

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.78.072

DOI 10.34131/MSF.21.4.5-16

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Б.А. Наумов, В.П. Хрипунов, Ю.Б. Сосюрка

Докт. техн. наук, доцент Б.А. Наумов; канд. техн. наук,
доцент В.П. Хрипунов; канд. техн. наук, доцент Ю.Б. Сосюрка
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассматриваются основные положения концепции создания многофункционального тренажерного комплекса. Обоснованы предпосылки создания на базе технических средств подготовки космонавтов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» многофункционального тренажерного комплекса. Представлены цели, задачи и основные положения создания многофункционального тренажерного комплекса. Показаны основные принципы, на которых базируется создание данного комплекса.

Ключевые слова: тренажерный комплекс, комплекс тренажеров, интеграция, технические средства подготовки космонавтов.

Conceptual Issues of Creating a Multifunctional Simulation Complex. B.A. Naumov, V.P. Khripunov, Yu.B. Sausyurka

The paper discusses conceptual issues, goals and objectives of creating a multifunctional simulation complex. The idea of creating the multifunctional simulation complex on the basis of the Gagarin CTC's technical means for cosmonaut training is substantiated. The basic principles of the development of this complex are shown as well.

Keywords: simulation complex, training facilities, integration, technical means for cosmonaut training.

Одним из условий эффективного управления сложными динамическими объектами, человеко-машинными системами и технологическими комплексами, а также обеспечения их грамотной эксплуатации является специальная высокопрофессиональная подготовка персонала (операторов, экипажей, команд). Особые требования предъявляются к персоналу, который обеспечивает управление воздушным движением, космическими аппаратами, самолетами, вертолетами, морскими надводными и подводными кораблями, сухопутной

боевой техникой, железнодорожными и транспортными средствами, энергосистемами, сложными и опасными технологическими процессами [1].

Обучение оператора на тренажере обычно бывает более эффективным, чем обучение на реальном объекте. При использовании тренажеров в несколько раз сокращается стоимость и время подготовки оператора к практической деятельности, экономятся ресурсы штатных объектов, снижаются риски и негативные последствия, связанные с неправильными действиями неопытных операторов. При использовании тренажеров появляется возможность многократно моделировать без риска катастрофы, различные критические и аварийные ситуации, которые воспроизвести на реальном объекте практически невозможно.

В осуществлении пилотируемых космических полетов тренажерная техника играет особую роль. Тренажеры и моделирующие стенды являются единственными в условиях Земли средствами для практического обучения и отработки космонавтами навыков и умений управления системами пилотируемых космических аппаратов, а также для проверки готовности экипажей к выполнению программ полетов. На заключительном этапе подготовки космонавтов тренировки на космических тренажерах занимают до 70 % от общего времени обучения [2].

Для выполнения программы полета создается комплекс технических средств подготовки космонавтов (ТСПК), который должен перекрывать своими функциональными возможностями весь спектр задач, решаемых экипажем. При этом комплекс технических средств подготовки космонавтов рассматривается не как изолированная и замкнутая система, а как одна из основных составных частей российской системы подготовки космонавтов.

Необходимо отметить особенности подготовки космонавтов и космического тренажеростроения, которые состоят в следующем:

- только в пилотируемой космонавтике тренажеры создаются параллельно с созданием опытного летного образца с опережением его создания на время, достаточное для обеспечения подготовки;

- только в пилотируемой космонавтике экипажи после подготовки на тренажерах выполняют реальный космический полет (в других областях человеческой деятельности первые полеты, первые выходы в море и т.д. осуществляются под контролем инструктора);

- процесс создания и эксплуатации ТСПК показывает, что комплекс ТСПК на протяжении своего жизненного цикла постоянно подвержен доработкам, модернизации и функциональному расширению. При этом весь комплекс работ жизненного цикла ТСПК проходит на фоне непрерывно проводимых тренировок. Это принципиальное отличие космических тренажеров от тренажеров других сложных динамических систем [2].

Технические средства подготовки космонавтов являются уникальными, сложными и дорогостоящими системами, создание которых представляет собой длительный процесс.

