



Технические средства подготовки космонавтов: вчера, сегодня, завтра



В.Е. Шукшунов, В.В. Янюшкин

Технические средства подготовки космонавтов: вчера, сегодня, завтра

В.Е. Шукшунов, В.В. Янюшкин

Ш-95 **Технические средства подготовки космонавтов: вчера, сегодня, завтра.** − Ростов н/Д: ГинГо, 2014. − 64 с.

ISBN 978-5-88616-044-4

В докладе приводится краткий исторический обзор космического тренажеростроения, вводится понятие интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса (УТМК) нового поколения для подготовки космонавтов, обосновываются причины его создания, структура, а также состав программных и технических средств. Обсуждены проблемы существующих технических средств подготовки космонавтов, отмечено то, что должно остаться при переходе к УТМК, что должно быть устранено как морально и физически устаревшее, а также состав инновационных решений и технологий, на базе которых осуществляется разработка и создание УТМК.

ISBN 978-5-88616-044-4

Об авторах



Валентин Ефимович Шукшунов — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации (РФ), лауреат Государственной премии в области науки и техники РФ.

С 1973 по 1988 гг. — директор — главный конструктор Особого конструкторско-технологического бюро «Орбита» при Новочеркасском политехническом институте; с 1981 по 1988 гг. — ректор Новочеркасского политехнического института; с 1988 по 1992 гг. — заместитель председателя Госкомитета СССР по на-

родному образованию; с 1990 г. по настоящее время — президент Ассоциации «Технопарк»; с 1992 г. по настоящее время — президент Международной академии наук высшей школы (МАН ВШ); с 1993 г. по настоящее время — генеральный директор — главный конструктор Центра тренажеростроения и подготовки персонала; с 1996 по 2003 гг. — Советник Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ по вопросам образования и науки; с 1999 по 2008 гг. — президент ЮРГТУ (НПИ); с 2003 по 2007 гг. — помощник депутата Государственной Думы Федерального Собрания РФ по вопросам образования и науки.

В.Е. Шукшунов – автор более 300 печатных работ, в том числе 15 монографий, острых полемических статей по проблемам современного образования, науки и инновационной деятельности.



Вадим Вадимович Янюшкии – кандидат технических наук, начальник отдела Донского филиала Центра тренажеростроения (ДФЦТ).

В 2010 году защитил диссертацию на тему «Математические модели оптимизации распределенных информационных систем тренажёрно-моделирующих комплексов» по специальности – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», имеет два высших образования по специальностям «Автоматизированные системы обработки информации и управления» и «Прикладная информатика в экономике».

С 2007 по 2010 гг. – инженер-программист отдела систем виртуальной реальности (СВР) ДФЦТ; с 2011 по 2012 гг. – начальник сектора отдела СВР; с 2013 г. по настоявшее время – начальник отдела перспективных технологий разработки тренажёрно-моделирующих комплексов, образовательных космоцентров и систем обучения персонала.

С 2013 г. но настоящее время под руководством В.В. Янюшкина выполняются работы по созданию корпоративного центра обработки данных на основе современных программных и аппаратных средств, разработке набора перспективных стендов, модернизации космоцентра «Астрон» (г. Новочеркасск) и отработке технологий виртуализации рабочих мест.

В.В. Янюшкин – автор более 45 печатных работ, в том числе 3 монографий.

Содержание

1. Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина –
гордость России
2. Вклад Центра тренажеростроения и подготовки пер-
сонала в разработку, создание и модернизацию техни-
ческих средств подготовки космонавтов в ЦПК имени
Ю.А. Гагарина
3. Обоснование необходимости модернизации технических
средств подготовки косомнавтов в ЦПК имени Ю.А. Гага-
рина. Создание учебно-тренажерно-моделирующего ком-
плекса нового поколения
4. Методология модернизации технических средств подго-
товки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина20
5. Основы концепции и проектирования учебно-тренажер-
но-моделирующего комплекса нового поколения
6. Инновационные технологии, применяемые при раз-
работке и создании учебно-тренажерно-моделирующего
комплекса нового поколения в ЦПК имени Ю.А. Гагарина 36
7. Интеграция технических средств подготовки космонав-
тов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина в единый учебно-трена-
жерно-моделирующий комплекс нового поколения43
8. Экспериментальная проверка основных концептуальных
решений создания единого интегрированного УТМК в ЦПК
имени Ю.А. Гагарина. Основные выводы

1. Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина – гордость России

Пятьдесят четыре года успешно действует единственный в нашей стране Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, он является гордостью России, выражением одного из выдающихся достижений страны, обеспечивающий подготовку космонавтов самого высокого уровня. Эта подготовка космонавтов не уступает, а даже превосходит подготовку астронавтов в зарубежных центрах, например, в США.

Неизменно высокое качество подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина определяется рядом факторов, основными из которых являются: высококвалифицированный персонал, осуществляющий всестороннюю подготовку космонавтов; разработанные в центре методики, программы и образовательные технологии, которые не имеют аналогов в мире для подготовки космонавтов; учебно-методическое обеспечение и, безусловно, технические средства подготовки космонавтов (ТСПК).

В ЦПК имени Ю.А. Гагарина свято сохраняются традиции: разработчики программ, учебно-методических материалов, методик обучение, технических средств подготовки космонавтов не имеют право на ошибки, которые могут привести к привитию космонавтам ложных навыков.

