозяйства для удовлетворения потребностей населения привело к созданию мощной инфраструктуры кон-

троля и управления производственными комплексами, которая постоянно расширяется и совершенствуется, при этом объем поступающей информа-

ции возрастает [1]–[3]. Ключевым вопросом является создание устойчивой и непрерывной системы сбора, передачи и обработки информации от источников внешнего наблюдения. Одним из способов получения данной информации является использование беспилотных воздушных судов, области применения которых достаточно подробно изложены в литературе [4]–[6].

Насущные потребности развивающегося нового направления беспилотной авиации и отсутствие соответствующей полной нормативной базы в Российской Федерации привели к тому, что за 2015–2016 гг. пришлось дважды вносить изменения в Воздушный кодекс РФ [7].

Первые изменения были внесены федеральным законом № 462-ФЗ от 30 декабря 2015 г. [8]. В результате этих изменений в Воздушном кодексе появилось понятие беспилотной воздушной системы в следующей формулировке: «беспилотная авиационная система – комплекс, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, технические средства и оборудование, используемые для управления полетом такого воздушного судна или таких воздушных судов». Соответственно введенному понятию беспилотной авиационной системы (БАС) появились и нормативно были закреплены такие понятия, как внешний пилот, внешний экипаж и др.

При этом вводились чрезвычайно жесткие ограничения по государственной регистрации беспилотных воздушных судов, которая предусматривалась для аппаратов тяжелее 0.25 кг.

Введенные требования были расценены беспилотным сообществом РФ как чрезмерные, и в 2016 г. в федеральном законе № 291-ФЗ от 03 июля 2016 г. данное требование было смягчено: норма массы аппаратов была повышена до 30 кг [9].

Развитие темы интеграции дистанционно пилотируемых авиационных систем (ДПАС) в систему организации воздушного движения (ОрВД) и процедуры ОрВД отражено в документе ИКАО «Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам».

Широкое развитие беспилотных авиационных систем и их использование в самых различных отраслях экономики приводит к необходимости перехода от организации полетов БАС в специально выделенном ограниченном сегменте воздушного пространства к организации соответствующих полетов в едином несегрегированном воздушном пространстве. При этом очевидно, что основные положения правил выполнения полетов

и маневрирования воздушных судов, как это понимается в ст. 12 Чикагской конвенции, должны распространяться и на БАС.

В соответствии с п. 52 новой редакции Федеральных правил использования воздушного пространства (Постановление Правительства РФ № 138 от 11 марта 2010 г.) «*использование воздушного пространства беспилотным летательным аппаратом в воздушном пространстве... осуществляется на основании плана полета воздушного судна и разрешения на использование воздушного пространства. Использование воздушного пространства беспилотным летательным аппаратом осуществляется посредством установления временного и местного режимов, а также кратковременных ограничений в интересах пользователей воздушного пространства, организующих полеты беспилотным летательным аппаратом*». Соответственно, с одной стороны, новые Федеральные правила использования воздушного пространства легализуют применение беспилотных летательных аппаратов и впервые устанавливают правила такого применения; однако, с другой стороны, в целях обеспечения безопасности выполнения полетов (прежде всего пилотируемых воздушных судов) вводятся ограничения, которые существенно сужают возможности использования беспилотных летательных аппаратов в гражданской сфере для целого ряда задач.

Одна из главных задач обеспечения безопасности эксплуатации БАС состоит в необходимости избегать конфликтных ситуаций и столкновений с другими воздушными или наземными объектами. В пилотируемой авиации командир воздушного судна, находящийся на борту воздушного судна, несет ответственность за обнаружение и предупреждение возможных конфликтных и других опасных ситуаций.

В отношении правил эксплуатации БАС аналогичное требование должно действовать в отношении внешнего пилота. При этом технические средства, обеспечивающие внешнему пилоту достаточное количество информации об окружающей обстановке, должны быть встроены в воздушное судно, а связанные с ними компоненты размещены на станции внешнего пилота.