Созданные по различным космическим программам комплексы ТСПК позволили обеспечить успешное выполнение космических полетов. Однако необходимо отметить, что формирование данных комплексов проводилось эвристическими методами. Опытный путь синтеза и разработки тренажеров, по мнению академика А.А. Красовского [3], весьма дорого обходится и приводит к крупным просчетам и потерям. Новые тенденции создания и развития обучающих систем и тренажеров только усиливают необходимость применения новых подходов в космическом тренажеростроении. Проведенный системный анализ созданных в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) ТСПК показывает разобщенность головных разработчиков ТСПК в подходах к созданию космических тренажеров. Эти работы ведутся разрозненно, т.к. отсутствует единая методология и увязка этих работ. В результате резко снижаются возможности по стандартизации и унификации технических средств подготовки и обучения. В настоящее время эмпирический путь синтеза ТСПК крайне трудоемкий, дорогой и несовершенный, к сожалению, преобладает и в мировой практике.

Современные подходы по формированию комплекса ТСПК, технологии его создания не позволяют в полной мере выполнять все требования, предъявляемые системой подготовки космонавтов к данному комплексу. Основными причинами этих противоречий является отсутствие единых подходов по формированию комплекса ТСПК, отсутствие единых требований ко всем элементам комплекса, отсутствие эффективной технологии его создания [4].

В интересах рационального использования выделяемых ресурсов, исключения неоправданного дублирования работ, необоснованного расширения номенклатуры тренажерных средств проблемы развития ТСПК должны рассматриваться комплексно, с системных позиций, а создание ТСПК должно осуществляться на основе единой научно-технической политики и принципах программно-целевого планирования.

Предпосылки создания многофункционального тренажерного комплекса

Идеология создания многофункционального тренажерного комплекса является продолжением идей, заложенных еще при проектировании в ЦПК тренажно-моделирующего комплекса (70-е годы XX века), но на качественно новом уровне, новом витке технологий, программных и технических средств, определяющих сегодня облик распределенных вычислений, виртуализации ресурсов и всеохватывающего доступа к информации [5]. При этом необходимо учитывать следующее:

1. Начиная с 90-х годов XX века, наблюдается процесс «размывания» концепции создания в ЦПК тренажеров и тренажерных комплексов, разработанной и реализованной в 70–80-е годы XX века, отход от таких принципов

создания тренажеров и их составляющих частей, как унификация, стандартизация, модульность построения, одноразовое проектирование и т.д.

В силу этого в разрабатываемых тренажерах появилось неоправданное многообразие операционных систем, тренажерных оболочек, различных пользовательских и программных интерфейсов, устройств сопряжения с объектом, пультов контроля и управления, вычислительной техники. Это не только повышает стоимость создания и модернизации тренажеров, но и требует увеличения обслуживающего персонала, порождает ряд проблем, в том числе проблему разобщенности тренажеров в информационном отношении, утрату системности в создании и развитии ТСПК в ЦПК. Чем больше становится ТСПК, тем больше дает о себе знать проблема, связанная с необходимостью модернизации и дальнейшего развития ТСПК ЦПК путем создания на их базе многофункционального тренажерного комплекса.

2. Создание, дальнейшее развитие и модернизация ТСПК должны осуществляться при применении появившихся в последнее время новых информационных технологий, технических и программных средств, позволяющих не только совершенствовать отдельные системы и блоки тренажеров, но и интегрировать их между собой и с другими программно-техническими средствами, используемыми, например, при общекосмической подготовке.

Сегодня с появлением и развитием информационных и web-технологий, дистанционного обучения, широкого внедрения беспроводного и мобильного контента, параметры построения ТСПК также требуют пересмотра концептуальных основ создания тренажерных комплексов и тренажеров [6].

3. В связи со значительным ростом полетных операций, выполняемых экипажами на российском сегменте Международной космической станции (РС МКС), увеличением числа комплексных полетных операций, требующих подготовки космонавтов к совместному выполнению полетных операций, требуется создание такой структуры тренажерных комплексов, которая позволяла бы обеспечивать взаимодействие экипажей, выполняющих тренировки на различных тренажерах.