Нельзя не отметить, что разработчики и специалисты по подготовке космонавтов являются людьми не только высокой квалификации, но и людьми высокой нравственности, людьми честными и порядочными, людьми, не способными пойти на сделку со своей совестью. Такой персонал работает в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, такие люди работают много-много лет с

ЦПК имени Ю.А. Гагарина, создавая его учебную, тренажёрную, научно-исследовательскую, испытательную, информационную базу.

Хорошей традицией ЦПК имени Ю.А. Гагарина также является следующее: иметь в центре, несмотря ни на какие обстоятельства, технические средства подготовки космонавтов самого высокого уровня, которые базируются при создании на самых современных технологиях, на самой передовой технике, на самых новейших достижениях фундаментальной науки.

Именно этим объясняется тот факт, что в 70-е годы XX века в ЦПК имени Ю.А. Гагарина родилась смелая, революционная идея, были проведены научно-исследовательские работы, направленные на обоснование создания тренажёрно-моделирующего комплекса (ТМК) для подготовки космонавтов. Суть идеи - создать единый тренажёрный комплекс вместо комплекса автономных тренажёров, обеспечив тем самым существенное сокращение затрат путём доступа и коллективного использования ряда дорогостоящих, уникальных программно-технических модулей, таких как система имитации внешней визуальной обстановки (СИВО), пульт контроля и управления тренировками (ПКУ), вычислительная техника, устройства сопряжения с объектами (УСО), система электропитания (СЭП), системы связи, специальное математическое обеспечение (СМО) в различных тренажёрах. Тогда два наших коллектива – ЦПК имени Ю.А. Гагарина (ныне ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина») и ОКТБ «Орбита» (ныне Центр тренажеростроения и подготовки персонала – ЦТиПП) объединили свои интеллектуальные, научные, кадровые и организационные потенциалы и успешно решили проблему разработки и создания в ЦПК имени Ю.А. Гагарина ТМК, тренажёрных комплексов и систем, комплексных и специализированных тренажёров, функционирующих в составе этого комплекса.

Нельзя не отметить большую и важную роль, которую сыграло СОКБ ЛИИ МАП (в настоящее время НИИ АО) как первопроходцев в создании в ЦПК имени Ю.А. Гагарина комплексных тренажёров транспортных космических кораблей «Союз». Этот коллектив на 15 лет раньше нашего коллектива начал разрабатывать комплексные тренажёры транспортных космических кораблей и эффективно работает в этой сфере более 50 лет.

В нашей стране в последние десятилетия XX века и начала XXI века произошёл обвал экономики, науки, образования, практически произошла деиндустриализация России, но ЦПК имени Ю.А. Гагарина оставался как бы заповедным местом, которого не коснулся в сильной степени разрушительный ураган, пронёсшийся над нашей страной.

Наоборот, в те тяжелейшие 90-е годы прошлого века в ЦПК имени Ю.А. Гагарина стал строиться с участием ЦТиПП новый, четвёртый тренажёрный комплекс Российского сегмента международной космической станции (МКС), который обеспечил подготовку космонавтов и астронавтов, как к самым первым, так и ко всем последующим полётам экипажей к МКС.

2. Вклад Центра тренажеростроения и подготовки персонала в разработку, создание и модернизацию технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Деятельность коллектива ЦТиПП вот уже 40 лет неразрывно связана с ЦПК имени Ю.А. Гагарина в сфере разработки, создания, модернизации и сопровождения широкого спектра тренажёров для подготовки космонавтов, а в последнее время – с созданием молодёжных образовательных космоцентров.

За время своего существования Центр тренажёростроения сформировался в крупную компанию. Он с первого дня своей деятельности является головной организацией по созданию космических тренажёров и это лидерство никому не уступал.

По масштабу своей деятельности в области космического тренажёростроения, спектру создаваемых космических тренажёров, по вкладу в развитие научных основ, разработки принципов, технологий и структур создания космических тренажёров, по количеству созданных и эксплуатируемых тренажёрных комплексов и тренажёров для подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина ему нет равных в России.

Как принято сейчас говорить, Центр тренажёростроения и подготовки персонала остро заточен на космическое тренажёростроение, на создание других технических и программных средств подготовки космонавтов.

Основной вклад нашего коллектива в создание тренажёрной базы ЦПК имени Ю.А. Гагарина заключается в создании четырёх поколений тренажёрных комплексов, позволивших реализовать три национальные и международные программы пилотируемой космонавтики.

Это – тренажёрный комплекс «Белладонна», включающий в свой состав комплексный тренажёр космической станции «Салют» и специализированный тренажёр сближения, причаливания и стыковки транспортного космического корабля «Союз», комплекс, который обеспечил подготовку космонавтов по программе «Долговременная орбитальная станция» (ДОС) «Салют» (1979 – 1986 гг.) и обеспечил отработку основных принципов разработки и создания последующих более масштабных тренажёрных комплексов.

Это – тренажёрный комплекс «Ермак», включающий в свой состав 11 комплексных и специализированных тренажёров Орбитального комплекса «Мир» (ОК «Мир»), который обеспечил подготовку 62 экипажей космонавтов и астронавтов по программам; ОК «Мир»; «Мир-НАСА», «Мир-Шаттл» (1986-2001 гг.).

