

Для цитирования: Смирнова М. С. Характеристика технологического уровня разработки программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов на отечественных предприятиях авиаприборостроения // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 10. С. 85–89.
DOI 10.21778/2218-5453-2019-10-85-89
УДК 629.7.08

М. С. Смирнова¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППИРОВКАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АВИАПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Проведен анализ состояния разработки программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов на отечественных предприятиях. Определена доминирующая технологическая парадигма разработки программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов. Сопоставлены аппаратные платформы, на базе которых функционируют программные комплексы изделий, производимых АО «НПП «Радар ммс», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Кронштадт Технологии», АО «АЭРОКОН», ООО НПО «Автономные аэрокосмические системы-ГеоСервис», приведено краткое описание возможностей комплексов, рассматривается применение технологической системы SCRUM разработки прикладного программного обеспечения для программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов. Установлено, что уровень используемых микроэлектронных и радиотехнических комплектующих определяет возможности, которые реализуются в прикладной функциональности программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: качество программных комплексов, технологическая система SCRUM, аппаратная платформа

Введение

Недостаточность средств нормативно-технического регулирования для создания подсистем качества в рамках технологических систем SCRUM разработки прикладного программного обеспечения (ППО) для программных комплексов управления группировками беспилотных летательных аппаратов (ПК УГ БПЛА) во многом обусловлена отсутствием научно-обоснованного методического аппарата формирования и контроля качества указанных программных комплексов в рамках методологии гибкой разработки. Это привело к эмпирическому характеру процессов создания, квалитетической оценки и совершенствования ПК УГ БПЛА.

Технологический уровень разработки ПК УГ БПЛА

В настоящее время процессы создания, квалитетической оценки и совершенствования программных комплексов определяются текущей

практикой разработки и применения тех или иных сред профессиональной разработки программного обеспечения для беспилотной робототехники. Действительно, в современных условиях на отечественном рынке услуг в авиаприборостроении представлены разработчики ППО, занимающиеся тематикой ПК УГ БПЛА, количество которых в силу сложности и наукоемкости данной предметной области мало [1–4]. Круг таких компаний является подмножеством общности всех компаний-производителей беспилотных авиационных комплексов (БАК), и прежде всего комплексных БАК, включающих в свой состав два и более беспилотных летательных аппарата различного назначения и прикладной функциональности.

Объективным ограничением для сбора информации по указанным разработкам является ее закрытый характер по некоторым из проектов. В таблице представлены полученные из открытых источников обобщенные данные по разработкам

Таблица. Примеры промышленно поставляемых ПК УГ БПЛА, ориентированных на отечественную радиоэлектронную компонентную базу

Компания разработчик/ поставщик ПК УГ БПЛА	Изделие – аппаратная платформа, на базе которой функционирует ПК	Краткое описание технических характеристик и/или возможностей	Открытый источник с описанием
Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс», Санкт-Петербург	Мониторинговый комплекс с малогабаритными беспилотными вертолетами БПВ-500.	Состав комплекса: два беспилотных вертолета БПВ-500-Б соосной схемы; пункт дистанционного управления контейнерного типа, размещаемый на автомобильной базе высокой проходимости (типа «КамАЗ») или на палубе надводного корабля. Принцип управления БПЛА – автономный полет по заданному маршруту с возможностью оперативной корректировки программы полета оператором НСУ.	[5]
АО «Концерн радиостроения «Вега» из состава холдинговой компании «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех»(АО «КБ «Луч»), Москва	Модернизированный программно-аппаратный комплекс группового управления БПЛА и наземными робототехническими комплексами на базе автомобиля «КамАЗ-43116».	Способен контролировать до 10 БПЛА и наземных робототехнических комплексов одновременно. Программно-аппаратный комплекс включает суперкомпьютер высокой производительности. Имеет в своем составе пять АРМ операторов. Автономность по электропитанию до 7 суток. Время разворачивания – не более 15 мин.	[3, 6]
АО «Кронштадт Технологии», АО «КТ-Беспилотные Системы»/ АО «Технологии для авиации» из состава Группы компаний «Кронштадт», Санкт-Петербург	Наземная станция управления SmartAP, в том числе программное обеспечение управления дронами и планирования полетного задания с облачным функционалом для любых платформ (компьютеры, ноутбуки, планшеты, смартфоны) и операционных систем (Windows, Mac OS, Android, iOS, Linux).	Позволяет создавать разнородные группировки БПЛА самой различной конфигурации при использовании средств автоматизации управления Группы компаний «Кронштадт». Обеспечивается и поддерживается прием данных от полетной полезной нагрузки на различные БПЛА в группе в виде камер оптического и ультрафиолетового диапазонов, тепловизоров и мультиспектральных камер, лазерных сканеров, радаров и газоанализаторов.	[7, 8]
АО «АЭРОКОН» на базе Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н. Е. Жуковского (ЦАГИ), Жуковский (Московская обл.)	Автоматизированная система управления полетом «Турман-АС» представляет собой программно-аппаратный комплекс наземного и бортового (авионика) оборудования для обеспечения автоматического полета БПЛА (в том числе группировки разнородных БПЛА).	АСУ и ее ППО строятся по модульному принципу. Поддержание программно-технических интерфейсов UART, USB, I ² C, SPI, Ethernet. Контроль поведения группировки БПЛА по 150 параметрам. Используемая операционная система в ПАК – Embedded Linux.	[9, 10]