4. Новые космические программы, связанные с освоением Луны, Марса, требуют создания таких многофункциональных тренажерных комплексов (МТК), которые позволяли бы в режиме опережения осуществлять на их базе отработку принципов, технологий, методик подготовки космонавтов к совместной деятельности космонавтов на других планетах.

При проектировании и разработке МТК должны быть использованы принципы модульного построения систем, входящих в состав тренажеров, должно осуществляться одновременное функционирование различных тренажеров с совместным использованием ресурсов коллективного пользования, обеспечивая при этом гибкость конфигурирования тренировочных сессий и простоту наращивания комплекса.

Многофункциональный тренажерный комплекс – это совокупность логически связанных методических, учебных, технических, программно-ма-

тематических, информационных и организационных средств подготовки космонавтов, интегрированных в единое целое посредством современных унифицированных аппаратных и программных технологий для решения всего спектра актуальных задач на существующих и перспективных ТСПК ЦПК.

Цели, задачи и основные положения создания многофункционального тренажерного комплекса

Цель разработки и создания многофункционального тренажерного комплекса – обеспечить новый уровень качества подготовки космонавтов, повысить эффективность использования и эксплуатации программно-технических средств, в том числе снизить стоимость их создания, модернизации и эксплуатации, сократить энергопотребление, обеспечить единство интерфейсов обмена данными и использование новых технологий на всех этапах подготовки.

Только эффективный симбиоз самых современных информационных технологий, единых сред разработки и функционирования программного обеспечения, а также актуальных задач подготовки космонавтов сможет обеспечить прорыв в реализации сложных распределенных тренажерных комплексов, тренажеров и систем обучения для космонавтов. Синтез передовых информационных технологий, актуальных проблем и текущих задач подготовки космонавтов позволит создать теоретические, а потом и практические основы проектирования многофункционального тренажерного комплекса нового поколения.

Опыт создания в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина тренажерных комплексов наглядно показал, что тренажер должен рассматриваться не как жесткая замкнутая система, как это имеет место при создании автономных тренажеров, а как совокупность унифицированных аппаратных и программных модулей со стандартными интерфейсами и связями между ними [5].

Отличительными характеристиками многофункционального тренажерного комплекса является применение особых технологий, обеспечивающих информационное, аппаратное и программное сопряжение тренажерных средств, многократное, экономически рентабельное использование ресурсов, возможность постоянной модернизации тренажеров и расширение их состава.

Многофункциональный тренажерный комплекс ТСПК – это сложный программно-технический обучающий комплекс, объединяющий в едином информационном пространстве все тренажерные средства и обеспечивающий все основные аспекты технической подготовки космонавтов. Интеграция ТСПК является, в той или иной степени, двусторонним процессом, предполагающим как перестройку сложившейся системы управления, так и адаптацию новых технических решений.

В рамках предлагаемой концепции под интеграцией ТСПК понимается рациональное объединение разнообразных технических средств подготовки космонавтов в единый, совместно функционирующий комплекс.

Интеграция ТСПК в данной постановке представляет собой также обобщение методов и средств, используемых при разработке тренажеров с целью создания технологий, обеспечивающих расширение и углубление круга решаемых задач и при этом уменьшение количества типов программно-технических комплексов и разновидностей программно-методических комплексов.

Основные цели разработки многофункционального тренажерного комплекса

Разработка интегрированного многофункционального тренажерного комплекса направлена на реализацию следующих целей:

- создание единой целостной среды обучения космонавтов на ТСПК;
- построение ТСПК на основе сбалансированного сочетания тренажерных средств теоретической и практической составляющих подготовки космонавтов;
- обеспечение повышения степени унификации ТСПК на основе сравнения различных вариантов технических решений и их влияния на качество подготовки космонавтов;
- создание гибкой адаптируемой среды тренажерного комплекса, соответствующей современному уровню развития космического тренажеростроения и отражающей опыт внедрения инновационных технологий.

Основные задачи разработки многофункционального тренажерного комплекса

Указанные выше цели при создании многофункционального тренажерного комплекса достигаются за счет решения следующих задач:

- интеграция программно-технических средств подготовки космонавтов в единое целое;
- создание единого, гибкого, открытого, глубоко интегрированного многофункционального обучающего технического комплекса для подготовки космонавтов к выполнению космических программ;
- обеспечение эффективного взаимодействия составных частей тренажерного комплекса;
- внедрение новых образовательных технологий, интегрированных средств обучения космонавтов, инструкторов и инженерного персонала.