Это — тренажёрный комплекс «Ермак-35», который предназначался для подготовки экипажей космонавтов по программе «Буран» (1983-1992 гг.).

Это — тренажёрный комплекс, в состав которого на сегодня входят 12 комплексных и специализированных тренажёров, на базе которых в ЦПК ведётся подготовка экипажей космонавтов и астронавтов по программе «Международная космическая станция» (1994 г. — по настоящее время). К 1.10.2014 г. на базе этого тренажёрного комплекса подготовлено 84 экипажа космонавтов и астронавтов.

В состав перечисленных выше комплексов вошли более 30 комплексных и специализированных тренажёров, созданных нашим коллективом.

Дважды коллектив сотрудников Центра тренажёростроения и подготовки персонала отмечался высокими государственными наградами: Государственной премией СССР в области науки и техники (1987 г.) и Государственной премией Российской Федерации в области науки и техники (2004 г.).

Самой высокой наградой для разработчиков космических тренажёров является признание космонавтами того факта, что космические тренажёры и тренажёрные комплексы, эксплуатируемые в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, являются тренажёрами, которые по всем параметрам не уступают зарубежным (американским) космическим тренажёрам. Они наиболее полно соответствуют космическим кораблям и станциям.

Космические тренажёры и комплексы — это составная, важная часть пилотируемой космонавтики. На них космонавты в ЦПК имени Ю.А. Гагарина учатся на земле летать в космос. Вот почему космические тренажёры отличаются высокой степенью адекватности реальным пилотируемым космическим аппаратам. Они, по существу, являются интерактивными аналогами реальных космических кораблей и космических станций.

За 40 лет работы совместно с ЦПК имени Ю.А. Гагарина Центр тренажёростроения и подготовки персонала постоянно расширял сферу своей деятельности в области космического тренажёростроения. Сейчас эта сфера включает в себя, прежде всего, комплекс тренажёров (специализированных и комплексных) РС МКС; специализированные тренажёры сближения, причаливания и стыковки транспортного корабля «Союз-ТМА»; функционально-моделирующие стенды; виртуальный стенд МКС для предтренажной подготовки космонавтов; комплекс тренажёров для подготовки космонавтов к проведению экспериментов и выполнению научных исследований на борту МКС; тренажёры, обеспечивающие формирование безопорного пространства с пониженной гравитацией, предназначенные для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности на околоземной орбите на поверхности орбитальных модулей РС МКС.

В пастоящее время коллектив нашего Центра ведёт исследования, разработку и экспериментальную проверку, направленные на создание тренажёров, которые позволяют обеспечивать подготовку экипажей космонавтов к работе на поверхности Луны, Марса, астероидов. В последние пять лет коллектив ЦТиПП сотрудничает с РКК «Энергия» и Центром управления полётами, разрабатывая и создавая макеты новых кораблей и модулей МКС для отработки проектантами на ранней стадии проектирования новых

космических кораблей и модулей РС МКС, их эргономических характеристик, пультов и приборов, решения дизайнерских задач проектируемых пилотируемых космических кораблей. Нами разработаны макеты научно-энергетического модуля и в настоящее время разрабатывается и создается макет перспективного транспортного корабля (ПТК); модернизируется динамический стенд «Селен» для подготовки космонавтов к работе на поверхности Луны; создаётся многофункциональная система для подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности в условиях безопорного пространства и пониженной гравитации; создаются программно-технические средства отработки полётных операций, в том числе на базе комплексного моделирующего стенда (КМС) в РКК «Энергия», наземного комплекса отработки полётных операций (НКО) и функционально-моделирующих стендов подготовки специалистов Главной оперативной группы управления (ГОГУ).

Создаётся и уже внедрена в РКК «Энергия» автоматизированная система планирования полёта РС МКС; автоматизированная система поддержки принятия решения экипажем в аварийных ситуациях; многофункциональная информационная система поддержки деятельности экипажей, ориентированная на внедрение на борту РС МКС электронной бортовой документации; системы поддержки экипажа при загрузке и разгрузке грузовых и пилотируемых транспортных кораблей для обеспечения задач доставки грузов на РС МКС и утилизации отходов; разработка, создание и внедрение исследовательского комплекса «Виртуальное руководство» (ВИРУ) для проведения экипажем на борту РС МКС научных экспериментов (рис. 1).

Сотрудничество ЦТиПП с разработчиком космических кораблей РКК «Энергия» мы рассматриваем как важнейшую возможность углубления понимания моделируемых процессов, получение актуальной информации и конкретных исходных данных, необходимых для создания технических средств подготовки космонавтов.