Фундаментальный принцип правил полетов ИКАО заключается в том, что пилот может видеть другие воздушные суда и поэтому предупреждать столкновения, поддерживать достаточные интервалы относительно других воздушных судов, чтобы не создавать опасность столкнове-

ния, и соблюдать правила преимущественного права движения, с тем чтобы не препятствовать движению других воздушных судов.

По мере расширения регулярной эксплуатации дистанционно пилотируемого воздушного судна (ДПВС) может потребоваться пересмотреть существующие категории турбулентности в спутном следе воздушных судов и любые соответствующие стандарты или процедуры эшелонирования.

Переход на БАС снизил эксплуатационные расходы компаний и ведомств и позволил сократить количество персонала, задействованного в полном цикле работы комплекса, что позволило оптимизировать расходы на проведение необходимых регулярных проверок и планирование работ по своевременному обслуживанию оборудования на основании достоверных данных.

Использование беспилотных летательных аппаратов на этапе сбора данных позволяет проводить обследование в кратчайшие сроки, в том числе на труднодоступных территориях. Обработка и анализ собранных беспилотным воздушным судном данных производится с использованием специализированного программного комплекса. Исходная информация обрабатывается в автоматическом режиме, в результате чего данные о состоянии объекта предоставляются на качественно новом уровне. Благодаря проверенным высокоточным автоматическим методам анализа обнаружение критичных характеристик объекта исключают ошибку оператора вследствие естественного снижения внимания. Это обеспечивает безаварийное функционирование объекта на высоком уровне. За счет оперативного получения актуальных отчетов о текущем и прогнозируемом состоянии объекта руководство предприятия получает эффективный инструмент планирования необходимых работ, распределения бюджета на своевременное техническое обслуживание и ремонт оборудования, возможность контроля качества выполнения работ подрядными организациями.

Дальнейшая оптимизация процесса сбора и обработки информации с использованием БАС возможна при уменьшении количества членов экипажа и специалистов по обработке данных. Это достигается формированием порядка и последовательности обобщенных и трудовых функций по специальностям, необходимым для устойчивой работы комплекса.

При разработке профессионального стандарта «Оператор беспилотного воздушного судна» были выделены 3 ключевые специальности, доста-

точные для безопасной и продуктивной эксплуатации беспилотного судна:

- 1) внешний пилот;
- 2) оператор полезной нагрузки;
- 3) техник беспилотной авиационной системы.

Данный перечень может варьироваться в зависимости от взлетной массы, типа (типов) полезной нагрузки, времени непрерывного нахождения в воздухе.

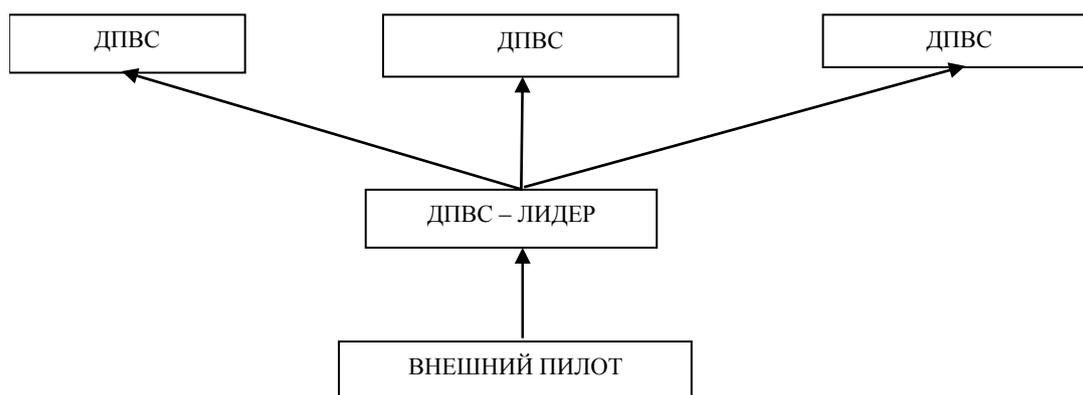
Для эксплуатации воздушных судов микро- и мини-классов допускается объединение выполнения функций одним человеком. Подготовка к полету воздушных судов малого класса проводится комплексно, с задействованием всех членов экипажа одновременно.

