

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ТРЕНАЖЕРНОЙ СИСТЕМЫ НАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А. А. Коваль¹, Д. А. Капустин², Г. В. Короп³, С. В. Онопченко⁴, Р. Н. Сентяй⁵

^{1, 2, 4, 5} Луганский государственный педагогический университет, Луганск, Россия

³ ООО «Авиакомпания Волга-Днепр», Москва, Россия

¹ navigatorsystem@yandex.ru, ² kap-kapchik@mail.ru, ³ korop_g@mail.ru,

⁴ osv260176@rambler.ru, ⁵ sentyayroman@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Анализируется содержание подходов и технологий разработки концептуальной модели тренажерной системы начальной подготовки операторов беспилотных авиационных систем (БАС) на основе структурной декомпозиции перечня типовых задач их профессиональной деятельности. *Материалы и методы.* Представлены результаты структурно-функциональной декомпозиции процесса тренажерной подготовки и анализ ее компонентов. *Результаты и выводы.* Сформулированы принципы определения минимального состава комплексного тренажера БАС с точки зрения методики начального обучения. Предложены общие подходы к формированию курсов начальной практической подготовки операторов БАС. Рассмотрены оптимальные формы и способы контроля уровня сформированных в процессе обучения операторских навыков. Предложена концептуальная модель тренажерной системы начальной подготовки операторов БАС.

Ключевые слова: концептуальная модель тренажерной системы, типовые задачи профессиональной деятельности, методика начального обучения операторов БАС, оптимальный состав комплексного тренажера БАС, курс практической подготовки операторов БАС, технологии контроля уровня сформированных компетенций

Для цитирования: Коваль А. А., Капустин Д. А., Короп Г. В., Онопченко С. В., Сентяй Р. Н. Концептуальная модель тренажерной системы начальной подготовки операторов беспилотных летательных аппаратов // Надежность и качество сложных систем. 2025. № 1. С. 54–65. doi: 10.21685/2307-4205-2025-1-7

A CONCEPTUAL MODEL OF A SIMULATOR SYSTEM FOR THE INITIAL TRAINING OF OPERATORS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

A.A. Koval¹, D.A. Kapustin², G.V. Korop³, S.V. Onopchenko⁴, R.N. Sentyay⁵

^{1, 2, 4, 5} Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russia

³ LLC "Volga-Dnepr Airlines", Moscow, Russia

¹ navigatorsystem@yandex.ru, ² kap-kapchik@mail.ru, ³ korop_g@mail.ru,

⁴ osv260176@rambler.ru, ⁵ sentyayroman@yandex.ru

Abstract. *Background.* The content of approaches and technologies for the development of a conceptual model of a simulator system for the initial training of operators of unmanned aircraft systems (UAS) is analyzed on the basis of a structural decomposition of a list of typical tasks of their professional activity. *Materials and methods.* The results of the structural and functional decomposition of the simulator training process and the analysis of its components are presented. *Results and conclusions.* The principles of determining the minimum composition of a complex UAS simulator from the point of view of the methodology of initial training are formulated. General approaches to the formation of initial practical training courses for UAS operators are proposed. The optimal forms and methods of controlling the level of operator skills formed during training are considered. A conceptual model of a simulator system for the initial training of UAS operators is proposed.

Keywords: conceptual model of the simulator system, typical tasks of professional activity, methodology of initial training of UAS operators, optimal composition of a complex UAS simulator, course of practical training of UAS operators, technologies for monitoring the level of formed competencies

For citation: Koval A.A., Kapustin D.A., Korop G.V., Onopchenko S.V., Sentyay R.N. A conceptual model of a simulator system for the initial training of operators of unmanned aerial vehicles. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems*. 2025;(1):54–65. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2025-1-7

Введение

Стремительное развитие беспилотной авиации в нашей стране определяет необходимость координации действий, направленных на обеспечение эффективного развития данной отрасли. С этой целью Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1630-р от 21 июня 2023 г. утверждена «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г.» (далее – Стратегия)¹.

Стратегия направлена на всестороннее обеспечение реализации всего комплекса задач, связанных с планированием и развитием беспилотной авиации в Российской Федерации, в том числе подготовку кадров для беспилотной авиации.

Темой исследования, приведенного в статье, являются вопросы практической подготовки операторов беспилотных авиационных систем (далее – БАС) в обучающих организациях. Тема исследования вытекает из необходимости решения концептуальных задач, изложенных в шестом разделе Стратегии.

В настоящее время практическая подготовка специалистов для беспилотной авиации осуществляется в рамках федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем».

В процессе подготовки операторов беспилотных авиационных систем важнейшую роль играют тренажеры. Такие тренажеры позволяют сформировать необходимые начальные навыки в дистанционном пилотировании беспилотным аппаратом, навыки их грамотной эксплуатации и технического обслуживания. Кроме того, такие тренажеры позволяют регулярно отрабатывать особые ситуации в полете, по действиям в которых оператор должен быть готовым.