Мы исходим из того, что многие результаты работ, которые выполнены ЦТиПП для РКК «Энергия», будут в ближайшее время использоваться и в создании ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Да и сами тесные деловые контакты разработчика космических тренажёров и ФМС с разработчиками пилотируемых космических аппаратов, со специалистами, которые отрабатывают полётные операции, безусловно будут способствовать повышению качества создаваемых тренажёров для подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

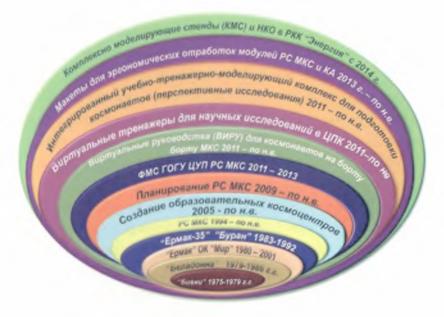


Рис. 1. Этапы разработки технических средств подготовки космонавтов в деятельности ЦТиПП

Только при теснейшем взаимодействии разработчиков космических тренажёров со специалистами РКК «Энергия» и специалистами ЦПК имени Ю.А. Гагарина можно успешно решать задачи, связанные с разработкой, созданием, модернизацией, сопровождением и эксплуатацией технических средств подготовки космонавтов.

3. Обоснование необходимости модернизации технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Создание учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения

Нельзя не отметить, что ЦПК имени Ю.А. Гагарина в отношении технических, учебно-методических средств подготовки космонавтов никогда не отставал от требований времени, никогда не отставал по их уровню и качеству от зарубежных аналогичных аппаратно-программных средств подготовки астронавтов.

Именно в силу этого побуждает нас задуматься над тем: «А не пора ли начинать серьёзную модернизацию технических средств подготовки космонавтов ЦПК им. Ю.А.Гагарина на основе создания интегрированного учебно-тренажёрно-моделирующего комплекса нового поколения (УТМК)»?

Один из крупнейших системотехников, американский учёный Стефорд Бир так сформулировал условия успеха и лидерства в области инновационной деятельности в научно-технической сфере: «Всё, что работает, уже устарело». Эта формула в полной мере применима к такой наукоёмкой и динамично развивающегося направления пилотируемой космонавтики, как технические средства подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

В силу этого мы убеждены, что постановка вопроса о модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина путём создания УТМК нового поколения является актуальным и своевременным.

Чем обусловлена такая постановка вопроса?

Первое. Начиная с 90-х годов XX века, наблюдается процесс «размывания» единой концепции создания в ЦПК имени Ю.А. Гагарина тренажёров и тренажёрных комплексов, разработанной и реализованной в 70-80-е годы XX века, отход от таких принципов создания тренажёров и их составляющих частей, как унификация, стандартизация, модульность построения, одноразовое проектирование и мпогократная модернизация космических тренажёров и т.д.

В силу этого в разрабатываемых тренажёрах появилось неоправданное многообразие операционных систем, многообразие тренажных оболочек, различных пользовательских и программных интерфейсов, устройств сопряжения с объектом, пультов контроля и управления тренировками, вычислительной техники. Это не только удорожает создание и модернизацию тренажёров, но и требует увеличения обслуживающего персонала, порождает ряд проблем, в том числе проблему разобщённости тренажёров в информационном отношении, утрату системности в создании и развитии технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

Чем больше становится технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, тем больше даёт о себе знать проблема, связанная с необходимостью модернизации и дальнейшего развития ТСПК в ЦПК путем создания на их базе единого интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения.

Второе. Создание, дальнейшее развитие и модернизация ТСПК должна осуществляться при применении появившихся в

последнее время новых информационных технологий, технических и программных средств, позволяющих не только совершенствовать отдельные системы и блоки тренажёров, но и интегрировать их как между собой, так и с другими программно-техническими средствами, используемыми, например, при общекосмической подготовке.

На сегодняшний день с появлением и развитием информационных технологий и web-технологий, дистанционного обучения, широкого внедрения беспроводного и мобильного контента, технологии построения ТСПК, архитектурные их решения также требуют пересмотра концептуальных основ создания тренажёрных комплексов и тренажёров в ЦПК имени Ю.А. Гагарина.

Третье. В связи со значительным ростом числа полётных операций, выполняемых экипажами космонавтов на Российском сегменте Международной космической станции (РС МКС), увеличением числа комплексных полётных операций, требующих подготовки космонавтов к совместному выполнению полётных операций, например, проведение научных экспериментов, внекорабельная деятельность космонавтов, требуется создание такой структуры тренажёрных комплексов, которая позволяла бы обеспечивать взаимодействие экипажей космонавтов, выполняющих тренировки на различных тренажёрах.

Четвёртое. В настоящее время становится очевидным, что обучение и профессиональная практическая подготовка специалистов как в университетах, так и в центрах подготовки специалистов, например, ЦПК имени Ю.А. Гагарина, тесно взаимосвязаны между собой, они протекают последовательно — параллельно, используют в большинстве своём одну и ту же информацию, одни и те же технические и программные средства, то есть информация, программные и технические средства для подготовки космонав-

тов как бы имеют двойное назначение – для общекосмической и профессиональной подготовки.

Всё это диктует необходимость интеграции программно-технических средств, используемых, с одной стороны, для образовательного процесса и, с другой стороны, для подготовки экипажей космонавтов на тренажёрах, тренажёрных комплексах, ФМС, в единый интегрированный УТМК.

Пятое. Новые космические программы, связанные с освоением Луны, Марса, полёт на астероиды, требует создания таких интегрированных учебно-тренажёрно-моделирующих комплексов, которые позволяли бы в режиме опережения осуществлять на их базе отработку принципов, технологий, методик подготовки экипажей космонавтов к коллективной (совместной) деятельности космонавтов на поверхности Луны, Марса или астероида. Для этого нужно разрабатывать тренажёрно-обучающие комплексы, которые позволяли бы решать эти задачи.