Основные положения, определяющие направления интеграции технических средств подготовки космонавтов

Основными положениями, определяющими направления интеграции ТСПК, являются:

1. Использование комплексного подхода к решению проблемы создания многофункционального тренажерного комплекса на основе единой

научно-технической политики и принципов программно-целевого планирования.

2. Комплексная информатизация и автоматизация деятельности ЦПК, охватывающая все основные сферы его деятельности и совместное использование тренажерных средств на основе создания единой информационно-вычислительной сети.

3. Использование новых достижений в области информационных технологий обработки, хранения и активации данных для решения задач более полного и адекватного моделирования условий работы космонавтов в космосе и на поверхности планет, в частности, для полного погружения обучаемого в моделируемую среду с применением технологий виртуальной реальности и стереосистем отображения информации.

4. Использование современных образовательных технологий и методов обучения, обеспечивающих предъявление учебной информации в наглядном, интуитивно понятном виде, контроль уровня его усвоения, органическое сочетание изучаемых теоретических положений с умением применять их на практике.

5. Многофункциональное применение одних и тех же средств и систем для решения различных задач на разных этапах обучения.

6. Открытость архитектуры системы, способность ее к функциональному наращиванию и интеграции в нее вновь создаваемых систем и комплексов.

7. Широкое использование технических и учебно-методических материалов по системам пилотируемых космических аппаратов (ПКА), создаваемых предприятиями отрасли, на основе использования информационных каналов телекоммуникационной связи.

8. Сохранение общей методики, принципов организации подготовки космонавтов и построения ТСПК (принципов унификации и модульности, коллективного использования дорогостоящих ресурсов, распределенной сетевой обработки информации в реальном масштабе времени).

9. Сохранение и развитие принципов создания учебно-тренировочных средств подготовки космонавтов, основанных на сочетании технических технологий и технологий виртуальной реальности, обеспечивающее сокращение стоимости и сроков создания ТСПК.

10. Повышение качества и расширение учебно-методических и дидактических возможностей подготовки космонавтов за счет активного внедрения технологий виртуальной реальности на всех этапах подготовки.

При этом рабочие места тренажеров, органы управления ПКА, их интерфейс должны представлять собой аналог ПКА.

11. Модернизация существующих систем: системы формирования первичных навыков профессиональной деятельности, системы профессионально-технической подготовки космонавтов, системы моделирования условий и факторов космического полета, системы обеспечения медико-биологической подготовки.

12. Создание корпоративной информационной системы ЦПК, автоматизированной системы планирования и контроля подготовки космонавтов и создание новой автоматизированной системы управления процессом подготовки космонавтов.

13. Эффективное использование учебных, методических и технических средств ЦПК для осуществления непрерывного образования школьников, студентов и молодых специалистов с целью их практико-ориентированной подготовки к работе на предприятиях, в организациях и учреждениях аэрокосмической отрасли, для предоставления им широких возможностей ознакомления с историей и достижениями отечественной и мировой космонавтики.

Рассмотренные цели, задачи и основные положения создания МТК являются основополагающими для формулирования основных принципов построения многофункционального тренажерного комплекса.

Основные принципы построения многофункционального тренажерного комплекса

Принципы построения многофункционального тренажерного комплекса определяют необходимые условия успешной интеграции ТСПК. Эти принципы можно рассматривать как наиболее общие методологические требования к МТК в процессе его создания и функционирования.

1. Принцип модульности и унификации. Согласно этим принципам тренажер следует рассматривать как совокупность соответствующим образом построенных унифицированных аппаратных и программных модулей и специализированных модулей со стандартными интерфейсами и связями между ними.

2. Принцип соответствия технико-методических возможностей технических средств подготовки космонавтов задачам подготовки космонавтов.