Востребованность тренажеров в процессе подготовки операторов БАС непрерывно растет. Растет также количество предложений различных вариантов тренажеров БАС. Стремительно развивающееся производство тренажеров беспилотных аппаратов стимулируется растущей потребностью их использования в учебном процессе.

В настоящее время на рынке образовательных услуг представлены многочисленные варианты тренажеров: от виртуальных и интерактивных до физических, представляющих собой не тренажеры, в привычном понимании, а реальные БАС.

Стремительное развитие производства тренажеров для целей подготовки операторов БАС выявляет их недостаточную обеспеченность теоретическими исследованиями концептуального характера.

В частности, в учебном процессе образовательных организаций отсутствуют базовые научно обоснованные методики тренажерной подготовки операторов БАС, а у производителей тренажеров отсутствуют научно обоснованные методические требования к тренажерам и тренажерным системам такого вида.

Отсутствие научно обоснованных методических требований к тренажерам и тренажерным системам, научно обоснованной концептуальной модели тренажерной системы начальной подготовки операторов БАС послужили причиной и основанием для дальнейших исследований в этой области.

Целью исследования, приведенного ниже, является разработка концептуальной модели тренажерной системы подготовки операторов беспилотных авиационных систем.

Объектом исследования является информационная система комплексного тренажера по отработке начальных навыков операторов беспилотных авиационных систем.

Предметом исследования является концептуальная модель тренажерной системы начальной подготовки операторов беспилотных авиационных систем.

Профессиональные компетенции операторов БАС

Концептуальную модель тренажерной системы подготовки операторов БАС можно построить исключительно на основе системного анализа полного перечня профессиональных компетенций. Только на основе такого анализа можно получить перечень умений и навыков, которыми должен обладать оператор БАС.

¹ Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации : распоряжение Правительства РФ № 1630-р от 21 июня 2023 г. // Юридическая информационная система «Легалакт – законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации». URL: <https://legalacts.ru>

В свою очередь перечень необходимых компетенций операторов БАС можно получить на основе структурной декомпозиции перечня типовых задач их профессиональной деятельности [1].

Опыт применения БАС в различных сферах позволяет выделить восемь основных направлений применения таких систем. Стратегия развития беспилотной авиации России определяет эти направления как: «сбор и передача данных, дистанционный мониторинг», «проведение авиационной разведки и обеспечение охраны территории и объектов», «внесение веществ», «аэрологистика», «работы по обеспечению связи», «образовательная и спортивная деятельность», «визуальные инсталляции», «внешние работы»¹.

Каждое направление применения БАС предполагает выполнение большого количества типов задач профессиональной деятельности. Таким образом, концептуальная модель тренажерной системы подготовки операторов БАС должна предполагать возможность отработки базовых навыков оператора БАС по каждому из восьми направлений их использования, с учетом специфики выполнения типовых задач.

Профессиональные компетенции, формирование которых предполагается с использованием тренажерной системы, приводятся в образовательных стандартах. В настоящее время подготовка операторов БАС в России регулируется федеральным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 25.02.08 «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», зарегистрированного в Минюсте России 13.02.2023 за № 72345².

Анализ содержания существующих программ практической подготовки операторов БАС, методики практического обучения, технических средств, применяемых для целей обучения в обучающих организациях, показывает, что, несмотря на наличие федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), процесс обучения выявляет признаки хаотичности и системной неупорядоченности.

Признавая безусловную пользу от своеобразной «разношерстности» применяемых методик и стремительного генерирования образовательными организациями новых идей и подходов к организации процесса подготовки операторов БАС, отмечаем также необходимость централизованного регулирования этого процесса.

Такая необходимость обусловлена, прежде всего, строгим регулированием практического использования БАС целым рядом нормативных документов, включая международные стандарты в области беспилотной авиации, утверждаемые Советом Международной организации гражданской авиации.

Кроме того, федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29.12.2012 предусматривается необходимость стандартизации основных компонентов образовательного процесса. В частности, законом предусматривается, что «... Федеральные государственные образовательные стандарты и федеральные государственные требования обеспечивают ... единство образовательного пространства Российской Федерации»³.

Реализация концепции единства образовательного пространства предусматривает разработку и внедрение в учебный процесс соответствующих образовательных стандартов, необходимой инфраструктуры, тренажерных систем, базовых методик практического обучения операторов, технических средств обучения и сопровождения, учебных материалов.

Предполагается, что реализация такого подхода позволит создать регулируемую образовательную среду обучающих организаций, а также обеспечить планирование и обеспечение образовательного процесса на государственном уровне. А реализация концепции единого образовательного пространства может быть обеспечена системой нормативных актов, важнейшим из которых является федеральный образовательный стандарт (ФГОС).

Однако на сегодня ни наличие образовательного стандарта, ни других нормативных документов, регулирующих и нормирующих процесс, не обеспечивают на практике целей концепции.

¹ Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации : распоряжение Правительства РФ № 1630-р от 21 июня 2023 г. // Юридическая информационная система «Легалакт – законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации». URL: <https://legalacts.ru>

² Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем : приказ Минпросвещения России № 2 от 09.01.2023. URL: <https://kbadk.ru>

³ Об образовании в Российской Федерации : федер. закон № 273-ФЗ от 29.12.2012.