Шестое. Заявлено, что строящийся в нашей стране космодром «Восточный» будет иметь собственную учебную и тренажёрную базы, собственные средства общекосмической подготовки. В силу этого, проводя модернизацию технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина путём создания интегрированного учебно-тренажёрно-моделирующего комплекса на основе новых принципов, новых технологий, новых достижений фундаментальной науки, новых структурных решений, требуется иметь в виду применение результатов разработки УТМК для ЦПК имени Ю.А. Гагарина и для создания на космодроме «Восточный» учебно-тренажёрно-моделирующего комплекса нового поколения.

Седьмое. В перспективе отечественная пилотируемая космонавтика пополнится новым перспективным транспортным ко-

раблём (ПТК). Подготовка экипажей космонавтов к управлению этим кораблём потребует разработки и создания в составе УТМК принципиально нового тренажёрного комплекса, обеспечивающего подготовку экипажей к решению новых, сложных задач, диктующих более тесное взаимодействие в процессе тренировки между членами экипажа и другими экипажами. УТМК позволит обеспечить подготовку космонавтов на комплексе тренажёров к управлению перспективным транспортным кораблём.

4. Методология модернизации технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Более 34 лет назад вышло Постановление СМ СССР от 25.01.1980 о создании в ЦПК им. Ю.А.Гагарина тренажно-моделирующего комплекса (ТМК). Это была грандиозная задача, которая усилиями ЦПК имени Ю.А. Гагарина, ОКТБ «Орбита» – головная организация по созданию ТМК и её кооперация была успешно решена.

Сейчас речь идёт о создании в ЦПК имени Ю.А. Гагарина УТМК нового поколения, который, на наш взгляд, станет прообразом УТМК и для космодрома «Восточный». Решая задачу модернизации ТСПК в ЦПК им. Ю.А.Гагарина путём создания единого интегрированного УТМК, мы исходим из того, что ничего из ранее созданного в сфере ТСПК, особенно тренажёров, и обеспечивающего успешную подготовку космонавтов не подлежит замене. Это просто невозможно.

В связи с этим методология модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина заключается в следующем (рис. 2):

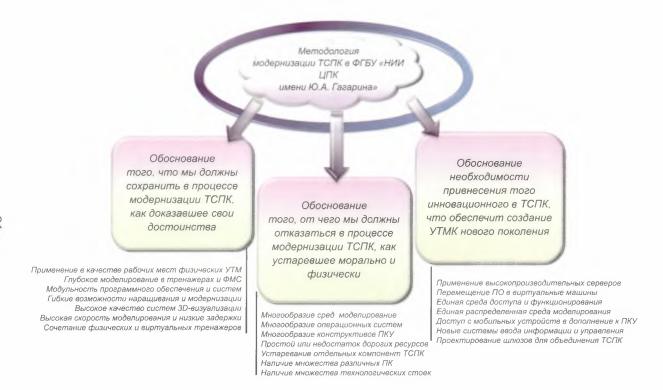


Рис. 2. Методология модернизации ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина

- 1. Обоснование того, что в процессе модернизации ТСПК должно быть сохранено, как доказавшее свои преимущество, свою эффективность и обеспечивающее качество подготовки экипажей космонавтов.
- 2. Обоснование того, от чего мы должны отказаться в процессе модернизации ТСПК, как физически и морально устаревшее.
- 3. Обоснование необходимости привнесения в ТСПК, в архитектуру их построения того инновационного, что обеспечит создание УТМК нового поколения.

К основным положениям, на которые необходимо опираться при проектировании УТМК относятся тот опыт и технологии, которые были применены при проектировании и создании трех поколений тренажерных комплексов, те новации и уникальные решения, позволившие в краткие сроки создавать на базе новых технологий учебно-тренировочные модули — аналоги космических кораблей и модулей РС МКС в тренажном исполнении, как рабочие места космонавтов (РМК) в тренажерах, разрабатывать программное обеспечение и вводить в эксплуатацию все новые тренажеры и ФМС:

- применение в тренажерах физических рабочих мест космонавтов на базе УТМ РС МКС, которые с высокой степенью воспроизводят информационное поле реального космического корабля или орбитального модуля РС МКС в тренажном исполнении, позволяет значительно удешевить и ускорить разработку сложных объёмных элементов модулей космической станции (РС МКС), а применяемые технологии их создания, сборки и транспортировки ускорить сам процесс создания самой ресурсоемкой и ответственной части комплексных и специализированных тренажеров;
- процессы моделирования в системах математического и 3D-моделирования объектов и условий для обучаемого космо-

навта с применением математических алгоритмов, элементов штатного программного обеспечения, разрабатываемых модулей (например, для интерьера МКС все элементы имеют интерактивное управление, кнопки, запанельное оборудование – с точки зрения программного обеспечения это набор запрограммированных скриптов поведения систем);