Таблица (окончание)

Компания разработчик/ поставщик ПК УГ БПЛА	Изделие – аппаратная платформа, на базе которой функционирует ПК	Краткое описание технических характеристик и/или возможностей	Открытый источник с описанием
ООО НПО «Автономные аэрокосмические системы-ГеоСервис» (ООО «АВАКС-ГеоСервис»), Красноярск	Система управления БПЛА ООО «АВАКС-ГеоСервис», способная обеспечить навигацию и управление с БПЛА малой и большой взлетной массы, оборудованных специализированным автопилотом АП-05 на расстоянии до 50 км.	Система управления построена на базе производительного ARM-вычислителя и работает под управлением операционной системы реального времени QNX Neutrino (КПДА.10964–01). Допускаются на БПЛА группировки автопилоты: АП-05, СП-03, КДВС. Подсистема бортового управления работает при целевой защите модуля памяти, что дает возможность без угроз для БПЛА вводить дополнительное ППО в вычислитель.	[11, 12]

ПК УГ БПЛА. Эти данные позволяют охарактеризовать технологический уровень разработки ПК УГ БПЛА как очень высокий. Очевидно, что существующий уровень нормативно-технической и научно-методической поддержки квалитетической составляющей технологических систем разработки ПК УГ БПЛА во многом ориентирован на более традиционные методы организации профессиональной разработки ППО, и, следовательно, можно констатировать его недостаточность.

Детальное изучение материалов по системам, приведенным в таблице, показывает, что доминирующей технологической парадигмой в случае ПК УГ БПЛА является методология гибкой разработки ППО и присущие ей прикладные технологии, прежде всего SCRUM.

Эффективного повышения результативности технологической системы гибкой разработки ПК УГ БПЛА для обеспечения их качества невозможно достичь, не учитывая факторы влияния уровня радиоэлектронной компонентной базы создания БАК. Именно уровень используемых микроэлектронных и радиотехнических комплектующих задает те возможности, которые реализуются в прикладной функциональности ПК УГ БПЛА как информационно-интегрирующего программного комплекса. Эти факторы определяют специфику операционной среды в ПАК наземной системы дистанционного управления и особенности работы бортовой РЭА на БПЛА.

Рассмотрим характеристики радиоэлектронной компонентной базы для создания ПАК УГ БПЛА.

В части комплектации РЭА можно отметить, что на борту БПЛА за основу, как правило, берутся либо цифровые сигнальные процессоры, обеспечивающие обработку сигналов управления

в оцифрованном виде (DSP-процессоры), либо компактные спецкомпьютеры типа PC/104 или Micro PC, способные поддержать работу операционных систем реального времени. Такие спецкомпьютеры представляют собой единый модуль из одноплатной материнской платы (т.е. платы с процессором, его окружением и оперативной памятью), интегрированной (слитой) с сетевой платой на расширенной шине обмена данными PC/104 (PC/104+), давшей название формату спецкомпьютера. Шина PC/104 – один из вариантов восьмиразрядной шины ISA. Посредством указанной шины организуется информационный обмен с аэродинамическими датчиками, датчиками GPS/ГЛОНАСС, модемом связи с НСУ и пр. Такой вариант комплектации характеризуется высокой компактностью, ударопрочностью и надежностью в эксплуатации при обеспечении достаточных показателей быстродействия обработки данных.

Питание микроэлектронной аппаратуры БПЛА осуществляется на основе литий-ионных аккумуляторов, а радиотехнической – на дронах большей массы – на основе литий-полимерных аккумуляторов [3–4].