Подготовка операторов БАС предполагает проведение тренажерной подготовки с целью формирования начальных операторских навыков. К сожалению, действующий образовательный стандарт не предусматривает ее проведение. Более того, в стандарте нет прямого указания на степень овладения элементами техники дистанционного пилотирования беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА).

Детальный анализ содержания профессиональных компетенций ФГОС 25.02.08 «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» выявляет ряд существенных недостатков, оказывающих системное влияние на процесс подготовки операторов БАС.

В частности, ФГОС не содержит блока профессиональных компетенций оператора дистанционного пилотирования беспилотных воздушных судов самолетного типа вертикального (укороченного) взлета и посадки, беспилотных воздушных судов мультироторного типа¹.

Требования к специальной профессиональной подготовке оператора по эксплуатации беспилотных авиационных систем самолетного типа ФГОС определяет всего шестью профессиональными компетенциями, что на наш взгляд недостаточно. Точно в таком же объеме определены требования к эксплуатации беспилотных авиационных систем вертолетного и смешанного типа².

При этом содержание профессиональных компетенций ФГОС охватывает смежные процедуры профессиональной деятельности оператора БАС, а потому информационно перегружено. Содержательное толкование (интерпретация) таких компетенций в процессе составления основных профессиональных образовательных программ возлагается на образовательные организации. Это порождает условия произвольного толкования смысла компетенций и, как следствие, значительной разницы в содержании учебных программ в разных образовательных организациях.

В стандарте также отсутствуют индикаторы уровня формирования компетенций. Формирование критериев оценки, а также индикаторов уровня их подготовки также возлагается на образовательные организации.

Еще более формально и в самом обобщенном виде в стандарте представлены требования к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению процесса реализации образовательных программ.

По мнению авторов, такой уровень нормативного регулирования процесса подготовки специалистов в области эксплуатации беспилотных авиационных систем недопустим.

Таким образом, сложившаяся к моменту настоящего исследования система подготовки операторов БАС в образовательных организациях среднего и высшего профессионального образования обладает рядом системных структурных недостатков. В частности, сложившаяся система подготовки специалистов в этой области, а также нормативное регулирование этого процесса со стороны ФГОС не отвечают уровню современных требований к специалисту по эксплуатации беспилотных авиационных систем [1].

Следует отметить, что количество беспилотных авиационных систем, а также области их применения стремительно нарастают. Кроме того, в воздушном пространстве кроме БПЛА находятся пилотируемые летательные аппараты, в том числе пассажирские.

Указанные выше обстоятельства, предъявляют к специалистам по их эксплуатации дополнительные требования с точки зрения безопасности. Все это должно найти однозначное отражение в образовательных стандартах и в процессе практической подготовки операторов.

К решению концептуальных вопросов построения тренажерных систем для подготовки летного состава обращаются многие авторы. В частности, в своем исследовании [2] Е. М. Шеповалов приводит технологическую схему анализа структурно-функционального облика авиационных многофункциональных тренажеров. Процедура анализа, в представлении автора, должна начинаться с системного анализа (структурной декомпозиции) множества учебных задач, подлежащих отработке на тренажере [2, с. 59–61].

По мнению авторов, процедура такого анализа должна начинаться с системного анализа (структурной декомпозиции) полного перечня типовых задач профессиональной деятельности и трудовых функций, приведенных в профессиональных стандартах будущего специалиста, в нашем случае оператора беспилотных авиационных систем (БАС).

¹ Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем : приказ Минпросвещения России № 2 от 09.01.2023. URL: <https://kbadk.ru>

² Там же.

В практике летного обучения в России и за рубежом сложился подход, заключающийся в формулировании системы таких задач в виде курсов практической учебно-летной подготовки. Такие курсы представляют собой сборники упражнений (комплексных заданий) практической учебно-летной (в том числе тренажерной) подготовки.

Курс практической тренажерной подготовки операторов БАС с использованием тренажерного комплекса

Разработку концептуальной модели тренажерной системы логично начать с разработки курса учебно-летной подготовки оператора БАС. Это обусловлено тем, что тренажерная система должна обеспечивать возможность отработки навыков по упражнениям этого курса. В процессе исследования такой курс практической тренажерной подготовки был разработан.

При разработке курса практической тренажерной подготовки операторов БАС с использованием тренажерного комплекса исходили из следующих, разработанных авторами в процессе анализа, концептуальных положений и принципов:

1. Курс практической тренажерной подготовки операторов БАС должен быть направлен на формирование полного перечня профессиональных компетенций, предусмотренных образовательным и профессиональным стандартами.

2. Основанием для формулирования компетенций специалиста по эксплуатации беспилотных авиационных систем должен быть полный перечень комплексных типовых задач, разработанный на основе системного анализа и структурной декомпозиции обобщенного объекта профессиональной деятельности оператора БАС, с учетом требований соответствующих профессиональных стандартов.