- модульность ПО и систем эксплуатируемого комплекса, что позволяет наращивать количество трепажеров в тренажерном комплексе без существенного изменения структуры программного обеспечения и систем (например, добавление новых тренажеров модулей РС МКС в состав тренажерного комплекса);
- высокое качество моделирования и систем 3D-визуализации, обеспечивающее реалистичность всех виртуальных пространств и окружений при изучении интерьера и внешнего вида МКС, научного оборудования на специализированных стендах;
- обеспечение высокой скорости моделирование, низких задержек межсетевого обмена и оптимизации передаваемого трафика между компонентами распределённых систем, отдельных ПК и стендов;
- применение уникальных технологий разработки составных частей тренажеров, таких как УСО, СИВО, ПКУ, применение в них самых современных на момент создания технических решений, позволяющих улучшить показатели и эффективность тренажера в целом;
- применение сочетания физических и виртуальных тренажеров для подготовки космонавтов, что позволяет оптимально использовать компоненты имеющейся учебной и тренажерной базы, проводить попеременно тренировки групп космонавтов сначала на виртуальных тренажерах и ФМС, а затем на физических УТМ и стендах.

Следующим аспектом методологии модернизации ТСПК и создания интегрированного УТМК является выявление набора проблем, которые препятствуют дальнейшему развитию и совершенствованию ТСПК. Это те отрицательные эффекты, которые могут проявляться за счет морального устаревания использующихся технических и программных решений. Следовательно, при проведении модернизации и перехода к интегрированному УТМК нужно будет отказаться от всех отрицательно влияющих на качество подготовки космонавтов и эффективность использования ТСПК факторов:

- -- многообразие сред моделирования не позволяет создать единое информационное пристрастно, позволяющее увязать потоки данных, информационные каналы различных тренажеров и систем, за счет наличия множества интерфейсов работы с системами моделирования, за счет применения неунифицированных решений практически в каждом тренажере и ФМС, создание единого информационного пространства практически невозможно (без применения доработок и специализированных технологий объединения разобщённых моделирующих систем);
- многообразие операционных систем также затрудняет переход к интегрированному УТМК, использование на некоторых компонентах учебной и тренажерной базы устаревших, в настоящее время не поддерживаемых фирмой производителем систем (в том числе семейства Windows) и, как следствие, функционирование сориентированного именно под данные версии ОС специализированного программного обеспечения;
- многообразие ПКУ со своими системами, множество конструктивов, которые нельзя использовать для работы в качестве унифицированных средств ПКУ (за исключением в настоящее

время комплексного ПКУ тренажеров РС МКС), отсутствие применения в ПКУ современных средств ввода, позволяющих упростить работу по управлению форматами, выдаче команд и контролю за комплексом:

- простой дорогостоящих ресурсов в настоящее время в ТСПК является неразрешённой проблемой в силу невозможности совместного использования вычислительных мощностей или других программно-технических средств в других тренажерах и ФМС;
- устаревание отдельных программно-технических средств, входящих в состав тренажеров, наличие модулей, которые уже невозможно воспроизвести или повторить за счет отсутствия элементной базы и технологий, при этом выход из строя таких составных частей может повлечь за собой остановку работы ТСПК (данная проблема частично решается в настоящее время своевременным проведением модернизации и обновления ТСПК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина);
- наличие множества ПК, серверных и технологических стоек, различных форм-факторов, размеров, производителей также ведет к большому разнообразию и зачастую взаимной нестыковке различных технически средств, невозможности применения одних вычислительных средств в различных по типу и реализации тренажеров и систем.

Решение проблем должно быть основано на применении новых технологий, опыта проектирования распределенных информационных систем и актуальных задач подготовки космонавтов. При этом важным является обоснование необходимости использования и включения в состав ТСПК новых инновационных, самых современных технологий и решений, которые смогут обес-

печить новый уровень технического оснащения и обеспечения перехода к единому интегрированному УТМК нового поколения:

- применение высокопроизводительных серверов для решения задач моделирование систем, перемещение всего спектра системного и специализированного программного обеспечения в виртуальные машины различных по типу серверов (отрабатывающих задачи вычисления и 3D-графики);
- применение единой среды доступа для множества пользователи и единой среды моделирования, которая бы позволяла использовать наборы унифицированных интерфейсов для обеспечения обмена данными между системами, тренажерами, ФМС в рамках ТСПК;
- новые системы ввода, в том числе сенсорные экраны, бесконтактный ввод, позволяющий дополнить имеющиеся физические средства ввода на ПКУ (кнопки, стандартная компьютерная периферия), доступ с устройств, мобильных компьютеров и планшетов в дополнение для инструкторов и инженеров, проводящих занятия и тренировки;
- проектирование шлюзов и объединение различных средств моделирования тренажёров и ФМС в плане обеспечения унифицированного доступа, интеграции ресурсов и возможностей программного обеспечения.

Модернизация ТСПК должна носить системный характер и проводиться по двум направлениям (рис. 3 и рис. 4):

1. Модернизация технических и программных средств в тренажёрах, ФМС, стендах, как способ повышения качества подготовки космонавтов. Это — модернизация технических средств, входящих в состав тренажёров и средств обучения космонавтов.

Это – модернизация общего программного обеспечения, как составной части тренажёров.

Это – модернизация специального программного обеспечения, как составной части тренажёров и средств обучения космонавтов.