В части комплектации радиотехнической аппаратуры обмена цифровыми данными между БПЛА и НСУ можно констатировать, что в составе БАК используется дуплексная подсистема модемов (трансиверов) с широким диапазоном возможностей приема-передачи цифровых данных по радиоканалам. При этом предполагается, что трансивер (модем) в составе НСУ способен поддерживать мультиплексный режим обмена со всеми модемами БПЛА из состава группировки. В свою очередь, модем (трансивер) на борту БПЛА может поддерживать как мультиплексный режим обмена с НСУ

и всеми другими модемами БПЛА, что характерно для так называемого «роевого» поведения групп малых беспилотников, так и дуплексный режим только с трансивером НСУ.

В части комплектации программно-аппаратного комплекса в составе НСУ может быть сформулировано практически неограниченное множество различных вариантов подбора элементов радиоэлектронной, прежде всего микроэлектронной, компонентной базы. Данный тезис основан на результатах анализа вариантов построения ПАК в составе наземной системы дистанционного управления (НСУ) и на результатах изучения опыта автоматизации различных БАК.

Выводы

Широкое внедрение мультиагентных алгоритмов, адаптивных методов при решении робототехнических и других задач объективно требует огромных ресурсов быстродействия, вычислительной мощности и оперативной, быстродействующей памяти. На сегодняшний день объективно такие

возможности аппаратной платформы могут быть обеспечены именно в ПАК в составе НСУ. В полной мере данный вывод относится и к ПАК УГ БПЛА, а значит именно формирование указанных ПАК на основе новейшей элементной базы отечественной радиоэлектроники позволит воплотить в жизнь их проектную функциональность в полном объеме.

Очевидно, что непрерывное развитие и рост числа поколений элементной базы микрорадиоэлектроники и радиотехники будут предоставлять основу для расширения круга задач, решаемых как отдельными БПЛА, так и их разнородными группировками. На сегодняшний день объективным стимулом явится внедрение цифровых технологий сетевого обмена 5G, которые обеспечат качественно новые возможности для авиационной робототехники и средств удаленного управления ею. Таким образом, фактор влияния радиоэлектронной и радиотехнической базы на качество ПАК УГ БПЛА остается определяющим, задающим спектр возможностей применения разнородных группировок БПЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мичурин С. В., Семенова Е. Г. Методы управления качеством программных комплексов диспетчеризации пространственных процессов на авиатранспорте. СПб.: ГУАП, 2015. 247 с.
2. Муся А. М., Ивакин Я. А. Обеспечение эффективности геоинформационных систем управления пространственными процессами // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 151–159.
3. В РФ разработали суперкомпьютер для управления сразу 10 беспилотниками [Электронный ресурс]. URL: http://ria.ru/defense_safety/20160210/1372314173.html#ixzz3zkezlvlc (дата обращения: 20.06.2019).
4. Тактический БПЛА «ГранТ» [Электронный ресурс]. URL: <http://aviaary.pf/aviamuseum/aviatsiya/uf/bpla/takticheskij-bpla-grant> (дата обращения: 20.06.2019).
5. Беспилотный вертолетный комплекс БВС ВТ 500 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.radar-mms.com/product/robototekhnicheskie-komplekсы/bas-bespilotnye-aviatsionnye-sistemy/bvs-vt-500-bespilotnyy-vertoletnyy-kompleks> (дата обращения: 20.06.2019).
6. Комплекс воздушного наблюдения с беспилотным летательным аппаратом «Луч» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vega.su/production/detail.php? ID=585> (дата обращения: 20.06.2019).
7. Контрольно-корректирующая станция ГЛОНАСС/GPS [Электронный ресурс]. URL: https://kronshadt.ru/products/bespilotny-e-sistemy-i-robototekhnika/ae-rokosmicheskie-sistemy/podsistemy-kompleksov-s-bla-i-tselevy-e-nagruzki/kks_glonass (дата обращения: 20.06.2019).
8. Автоматическая система управления полетом [Электронный ресурс]. URL: <https://russiandrone.ru/catalog/komplektuyushchie/avtomaticheskaya-sistema-upravleniya-poletom> (дата обращения: 20.06.2019).
9. АСУ полетом «Турман-АС» [Электронный ресурс]. URL: <http://aerocon.ru/inspector/asu-poletom-turman-as> (дата обращения: 20.06.2019).
10. INSPECTOR-2020 [Электронный ресурс]. URL: <http://aerocon.ru/inspector/inspector-2020> (дата обращения: 20.06.2019).
11. Научно-производственное предприятие «Автономные аэрокосмические системы – ГеоСервис» [Электронный ресурс]. URL: <http://research.sfu-kras.ru/node/12065> (дата обращения: 20.06.2019).
12. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. URL: <https://uav-siberia.com/catalog/uavs> (дата обращения: 20.06.2019).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Смирнова Мария Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Российская Федерация, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, тел.: 8 (812) 494-70-55, e-mail: maris_spb@inbox.ru.