Формирование состава комплекса ТСПК должно происходить за счет покрытия пространства задач подготовки космонавтов функциональными возможностями тренажерных средств. Типы тренажерных средств и их технико-эксплуатационные характеристики определяются исходя из методических требований системы подготовки космонавтов. Состав и способы построения ТСПК определяются таким образом, чтобы с одной стороны, обеспечить должный уровень подготовки, а с другой стороны, достичь минимальной стоимости и максимальной эффективности применяемых средств.

3. Принцип структурной организации – подразумевает два вида организации систем тренажера. Автономные тренажеры и тренажеры, функционирующие в составе тренажерных комплексов.

4. Принцип централизации. Основные ТСПК должны быть сосредоточены в Центре подготовки космонавтов. Это позволит минимизировать время и средства, выделяемые на подготовку.

5. Принцип коллективного использования подсистем тренажеров. Это позволяет использовать наиболее сложные и дорогостоящие подсистемы одного тренажера в интересах других тренажеров.

6. Принцип повторного использования технических решений. Этот принцип позволяет сократить стоимость новых разработок за счет повторного использования ранее обоснованных и опробованных проектных решений, алгоритмов и программных средств.

7. Принцип гарантированной пропускной способности тренажера (тренажерного комплекса). Необходимая пропускная способность тренажера обеспечивается за счет создания нескольких тренажеров определенного типа.

8. Принцип наращиваемости (непрерывной модификации) – этот принцип заключается в том, что по мере развертывания орбитальных комплексов на околоземной орбите за счет выведения и пристыковки новых модулей, в состав тренажерного комплекса вводится соответствующий тренажер. Наращиваемость обеспечивается благодаря принципам модульности и унификации, принципу информационной связанности компонентов тренажеров и принципу стандартизации общей технологической базы (магистрально-модульные системы на базе открытых стандартов), на основе которых проектируются тренажерные комплексы. Этот принцип позволяет модернизировать тренажеры в соответствии с изменениями, происходящими на борту орбитального комплекса.

9. Принцип информационной связанности компонентов тренажеров обеспечивает взаимодействие всех компонентов МТК в едином информационном поле.

10. Принцип соответствия ТСПК реальному (штатному) ПКА на текущий момент его полета обеспечивает подготовку космонавтов на своевременно доработанных ТСПК с учетом изменений в бортовых системах, научном оборудовании и конструкции космического аппарата.

11. Принцип адекватности ТСПК штатному ПКА обеспечивает подготовку космонавтов в условиях, близких к реальным условиям полета ПКА (по интерьеру, составу оборудования, атмосфере, представляемой информации, физиологическим ощущениям и др.).

12. Принцип системности – решение задач на основе единого методологического замысла создания и эксплуатации ТСПК.

13. Принцип комплексности – интеграция ТСПК в единую дидактическую и информационно связанную систему, что позволит оптимизировать ее состав и конкретизировать задачи; обеспечивает полное воспроизведение условий полета ПКА и элементов деятельности космонавтов.

14. Принцип декомпозиции условий полета ПКА и элементов деятельности космонавтов позволяет выделить отдельные их составляющие с целью детального воспроизведения и отработки действий космонавтов в наземных условиях на ТСПК.

Состав многофункционального тренажерного комплекса

В состав многофункционального тренажерного комплекса целесообразно включить:

- действующие тренажеры ЦПК имени Ю.А. Гагарина;
- тренажеры для подготовки космонавтов к работе на новом транспортном космическом корабле и новых модулей РС МКС;
- тренажеры для размещения на космодроме «Восточный»;
- вновь создаваемые тренажеры;
- автоматизированную систему планирования и контроля подготовки космонавтов;
- молодежный образовательный «Космоцентр».

Ожидаемые результаты

В соответствии с предлагаемой концепцией, учебно-методическая и техническая базы Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина строятся как единая интегрированная автоматизированная система методологического, информационного, математического, программного, организационного и технического обеспечения, объединенная в единый сетевой программно-технический комплекс, сочетающий в себе универсальность исследований, вариативность, комплексность исследования как на натуральных и полунатурных тренажерах, так и на имитаторах и на математических моделях.

Создание многофункционального тренажерного комплекса ТСПК должно позволить:

- провести поэтапную унификацию однотипных функциональных подсистем существующих технических средств подготовки космонавтов;
- создать единый, открытый комплекс унифицированных функциональных подсистем ТСПК, рекомендуемых к применению при создании всей номенклатуры технических средств подготовки космонавтов к полетной деятельности на перспективных ПКА;
- объединить технические средства на единой методологической, технической и организационной основе.