В Российской нормативной базе существовала некоторая правовая коллизия с отнесением специалистов по эксплуатации БАС к категории авиационного персонала. Данное противоречие было частично устранено приказом Минтранса РФ № 312 от 03 ноября 2016 г., который внес изменения в «Перечень специалистов авиационного персонала гражданской авиации Российской Федерации», утвержденный приказом Минтранса России от 04 августа 2015 г., № 240, добавил в него «внешнего пилота» [7], [8].

Приходится отметить, что данный документ снимает существующее противоречие только частично, так как другие члены внешнего экипажа формально остались за рамками понятия авиационного персонала.

Практика использования БАС с воздушным судном типа «Орлан-10» подтвердила необходимость разделения функций внешнего пилота (пилотирование воздушного судна) и оператора полезной нагрузки. Как правило, оба члена экипажа находятся в непосредственной близости, их аппаратура делается «спаренной», что позволяет корректировать работу внешнего пилота в интересах оператора полезной нагрузки. При этом оператор может одновременно работать не более чем с тремя вариантами систем мониторинга (например: видео-, фотосъемка и выполнение замеров уровня радиации, видео-, фотосъемка, совмещенная с химическим анализом воздушной массы и т. д.). Одновременная работа с различными видами полезной нагрузки обусловлена необходимостью привязки дополнительных и специальных замеров к карте или ортофотоплану.

Задачи обследования больших по площади участков местности возлагаются на группы ДПВС. Задача управления группой ДПВС существенно



сложнее, чем управление одиночным воздушным судном (ВС), так как необходимо не только управлять воздушным судном, но и учитывать взаимное расположение воздушных судов группы.

Теоретически данная задача может быть решена разными способами [9], [10], например при использовании сетевого обмена между участниками группы по принципу «каждый с каждым» и при организации полета во главе с воздушным судном-лидером, как показано на рисунке, где представлена реализация управления группой ДПВС.

При первом способе реализации управления необходимо решать задачу полета по требуемой траектории и предотвращения столкновений в группе воздушных судов. Реализация второго подхода позволяет формировать требуемую траекторию ВС-лидера, а на остальных ВС реализуется только задача следования за ВС-лидером с предотвращением столкновений.

Уникальность и новизна задачи управления группой ДПВС обусловлена тем, что для ее решения необходимо создание принципиально нового класса интеллектуальных управляющих комплексов, объединяющих бортовую и внебортовую составляющие.

Бортовая подсистема управляющего комплекса размещается на борту каждого ДПВС и обеспечивает оценку сложившейся в полете ситуации и выработку управляющих команд на всех этапах полета.

Внебортовая подсистема обеспечивает планирование группового применения ДПВС и подготовку для каждого из ВС группы полетного задания.

ДПВС пилотируются с пункта дистанционно-го пилотирования (ПДП) с использованием линии управления и контроля (С2) [2].

При осуществлении полета в несегрегированном пространстве каждое ДПВС должно удовлетворять действующим правилам выполнения

полета, а внешний пилот помимо пилотирования должен осуществлять связь с соответствующим органом управления воздушного движения.

Во время полета управление ДПВС может осуществляться с одного из многих ПДП, однако в каждый момент времени ДПВС должно пилотироваться только с одного ПДП.

ПДП может представлять собой как портативное устройство, так и многопультную станцию. Он может располагаться в помещении или вне помещения и являться стационарным или мобильным (установленным на любом транспортном средстве).