3. Система компетенций образовательного стандарта должна быть сформирована на их прямом соответствии содержанию детального перечня типовых профессиональных задач, к решению которых готовится оператор БАС.

4. Перечень типовых задач должен быть полностью согласован по содержанию с компетенциями, а компетенции, в свою очередь, должны быть согласованы с перечнем необходимых теоретических знаний, умений (навыков) и условий профессиональной деятельности.

5. Перечень необходимых теоретических знаний и операторских умений должен содержать указание необходимого уровня их сформированности.

6. Информационный объем каждой типовой задачи и соответствующей ей компетенции должен обеспечивать возможность их формирования в рамках одного упражнения с заданным (конечным) числом его повторения.

7. Контроль уровня сформированности каждой компетенции оператора БАС должен обеспечиваться путем выполнения контрольного квалификационного полетного задания на тренажере.

8. Количество видов комплексных квалификационных полетных заданий, выполняемых на тренажере за весь период обучения, должно соответствовать количеству формируемых компетенций образовательного стандарта.

На основании сформулированных авторами принципов в процессе исследования был разработан курс учебно-летной подготовки операторов БАС.

Курс учебно-летной подготовки операторов БАС содержит восемь тематических разделов, в которых сгруппированы 52 комплексных упражнения.

Тематические разделы курса охватывают наиболее востребованные направления использования беспилотных авиационных систем и направлены на формирование:

– начальных навыков в технике пилотирования беспилотного летательного аппарата мультироторного типа;

– сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и визуальной навигации беспилотного летательного аппарата мультироторного типа;

– сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и приборной навигации БПЛА при выполнении полетов по маршруту в сложных метеорологических условиях (по приборам вне визуальной видимости земли);

– сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и визуальной навигации БПЛА с выполнением специальных задач по дистанционному мониторингу внешней среды, сбору и передаче данных;

– сложных комбинированных операторских навыков в технике пилотирования и визуальной навигации БПЛА при выполнении специальных задач по транспортировке грузов;

- сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и визуальной навигации БПЛА при выполнении специальных задач ситуационного мониторинга чрезвычайных ситуаций;
- сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и визуальной навигации БПЛА в процессе выполнения полетов по маршруту в условиях радиоэлектронного противодействия;
- сложных комбинированных навыков в технике пилотирования и визуальной навигации БПЛА при выполнении специальных тактических задач.

Каждое упражнение курса направлено на отработку операторских навыков в технике пилотирования, навигации, а также навыков применения специального оборудования БПЛА в процессе выполнения полетного задания.

Курс содержит организационно-методические указания по выполнению каждого раздела. В свою очередь каждое упражнение курса содержит полетное задание, условия его выполнения, отрабатываемые элементы, методику выполнения элементов задания, порядок их оценки.

Концепция и принципы построения тренажерной системы оператора БАС

Анализ практики использования авиационных тренажерных систем в процессе подготовки летного состава в авиационных вузах, содержания компетенций образовательных стандартов по подготовке операторов БАС, а также технологий использования БПЛА в различных сферах их применения дают основания для формулирования базовых принципов разработки таких систем. Сформулируем эти принципы и приведем их обоснование.

Принцип 1. Источником концептуальных, функциональных, методических, технических и эргономических требований к тренажеру БАС должен быть полный перечень типовых профессиональных задач и соответствующих им компетенций (знаний, умений и навыков), формирование которых предусматривается с использованием тренажерной системы.

Обоснование. Формулируя этот принцип, авторы исходили из того, что невозможно построить тренажер, не имея представления о компетенциях (знаниях, умениях и навыках) для формирования, которых он предназначен. Только детальный анализ компетенций позволяет сформировать техническое задание на разработку тренажера, с точным указанием его обучающих свойств.

Принцип 2. Обучающие возможности тренажера БАС должны обеспечивать формирование полного перечня компетенций, приведенных в образовательном стандарте.

Обоснование. Реализация этого принципа обеспечивает максимальную степень использования тренажера в процессе формирования начальных навыков операторов БАС по всем упражнениям курса учебно-летной подготовки. В противном случае начальные навыки оператора возможно формировать только в реальных условиях, что далеко не всегда целесообразно как с экономической точки зрения, так и с точки зрения безопасности.

Принцип 3. Обучающие возможности тренажера БАС должны обеспечивать моделирование условий выполнения полетного задания каждого упражнения курса.

Обоснование. Это один из важнейших принципов. Его реализация обеспечивает максимальную степень соответствия реальных условий работы оператора БАС и моделируемых тренажерной системой.

Таким образом, тренажерная система подготовки операторов БАС должна содержать подсистему моделирования условий выполнения полетного задания каждого упражнения курса.

Принцип 4. Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать параллельное физическое и виртуальное моделирование обучающего пространства.

Обоснование. Наибольший обучающий эффект можно достичь в случае использования реального БПЛА в реальном физическом пространстве. В случае с БПЛА мультироторного типа сделать это не сложно для значительной части упражнений курса подготовки. Например, для этой цели можно использовать малый полигон, оборудованный в закрытом помещении достаточных размеров.