МТК как единый, открытый, многофункциональный комплекс должен обеспечить внедрение новой архитектуры построения ТСПК для перспективных ПКА с использованием преимущественно цифровых и беспроводных технологий, а также более высокий уровень функциональности для космонавтов, инструкторов и инженерного персонала.

МТК позволит всем разработчикам создавать ТСПК на единых принципах с использованием типовых программно-аппаратных платформ, унифицированных для однотипных функциональных подсистем, входящих в комплекс. Он позволит также создать единую для всех разработчиков информационную среду разработки и создания ТСПК, в том числе единый банк исходных данных и программно-математического обеспечения моделей

бортовых систем, моделей движения ПКА и других программных моделей (в виде исходных текстов и библиотек).

МТК должен стать основой для поэтапной модернизации действующих ТСПК ЦПК имени Ю.А. Гагарина в направлении унификации их функциональных подсистем. С другой стороны, на базе элементов комплекса могут строиться ТСПК для подготовки космонавтов к работе на транспортном пилотируемом корабле нового поколения, новых модулях РС МКС, а также ТСПК, которые планируются к размещению на космодроме «Восточный».

Выводы

1. Цель разработки и создания многофункционального тренажерного комплекса – обеспечить новый уровень качества подготовки космонавтов, повысить эффективность использования и эксплуатации программно-технических средств, в том числе снизить стоимость их создания, модернизации и эксплуатации, сократить энергопотребление, обеспечить единство интерфейсов обмена данными и использование новых технологий на всех этапах подготовки.

2. Отличительными характеристиками многофункционального тренажерного комплекса является применение особых технологий, обеспечивающих информационное, аппаратное и программное сопряжение тренажерных средств, многократное, экономически рентабельное использование ресурсов, возможность постоянной модернизации тренажеров и расширение их состава.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов [и др.]; под ред. В.Е. Шукшунова. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с.
- [2] Наумов Б.А. Космические тренажеры / Б.А. Наумов. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013. – 214 с.
- [3] Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров / А.А. Красовский. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
- [4] Наумов Б.А., Хрипунов В.П. Основные подходы к созданию и эксплуатации комплекса технических средств подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 2(11). – С. 30–34.
- [5] Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. Концептуальные основы разработки и создания учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения // Программные продукты и системы. – 2015. – № 4. – С. 5–15.
- [6] Основы анализа и проектирования ИТ-инфраструктуры для интегрированного тренажерного комплекса подготовки космонавтов / Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В., Харламов М.М., Хрипунов В.П., Наумов Б.А., Ковригин С.Н. // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 3(28). – С. 65–82.

REFERENCES

- [1] Simulators and Simulation Complexes. Design Techniques and Operating Experience / V.E. Shukshunov [et al]; Edited by V.E. Shukshunov. – Moscow: Mashinostroyenie Publ., 2005. – p. 384.
- [2] Naumov B.A. Space simulators / B.A. Naumov. – Star City: Yu.A. Gagarin CTC, 2013. – p. 214.
- [3] Krasovskiy A.A. Theoretical Foundations of Flight Simulators / Krasovskiy A.A. – Moscow: Mashinostroyenie Publ., 1995. – p. 304.
- [4] B.A. Naumov, V.P. Khripunov. Basic Approaches to the Creation and Operation of the Technical Facilities for Cosmonaut Training // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2014. – No 2(11). – pp. 30–34.
- [5] Shukshunov V.E., Yanyushkin V.V. Conceptual Framework for Development of the Next-generation Educational Training and Simulation Complex // International Research and Practice Journal “Software & Systems”. – 2015. – No 4. – pp. 5–15.
- [6] Basics of the Analysis and Designing of IT-infrastructure for the Integrated Simulator Complex of Cosmonaut Training / Shukshunov V.E., Yanyushkin V.V., Kharlamov M.M., Khripunov V.P., Naumov B.A., Kovrigin S.N. // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2018. – No 3(28). – pp. 65–82.