Рис. 3. Модернизация как способ повышения качества подготовки



Рис. 4. Модернизация как способ повышения эффективности использования ТСПК

2. Модернизация системная, как способ повышения эффективности использования ТСПК в рамках единого интегрированного УТМК.

Это – виртуализация вычислительных и других технических средств, входящих в состав тренажёров и средств обучения космонавтов.

Это – обеспечение доступа к техническим и программным средствам коллективного использования в тренажёрах в процессе проведения тренировок и в средствах обучения космонавтов.

Это – обеспечение взаимодействия в процессе проведения тренировок экипажей космонавтов при отработке комплексных полётных операций, доступ к единому банку данных и банку знаний, совмещение элементов общекосмической подготовки и подготовки космонавтов на тренажёрах.

5. Основы концепции и проектирования учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения

Концептуальной основой модернизации и развития ТСПК путём создания УТМК является создание распределённой информационно-моделирующей среды, использующей набор универсальных унифицированных интерфейсов и принципов модульности единого интегрированного УТМК (рис 5).

УТМК – это совокупность логически связанных методических, учебных, технических, программно-математических, информационных и организационных средств подготовки космонавтов, интегрированных в единое целое посредством современных унифицированных аппаратных и программных технологий

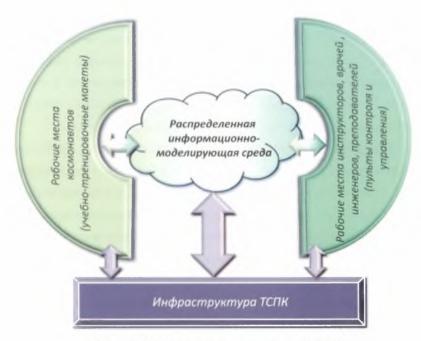


Рис. 5. Концептуальная модель УТМК

для решения всего спектра актуальных задач на существующих и перспективных ТСПК в ЦПК им. Ю.А.Гагарина

Подчеркнем, цель разработки и создания УТМК – обеспечить новый уровень качества подготовки космонавтов, повысить эффективность использования и эксплуатации программно-технических средств, в том числе снизить стоимость их создания, модерпизации и эксплуатации, сократить эпергопотребление, обеспечить единство интерфейсов обмена данными, обеспечить применение новых технологий, как на этапе теоретической, общекосмической подготовки космонавтов, так и на этапе практической и специальной подготовки космонавтов. Важно отметить, что нами предлагается не отказываться от существующие ТСПК, а создавать на их базе единый интегрированный УТМК, который включал бы в свою структуру как ранее созданные тренажеры, функционально-моделирующие стенды, так и вновь создаваемые технические и программные средства подготовки космонавтов (новые тренажёры, новые ФМС).

Важным вопросом при этом является решение проблемы включения в структуру УТМК существующих тренажёров, при этом тренировки на них не должны останавливаться. Нами предложено решать эту проблему с помощью «шлюзов», которые обеспечивают вхождение ранее созданных тренажеров в распределённую информационную среду УТМК.

В состав единого интегрированного УТМК нового поколения функционально должно включаться несколько взаимосвязанных функциональных комплексов и систем (рис. 6), каждый из которых обеспечивает решение определённых задач:

- образовательный комплекс, основанный на применении современных технологий обучения с помощью специализированного программного обеспечения для проведения учебных занятий;
- тренажёрно-моделирующий комплекс, включающий как физические, так и виртуальные тренажёры, ФМС, стенды;
- научный комплекс, предназначенный для подготовки космонавтов к проведению научных исследований и экспериментов на борту РС МКС, включает ряд физических и виртуальных тренажёров и установок;
- система управления тренировками и учебными занятиями, представляющий собой автоматизированную систему планирования и управления процессом подготовки космонавтов, реализующий циклы и алгоритмы проведения типовых учебных сессий;

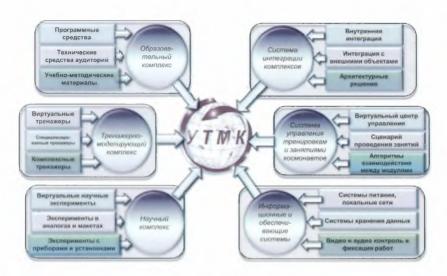


Рис 6. Состав функциональных комплексов и систем единого интегрированного УТМК

- специализированные базы данных и информационные системы, обеспечивающая образовательный, тренировочный, научный и управленческий процессы в составе систем видеонаблюдения, контроля экранов, микротелефонной связи между отдельными абонентами, а также системы хранения, образующие единой информационное пространство, на базе которого реализуется всесторонняя подготовка космонавтов;
- система интеграции модулей в единой УТМК, обеспечивающая формирование вариантов структур из отдельных модулей и составных частей комплекса в соответствии с целями и задачами подготовки космонавтов.

Одним из основных принципов построения УТМК является обеспечение деления структуры, например, тренажёра, ФМС на технические и программные модули, которые можно рассматривать как распределённый ресурс комплекса, что, в свою очередь, позволяет реализовать идею многоразового использования этих модулей в различных тренажёрах и учебных средствах (рис. 7).