В то же время выполнение упражнений, связанных с полетами на большие расстояния с целью формирования сложных комбинированных навыков в технике пилотирования, визуальной и приборной навигации БПЛА, навыков использования полезной нагрузки при решении специальных задач по дистанционному мониторингу внешней среды, сбору и передаче данных, транспортировке грузов, при выполнении специальных задач ситуационного мониторинга чрезвычайных ситуаций и других задач, где отсутствует визуальный контакт с БПЛА, возникает необходимость виртуального моделирования внешней среды (обучающего пространства).

Такая необходимость обусловлена повышением интенсивности использования воздушного пространства беспилотными воздушными судами, в связи с чем растет вероятность опасных сближений БПЛА и пилотируемых летательных аппаратов.

Кроме того, моделирование обучающего пространства позволяет воссоздавать практически любые метеорологические условия, тактическую и ситуационную обстановку, моделировать отказы систем БПЛА, оборудования полезной нагрузки, практически любые нештатные ситуации.

Другими словами, цифровое моделирование позволяет воссоздавать для каждого упражнения курса учебно-летной подготовки необходимую модель обучающего пространства, максимально соответствующую целям и задачам каждого упражнения.

Таким образом, логика подсказывает необходимость сочетания двух способов моделирования обучающего пространства: физического и виртуального.

Принцип 5. Тренажерная система подготовки операторов БАС должна сочетать возможность непосредственного физического управления БПЛА в воздушном пространстве над полигоном и физического (с использованием наземной станции) управления полетом виртуальной модели БПЛА в виртуальном пространстве.

Обоснование. Рабочим местом оператора БАС является наземная станция управления полетом БПЛА и его полезной нагрузкой. Поэтому с целью формирования адекватных операторских навыков, независимо от способа моделирования обучающего пространства, вид рабочего места обучаемого не должен изменяться.

Принцип 6. Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать моделирование необходимых метеорологических условий выполнения упражнений курса учебно-летной подготовки.

Таким образом тренажерная система подготовки операторов БАС должна содержать подсистему моделирования метеорологических условий выполнения полетных заданий.

Обоснование. Необходимость реализации этого принципа очевидна. Метеорологические условия как один из важнейших факторов внешней среды должен воспроизводиться (моделироваться) с максимальной точностью.

Принцип 7. Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать моделирование необходимой тактической (ситуационной) обстановки в соответствии с содержанием упражнений курса учебно-летной подготовки.

Обоснование. Необходимость реализации этого принципа также очевидна. Тактическая (ситуационная) обстановка как один из важнейших факторов внешней среды в которой выполняется учебный полет должен воспроизводиться (моделироваться) в соответствии с заданием на полет.

Таким образом, тренажерная система подготовки операторов БАС должна содержать подсистему моделирования тактической (ситуационной) обстановки в зоне выполнения полетных заданий.

Принцип 8. Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать непрерывное измерение необходимых параметров обучающего пространства, текущие координаты и параметры динамики БПЛА, координаты объектов и целей, результаты выполнения полетного задания¹.

Обоснование. Процесс практического обучения операторов БАС, а также безопасность этого процесса невозможно организовать без измерений необходимых параметров обучающего пространства. Невозможно также оценить эффективность процесса формирования навыков без измерения координат и параметров динамики управляемых объектов, без сравнения этих параметров с заданными.

Таким образом, тренажерная система подготовки операторов БАС должна содержать подсистему измерения параметров обучающего пространства, измерения, анализа и оценки формируемых навыков.

Сформулированные выше принципы стали методологической основой для построения концептуальной модели тренажерной системы оператора БАС.

Кроме того, эти принципы составляют базовый перечень необходимых методических и обучающих свойств тренажерной системы операторов БАС.

Концептуальная модель тренажерной системы подготовки операторов БАС

В соответствии с принятым авторами принципом сочетания двух способов моделирования обучающего пространства – физического и виртуального – концептуальная модель тренажерной системы представлена на рис. 1.

¹ ГОСТ Р 57259–2016. Национальный стандарт Российской Федерации Тренажеры авиационные. Термины и определения. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293750/4293750301.pdf>