Линия С2 обеспечивает соединение ПДП с ДПАС в целях управления полетом. Эта линия может быть симплексной или дуплексной и может использоваться в условиях прямой радиовидимости (Radio Line of Sight (RLOS) [2]) или за пределами радиовидимости (Beyond Radio Line of Sight (BRLOS) [2]):

1. RLOS: один или несколько передатчиков и приемников находятся в пределах зоны действия совместной линии радиосвязи и, таким образом, могут взаимодействовать непосредственно или через наземную сеть при том условии, что дистанционный передатчик находится в пределах RLOS с ДПВС и передачи осуществляются в сопоставимом временном интервале.

2. BRLOS: любая конфигурация, в которой передатчики и приемники не находятся в пределах RLOS. Таким образом, понятие BRLOS охватывает все спутниковые системы и, возможно, любую систему, в рамках которой ПДП через наземную сеть взаимодействует с одной или несколькими наземными станциями, которые не могут осуществлять передачи во временном интервале, сопоставимом с интервалом системы RLOS.

В основном различие между RLOS и BRLOS заключается в возможности какого-либо элемента линии связи вносить ощутимую или переменную задержку при ведении связи по сравнению с задержкой, предусмотренной архитектурой этой линии связи.

В состав ДПАС могут входить следующие компоненты, влияющие на состав и характеристики информационных потоков, обеспечивающих или обслуживаемых НПДУ:

1. Средства связи в целях управления воздушным движением и оборудование наблюдения (например, средства речевой радиосвязи, связи «диспетчер – пилот» по линии передачи данных (Controller–pilot data link communications (CPDLC) [2], система радиовещательного автоматического зависимого наблюдения (Automatic dependent surveillance – broadcast (ADS–B) [2], приемопередатчик вторичного обзорного радиолокатора (ВОРЛ) режима S:

2. Навигационное оборудование.

3. Вычислитель управления полетом (flight control computer (FCC) [2], система управления полетом (Flight Management System (FMS) [2] и автопилот.

4. Оборудование контроля технического состояния систем.

5. Система прекращения полета, позволяющая в аварийной ситуации контролируемым образом реализовать преднамеренный процесс завершения полета.

Система прекращения полета предназначена для сведения к минимуму возможности нанесения телесных повреждений людям или ущерба имуществу или другим воздушным судам на земле или в воздухе. Таким образом, в ДПАС существует информационное взаимодействие не только между элементами ДПАС (ПДП – ДПВС и ПДП – ПДП), но и информационное взаимодействие элементов ДПАС с внешними источниками информационного обмена: НПДУ – диспетчер УВД, ДПВС – ВС (пилотируемые и беспилотные), ВС (пилотируемые и беспилотные) – НПДУ, ДПВС – диспетчер УВД.

Можно обобщить **потоки информации по линии связи «вниз»** (с борта ДПВС на ПДП):

1. Информация о статусе полета, включая информацию о работе двигателя, навигационного оборудования, линии C2, системы DAA и т. д. При дефиците сенсорной информации, такой, как информация о пространственном положении и движении, информация о пространственном по-

ложении играет важную роль. В зависимости от категории управления необходимо проводить оценку требований к времени транзакции связи и скорости обновления данных.

1.1. Статус системы: линии передачи данных, двигатели, количество топлива/электроэнергии, гидравлические системы и т. д. (по необходимости и если они используются), статус ретрансляционной сети связи.

2. Ситуационная осведомленность [2]:

2.1. Навигационный статус, включая местоположение и наличие достаточной информации для мониторинга статуса (Reduced Vertical Separation Minimum (RVSM) и (Required Navigation Performance (RNP) в соответствующих случаях.

2.2. Информация DAA, достаточная для распознавания и интерпретации:

а) аэродромной маркировки;

б) визуальных сигналов;

в) близости земли;

г) экстремальных метеорологических условий, включая турбулентность, обледенение и т. д.;

д) турбулентности в следе;

е) расстояния до облаков (для определения условий полета);

ж) видимости в полете (для определения условий в полете), формирования осведомленности о воздушном движении и, в условиях полета по ПВП, «визуального» эшелонирования, RWC и предупреждения столкновений (ПС).