For citation: Smirnova M. S. Description of technological level of development of software systems for management of unmanned aerial vehicle groupings at domestic aircraft instrument manufacturing enterprises. *Voprosy radioelektroniki*, 2019, no. 10, pp. 85–89. DOI 10.21778/2218-5453-2019-10-85-89

M. S. Smirnova

DESCRIPTION OF TECHNOLOGICAL LEVEL OF DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE GROUPINGS AT DOMESTIC AIRCRAFT INSTRUMENT MANUFACTURING ENTERPRISES

The article analyzes the state of the level of development of software systems for managing groups of unmanned aerial vehicles at domestic enterprises. The dominant technological paradigm for the development of software systems for managing groups of unmanned aerial vehicles has been determined. The article compares the hardware platforms, on the basis of which the software systems of products manufactured by «NPP Radar mms» JSC, «Vega Radio Engineering Concern» JSC, «Kronstadt Technologies» JSC, «AEROKON» JSC, «Autonomous Aerospace Systems NPO LLC GeoService», provides a brief description of the capabilities of the complexes. As a hypothesis, the article discusses the possibility of using the SCRUM technological system for developing application software for software systems for managing groups of unmanned aerial vehicles. It is determined in the work that the level of microelectronic and radio-technical components used determines the possibilities that are realized in the applied functionality of software complexes for controlling the groupings of unmanned aerial vehicles.

Keywords: quality of software systems, SCRUM technological system, hardware platform

REFERENCES

1. Michurin S. V., Semenova E. G. *Metody upravleniya kachestvom programmnykh kompleksov dispetcherizacii prostranstvennykh processov na aviatsionnom transporte* [Quality management methods for software systems for spatial processes dispatching in air transport]. Saint-Petersburg, GUAP Publ, 2015, 247 p. (In Russian).
2. Musya A. M., Ivakin Ya. A. Ensuring the effectiveness of geographic information systems for managing spatial processes. *Voprosy radioelektroniki*, 2015, no. 1, pp.151–159. (In Russian).
3. In Russia, a supercomputer has been developed to control 10 drones at once (In Russian). Available at: http://ria.ru/defense_safety/20160210/1372314173.html#ixzz3zkezvlvc (accessed 20.06.2019).
4. Tactical UAV «Grant» (In Russian). Available at: <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/ff/bpla/takticheskij-bpla-grant> (accessed 20.06.2019).
5. Unmanned helicopter complex BVS VT 500 (In Russian). Available at: <http://www.radar-mms.com/product/robototekhnicheskie-komplekсы/bas-bes-pilotnye-aviatsionnye-sistemy/bvs-vt-500-bes-pilotnyy-vertoletnyy-kompleks> (accessed 20.06.2019).
6. Aerial surveillance complex with an unmanned aerial vehicle Luch (In Russian). Available at: <http://www.vega.su/production/detail.php?ID=585> (accessed 20.06.2019).
7. Control and correction station for GLONASS/GPS (In Russian). Available at: https://kronshtadt.ru/products/bes-pilotnye-sistemy-i-robototekhnika/ae-rokosmicheskie-sistemy/podsistemy-kompleksov-s-bla-i-tselevy-e-nagruzki/kks_glonass (accessed 20.06.2019).
8. Automatic flight control system (In Russian). Available at: <https://russiandrone.ru/catalog/komplektuyushchie/avtomaticheskaya-sistema-upravleniya-poletom> (accessed 20.06.2019).
9. Turman-AS flight ACS (In Russian). Available at: <http://aerocon.ru/inspector/asu-poletom-turman-as> (accessed 20.06.2019).
10. INSPECTOR-2020 (In Russian). Available at: <http://aerocon.ru/inspector/inspector-2020> (accessed 20.06.2019).
11. Autonomous Aerospace Systems – GeoService (In Russian). Available at: <http://research.sfu-kras.ru/node/12065> (accessed 20.06.2019).
12. Unmanned aerial vehicles (In Russian). Available at: <https://uav-siberia.com/catalog/uavs> (accessed 20.06.2019).

AUTHOR

Smirnova Maria, Ph. D., associate professor, department of innovation and integrated quality systems, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67A, Bolshaya Morskaya St., Saint-Petersburg, 190000, Russian Federation, tel.: +7 (812) 494-70-55, e-mail: maris_spb@inbox.ru.