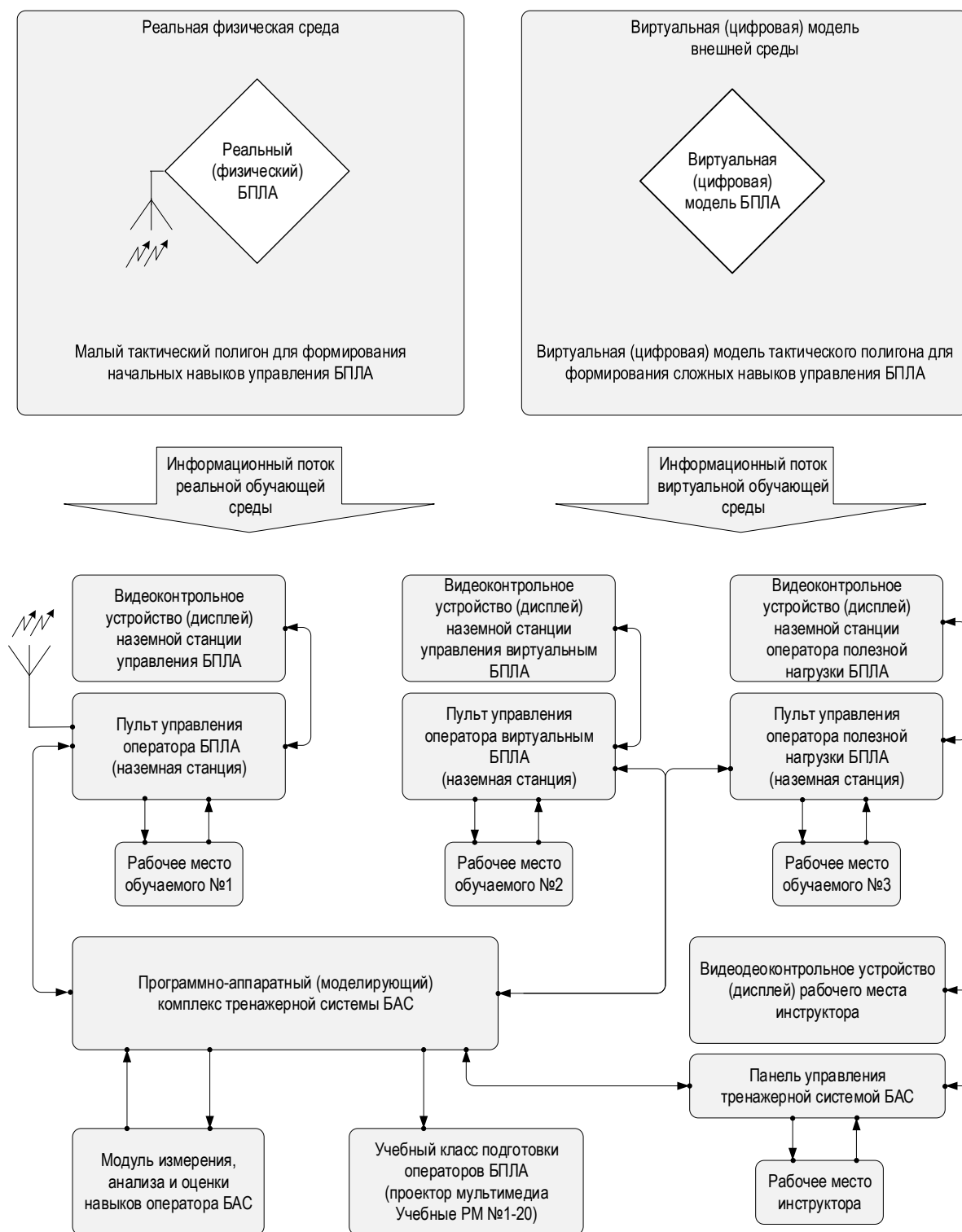


Рис. 1. Концептуальная модель тренажерной системы БАС

Центральным звеном модели является программно-аппаратный моделирующий комплекс тренажерной системы БАС. Этот комплекс позволяет осуществлять:

- автоматическое построение локальной системы координат пространства событий в зоне визуального пилотирования БПЛА;
- автоматическое измерение локальных пространственно-временных координат БПЛА в зоне визуального пилотирования;
- автоматическое измерение пространственно-временных координат объектов, целей и событий в зоне визуального пилотирования БПЛА;

- генерирование виртуальной (цифровой) модели тактического полигона для формирования сложных навыков управления БПЛА и его полезной нагрузки (за пределами малого тактического полигона);
- генерирование виртуальной (цифровой) модели БПЛА с заданными весогабаритными и аэродинамическими характеристиками;
- генерирование виртуальной (цифровой) модели рельефа местности заданного района;
- генерирование виртуальной (цифровой) модели внешней среды, естественных и искусственных объектов пролетаемой местности за пределами малого тактического полигона;
- моделирование пространственного распределения полей измеряемых параметров для обеспечения учебных полетов связанных с выполнением мониторинга параметров внешней среды;
- генерирование метеорологической и ситуационной обстановки, отказов систем БПЛА, особых ситуаций (случаев) в полете.

Концептуальная модель рабочего места обучаемого (концепция информационной модели обучающей среды)

Тренажерная система содержит в своем составе три рабочих места активного обучения и 20 рабочих мест пассивного обучения.

Рабочее место обучаемого № 1 (активное) позволяет выполнять учебные полеты по управлению реальным (физическим) БПЛА в зоне малого тактического полигона (в зоне визуальной видимости БПЛА). Размер зоны малого тактического полигона предполагает его размещение в закрытом помещении соответствующих размеров.

Рабочее место обучаемого № 1 представляет собой реальную наземную станцию того БПЛА, на который производится обучение. Такой подход оправдан, так как позволяет избежать формирования ложных навыков и одновременно наиболее продуктивно формировать необходимые операторские навыки по управлению конкретным типом БПЛА.