3. Регистрация данных:

3.1. Конкретные требования к регистрации данных будут зависеть от классификации ДПВС.

3.2. Линия C2 должна обеспечивать передачу по линии связи «вниз» всех параметров, которые потребуется регистрировать на земле с соответствующей скоростью.

3.3. Некоторые данные потребуется регистрировать на борту воздушного судна.

3.4. В результате необходимо принять компромиссное решение относительно ширины полосы частот линии передачи данных/возможности регистрации информации на борту и доступности данных в случае потери линии C2/воздушных судов, возможность эвакуировать которые отсутствует.

Потоки специальной информации:

1. Потоки специальной информации в поддержку передачи управления между ПДП, включая:

1.1. Обмен соответствующей документацией (например, планы полета, руководство по летной эксплуатации, летное руководство ДПВС, бортовой журнал, журналы технического обслуживания).

1.2. Обмен информацией между двумя ПДП и ДПВС в целях организации передачи управления между ПДП.

2. Использование линии С2 для видов применения, непосредственно не связанных с управлением воздушным судном:

2.1. Необходимо согласовать критерии для определения приемлемости и потенциального объема дополнительных данных, приемлемых для линии С2.

3. Для обеспечения безопасности полетов скорость обновления информации, передаваемой по этой линии, должна, как минимум, быть достаточной:

3.1. Для управления полетом, включая формирование ситуационной осведомленности.

3.2. Предоставления информации в целях компенсации дефицита входной сенсорной информации пилота (шум, вибрация и т. д.), если она необходима.

3.3. Регистрации данных и обеспечения передачи управления.

Общие требования к прямой и обратной связи между органами УВД и внешними пилотами (НПДУ – диспетчер УВД) аналогичны требованиям, применяемым в отношении воздушных судов с пилотом на борту, выполняющих полеты в том же воздушном пространстве [2]. Помимо речевой связи в полосе очень высоких частот они могут также включать требование об оказании поддержки линии передачи данных УВД. Интенсивность речевого обмена между внешним пилотом и диспетчером УВД невысока и определяется требованиями ФАП 362-2012 [11]. Так же невысока интенсивность информационного обмена между внешним пилотом и диспетчером УВД формализованными сообщениями.

Опираясь на опыт использования беспилотных воздушных судов типа «Орлан-10» для мониторинга протяженных объектов (в частности, газо- и нефтепроводов), учитывая длительное время непрерывного нахождения в воздухе (до 14 ч без дозаправки), в опытным порядке была апробирована возможность выполнения функций внешних пилотов нескольких «Орланов», находящихся в воздухе, одним человеком (технические возможности комплекса допускают одновременное управление шестнадцатью беспилотными воздушными судами с одного наземного пункта дистанционного управления). При этом операторы полезной нагрузки обеспечивали работу каждый своего воздушного судна.

При организации устойчивой двусторонней радиосвязи отработан вариант «разнесения» мест нахождения внешнего пилота и операторов полезной нагрузки. Возможно размещение операторов в зале приема и обработки информации или расположение совместно с заказчиком мониторинга.

Оптимизация процесса мониторинга протяженных объектов достигается при реализации следующего алгоритма:

1. Использование беспилотных воздушных судов, позволяющих выполнять облет нескольких объектов без выполнения посадки и дозаправки.

2. Включение в состав беспилотной авиационной системы нескольких беспилотных воздушных судов.

3. Выполнение задач управления несколькими беспилотными воздушными судами одним внешним пилотом с одного наземного пункта дистанционного управления.

4. Выполнение задач по управлению полезными нагрузками необходимым количеством операторов, находящихся отдельно от внешнего пилота, на объектах, определенных заказчиком мониторинга.