Рабочее место обучаемого № 2 (активное) позволяет выполнять учебные полеты по управлению виртуальной (цифровой моделью) БПЛА в зоне виртуальной (цифровой) модели тактического полигона. Это рабочее место предназначено для формирования сложных навыков визуального и приборного управления полетом БПЛА с использованием его полезной нагрузки (за пределами малого тактического полигона).

Рабочее место обучаемого № 3 (активное) позволяет выполнять учебные полеты по управлению виртуальной (цифровой моделью) полезной нагрузки БПЛА в зоне виртуальной (цифровой) модели тактического полигона. Это рабочее место предназначено для формирования сложных навыков операторов управления полезной нагрузкой БПЛА (за пределами малого тактического полигона).

Рабочее место обучаемого № 1 может использоваться независимо от других учебных мест. Рабочие места обучаемых № 2 и 3 могут использоваться как совместно, при выполнении полетов в составе экипажа, так и раздельно.

В процессе выполнения учебных полетов с рабочих мест № 2 и 3 генерируемый программно-аппаратным комплексом тренажерной системы видеопоток передается по сети на видеопроектор и на мониторы в учебный класс предварительной подготовки операторов БПЛА.

Таким образом параллельно с тренировкой операторов на рабочих местах № 1–3 другая группа обучаемых в учебном классе в количестве 15–20 человек самостоятельно или под руководством инструктора сможет выполнять упражнения, связанные с навигационными расчетами, визуальной ориентировкой, поиском ориентиров (целей) по заданным распознавательным признакам, отработкой навыков считывания показаний навигационно-пилотажных приборов, другими задачами. Все рабочие места могут использоваться как раздельно, так и совместно.

Концептуальная модель рабочего места инструктора

Рабочее место инструктора представляет собой видеодисплейный терминал на базе персонального компьютера. Такое концептуальное решение позволяет осуществлять контроль всех удаленных учебных мест тренажерной системы с одного рабочего места инструктора.

Для целей контроля района малого полигона, рабочих мест обучаемых № 1–3, а также класса предварительной подготовки операторов БПЛА предусматривается использование системы видеонаблюдения. Видеопоток с камер передается на рабочее место инструктора.

С рабочего места инструктора может осуществляться централизованное включение и выключение оборудования рабочих мест тренажерной системы, ввод начальных условий и исходных данных по упражнениям курса учебно-лётной подготовки, контроль действий обучаемых на всех рабочих местах, задание сценариев тактической и ситуационной обстановки, задание параметров метеорологической обстановки, обеспечение связи с операторами и коррекция их действий.

Концептуальная модель модуля квалитметрии навыков обучаемых

Принципиальным решением концептуальной модели тренажерной системы является возможность непрерывного измерения координат, времени и параметров движения БПЛА, координат и времени событий, связанных с процессом выполнения учебных упражнений, всех параметров работы тренажерной системы.

Для реализации этих целей в тренажерной системе моделируется локальная система пространственных координат, позволяющая реализовать операционную среду реального времени.

Массивы данных координат, времени и параметров движения БПЛА, а также другие данные, в том числе видеоданные являются исходным статистическим материалом для оценки результатов обучения на тренажере.

Оценка отрабатываемых учебных элементов, связанных с точностью позиционирования БПЛА в пространстве, точностью выдерживания заданного маршрута полета, точностью сброса грузов по заданным координатам производится квалитметрической системой тренажера автоматически.

Каждый обучаемый по результатам выполнения учебных упражнений получает лист контроля с оценкой элементов полетного задания в электронном или печатном виде.

Концептуальная модель технического обеспечения и сопровождения тренажерной системы в обучающей организации

В процессе разработки концептуальной модели тренажерной системы изучался вопрос необходимости и достаточности технического обеспечения и сопровождения тренажерной системы в обучающей организации.

Анализ процесса эксплуатации и обслуживания беспилотных авиационных систем в обучающих и эксплуатирующих организациях показывает необходимость непрерывного квалифицированного информационного обеспечения, сопровождения и технического обслуживания БПЛА, наземных станций, сетевого оборудования и т. п.

Обобщая опыт эксплуатирующих организаций считаем целесообразным в обучающих организациях, эксплуатирующих тренажерные комплексы БАС иметь мастерскую-лабораторию по ремонту, восстановлению и техническому обслуживанию всего комплекса учебного оборудования БАС. Состав оборудования такой мастерской может варьироваться, но анализ практики эксплуатации БАС приводит к выводу, что основными элементами такой мастерской должны быть: принтер для 3D-печати пластиковых элементов конструкции БПЛА, паяльная станция, набор запасных частей и расходных материалов, готовые пакеты программного обеспечения, техническая документация.

Заключение

Разработка научно обоснованной концептуальной модели тренажерной системы начальной подготовки операторов БАС актуальна, так как является методологической основой развития важной отрасли производства таких систем для целей подготовки операторов БАС.

Источником концептуальных, функциональных, методических, технических и эргономических требований к тренажеру БАС должен быть полный перечень комплексных типовых задач профессиональной деятельности, разработанный на основе системного анализа и структурной декомпозиции обобщенного объекта профессиональной деятельности оператора БАС с учетом требований соответствующих профессиональных стандартов.

Обучающие возможности тренажера БАС должны обеспечивать формирование полного перечня компетенций, приведенных в образовательном стандарте.

Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать параллельное физическое и виртуальное моделирование обучающего пространства. Это обусловлено невозможностью воссоздавать необходимые условия по всем упражнениям в процессе обучения на тренажере. В свою очередь цифровое моделирование позволяет воссоздавать для каждого упражнения курса учебно-лётной

подготовки необходимую модель обучающего пространства, максимально соответствующую целям и задачам каждого упражнения.

Независимо от способа моделирования обучающего пространства, вид рабочего места обучаемого не должен изменяться. Таким образом тренажерная система подготовки операторов БАС должна сочетать возможность непосредственного физического управления БПЛА в воздушном пространстве над полигоном и физического (с использованием наземной станции) управления полетом виртуальной модели БПЛА в виртуальном пространстве.

Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать моделирование необходимой метеорологической, тактической, ситуационной обстановки в соответствии с содержанием упражнений курса учебно-лётной подготовки.

Информационная модель тренажера БАС должна обеспечивать непрерывное измерение необходимых параметров обучающего пространства, текущие координаты и параметры динамики БПЛА, координаты объектов и целей, результаты выполнения полётного задания [3, 4].

Список литературы

1. Онопченко С. В., Коваль А. А. Оптимальный состав системы компетенций в образовательных стандартах высшего образования // Педагогическое образование и наука. 2021. № 1. С. 109–121.
2. Шеповалов Е. М. Технологическая схема структурно-функционального анализа авиационных multifunctional тренажеров // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 4 (56). С. 53–63.
3. Мельничук А. И. Большие перспективы малых беспилотных летательных аппаратов // Надежность и качество сложных систем. 2024. № 2. С. 88–94.
4. Горячев Н. В., Избасов А. Г., Мельничук А. И. [и др.]. К проблеме синтеза системы противодействия малогабаритным беспилотным летательным аппаратам // Надежность и качество сложных систем. 2024. № 2. С. 64–71.

References

1. Onopchenko S.V., Koval' A.A. Optimal composition of the competence system in educational standards of higher education. *Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka = Teacher education and science*. 2021;(1):109–121. (In Russ.)
2. Shepovalov E.M. Technological scheme of structural and functional analysis of aviation multifunctional simulators. *Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya = Information and economic aspects of standardization and technical regulation*. 2020;(4):53–63. (In Russ.)
3. Mel'nychuk A.I. Great prospects for small unmanned aerial vehicles. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2024;(2):88–94. (In Russ.)
4. Goryachev N.V., Izbasov A.G., Mel'nychuk A.I. et al. On the problem of synthesizing a system for countering small-sized unmanned aerial vehicles. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system = Reliability and quality of complex systems*. 2024;(2):64–71. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Анатолий Алексеевич Коваль

инженер кафедры информационных образовательных технологий и систем, Луганский государственный педагогический университет (Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)
E-mail: navigatorsystem@yandex.ru

Anatoliy A. Koval

Engineer of the sub-department of information educational technologies and systems, Lugansk State Pedagogical University (2 Oboronnaya street, Lugansk, Russia)

Денис Алексеевич Капустин

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных образовательных технологий и систем, Луганский государственный педагогический университет (Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)
E-mail: kap-kapchik@mail.ru

Denis A. Kapustin

Doctor of technical sciences, associate professor, head of the sub-department of information educational technologies and systems, Lugansk State Pedagogical University (2 Oboronnaya street, Lugansk, Russia)

Геннадий Викторович Короп

кандидат технических наук, доцент,
ведущий системный аналитик отдела развития
и разработки информационных систем службы
информационных технологий,
ООО «Авиакомпания Волга-Днепр»
(Россия, г. Москва, Международное шоссе,
28Б, стр. 3)
E-mail: korop_g@mail.ru

Светлана Владимировна Онопченко

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры информационных
образовательных технологий и систем,
Луганский государственный
педагогический университет
(Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)
E-mail: osv260176@rambler.ru

Роман Николаевич Сентяй

старший преподаватель кафедры информационных
образовательных технологий и систем,
Луганский государственный
педагогический университет
(Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)
E-mail: sentyayroman@yandex.ru

Gennady V. Korop

Candidate of technical sciences,
associate professor, leading systems analyst
of the department of development and information
systems of the information technology service,
LLC "Volga-Dnepr Airlines"
(build. 3, 28B Mezhdunarodnoye highway,
Moscow, Russia)

Svetlana V. Onopchenko

Candidate of pedagogical sciences, associate professor,
associate professor of the sub-department
of information educational technologies and systems,
Lugansk State Pedagogical University
(2 Oboronnaya street, Lugansk, Russia)

Roman N. Sentyay

Senior lecturer of the sub-department of information
educational technologies and systems,
Lugansk State Pedagogical University
(2 Oboronnaya street, Lugansk, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 21.11.2024

Поступила после рецензирования / Revised 18.12.2024

Принята к публикации / Accepted 12.01.2025