5. Обеспечение устойчивой и непрерывной двусторонней связи с внешним пилотом для координации управления беспилотными воздушными судами.

6. Унификация средств приема и отображения информации, получаемой с полезной нагрузки, со средствами заказчика.

Реализованный алгоритм управления с ВС-лидером показал приемлемое качество управления как по линейным, так и по угловым координатам, реализуя более высокую безопасность совместного полета. При этом была подтверждена возможность задания требуемой траектории только ВС-лидеру и контроля ее выполнения.

Данный алгоритм был успешно апробирован при выполнении полетов на учебном аэродроме ООО «Специальный технологический центр», а также при опытных полетах с выполнением мониторинга нефтяных трубопроводов в Ханты-Мансийском автономном округе. По итогам выполнения авиационных работ был проведен сравнительный анализ их результатов, подтвердивший рентабельность и перспективность оптимизации численности авиационного персонала, сокращения общего количества наземных экипажей беспилотных воздушных судов, участвующих в проведении авиационных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56122–2014. Воздушный транспорт. Беспилотные авиационные системы. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 2015.
2. Циркуляр 328 ИКАО. Беспилотные авиационные системы (БАС) CIR328 ISBN 978-92-9231-780-5 ©ИКАО, 2011.
3. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). ICAO, Doc. 10019, AN/507. 2015. 190 с.
4. Моисеев В. С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов / редакционно-издательский центр «Школа». Казань, 2015. 444 с.
5. Беспилотные авиационные системы: Общие сведения и основы эксплуатации / С. А. Кудряков, В. Р. Ткачев, Г. В. Трубников, В. И. Кисличенко / под ред. С. А. Кудрякова. СПб.: Свое издательство, 2015. 121 с.
6. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова, В. В. Адамовский, Р. А. Красноперево / под ред. В. С. Фетисова. Уфа: ФОТОН, 2014. 217 с.
7. Федеральный закон «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов». ФЗ № 291 от 03.07.2016.
8. Приказ Минтранса России № 240 от 04.08.2015 (ред. от 03.11.2016) «Об утверждении Перечня специалистов авиационного персонала гражданской авиации Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.09.2015. № 38810).
9. Меркулов В. И., Миляков Д. А., Самодов И. О. Оптимизация алгоритма группового управления беспилотными летательными аппаратами в составе локальной сети // Изв. ЮФУ. Техн. науки. 2014. №12 (161). С. 157–166.
10. Авиационные системы радиопередачи: в 2 т. Т. 2. Радиоэлектронные системы самонаведения / под ред. А. И. Канащенкова и В. И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2003. 389 с.
11. Федеральные авиационные правила «Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации». Приказ Министерства транспорта РФ от 26.09.2012. № 362.

V. V. Makarov, V. A. Shishkov
«Special Technology Center» LLC

S. A. Kudryakov
Saint Petersburg State University of Civil Aviation

S. A. Belyaev
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

Yu. B. Ostapchenko
«Research and Engineering Center of Saint Petersburg Electrotechnical University» JSC

CURRENT ISSUES OF OPERATING SEVERAL UNMANNED AIRCRAFTS BY A SINGLE EXTERNAL PILOT

The article investigates current issues of operating several unmanned aircrafts in terms of optimization of aviation performance by reducing the number of ground-based crews and quantity of personnel required for flight execution and operation. The authors provide the review of changes to ANO of the Russian Federation in terms of implementation of the new concept of unmanned aircraft system into the reference documentation. They also provide several tasks of providing operational security to unmanned aircraft systems as well as various solutions on operating the group of distance piloted aircrafts during the survey of large ground areas. The authors research the process and peculiarities of piloting the unmanned aircrafts from the distance piloting base using lines of operation and control, and describe the corresponding data streams. They provide the process optimization procedure for monitoring the long-distance areas using the unmanned aircrafts, and the results of its practical test during actual flights.

Unmanned aircraft systems, data streams, aircraft equipment operation