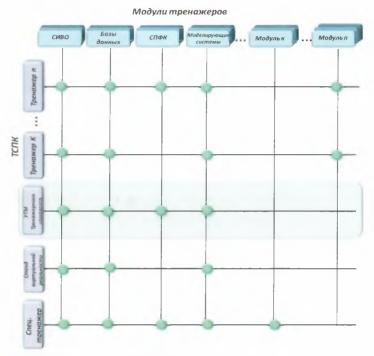


Рис. 7. Виртуализация ТСПК и формирование виртуальных тренажеров в рамках УТМК

Как видно из рис. 7, в различные тренажеры могут входить одинаковые модули и компоненты ТСПК. Те модули, которые подлежат унификации, присутствуют в различных тренажерах, системах обучения и ФМС, а не подлежащие – присутствуют только в одном тренажере или ФМС. Например, в показанном на рис. 7 специализированном тренажёре применяются модули СИВО, во всех компонентах ТСПК применяются моделирующие системы из состава единой интегрированной вычислительной системы

УТМК, а также база данных, обеспечивающие как учебный, так и тренировочный процессы. СИВО, базы данных, СПФК, моделирующие системы и т.д. – все это представляет собой типовые унифицированные модули, которые впоследствии могут дополняться и расширяться с учетом конкретного применения и характера решаемых на тренажере задач.

11

Совокупность типовых унифицированных модулей и сопряжения между ним образуют базовые системы общего назначения тренажера. В каждом из тренажеров отдельно проектируются и отлаживается системы рабочего места космонавта (РМК), УСО, моделей бортовых систем и штатного оборудования — все это образует базовые системы специального назначения (неунифицированные элементы). Интеграция аппаратных и программных модулей общего и специального назначения обеспечивается инфраструктурой комплекса, едиными средствами и интерфейсами. При проведении тренировки осуществляется формирование тренажера путем физического подключения устройств и модулей из состава интегрированного УТМК с помощью коммутаторов общей ЛВС и набора унифицированных интерфейсов.

Таким образом, в рамках УТМК обеспечивается виртуализация тренажёров и достигается экономия используемых программно-технических средств не в одном, а в ряде тренажёров.

Концептуально УТМК и его функциональные возможности могут быть разделены на следующие компоненты:

1. Теоретическая подготовка, в том числе с использованием дистанционных систем обучения, широкого набора контента, возможности удалённого доступа к обучающим материалам, а также возможность совместной работы тренажёров и обучающих систем.

В состав интегрированного УТМК войдут как действующие тренажёры, ФМС и стенды, так и вновь создаваемые тренажёры, при этом все они будут иметь типовую структуру (рис. 8).



Рис. 8. Типовая структура тренажера в составе интегрированного УТМК

Состав нового тренажера в УТМК обуславливается выделением набора аппаратных и программных модулей общего и специального назначения УТМК для обеспечения работы специализированного, штатного оборудования и макетов систем и приборов в тренажном исполнении. Состав тренажера в УТМК также определяется средствами вычислительных мощностей ЦОД, оснащённого набором высокопроизводительных серверов с виртуальными машинами и расположенным на них программным обеспечением математического и 3D-моделирования.

В состав тренажёров должны входят рабочие места космонавтов, объединенных с общей информационной средой УТМК. По-

мимо рабочих мест космонавтов выделяется набор максимально унифицированных и взаимозаменяемых рабочих мест инструкторов, врачей и инженеров, которые также получают информацию из общей структуры интегрированного УТМК. Взаимодействие всех составных частей тренажера, увязанное посредством единой среды моделирования, единой ЛВС, интерфейсов обмена, обеспечивает функционирование тренажеров в полном объеме в соответствии с выполняемыми задачами подготовки космонавтов.

6. Инновационные технологии, применяемые при разработке и создании учебно-тренажерно-моделирующего комплекса нового поколения в ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Для реализации структурного деления, показанного на рис. 8 и обеспечения функционирования тренажеров и средств обучения, необходимо применения целого ряда современных новых технологий, технических и программных средств, опираясь на опыт создания четырёх поколений тренажёрных комплексов, позволит создать единый, интегрированный, гибкий, открытый многофункциональный УТМК нового (пятого) поколения, который обеспечит дальнейшее повышение качества подготовки экипажей космонавтов и эффективность использования всего спектра ТСПК в ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

Какие современные инновационные технологии используются нами при разработке и создании единого интегрированного УТМК в ЦПК им. Ю.А.Гагарина (рис. 9).

Решение проблем при создании интегрированного УТМК должно быть построено на использование ряда новых технологий:



Рис. 9. Состав новых инновационных технологий при создании УТМК

- применение высокопроизводительных серверов для решения задач моделирование систем, перемещение всего спектра системного и специализированного программного обеспечения в виртуальные машины различных по типу серверов (отрабатывающих задачи вычисления и 3D-графики);
- применение единой среды доступа для множества пользователи и единой среды моделирования, которая бы позволяла использовать наборы унифицированных интерфейсов для обеспечения обмена данными между системами, тренажерами, ФМС в рамках ТСПК;
- применена новых систем ввода, в том числе сенсорных экранов, бесконтактного ввода, позволяющего дополнить имеющиеся физические средства ввода на ПКУ (кнопки, стандартная компьютерная периферия), доступа с устройств, мобильных компьютеров и планшетов в дополнение для инструкторов и инженеров, проводящих занятия и тренировки;

 проектирование шлюзов и объединение различных средств моделирования тренажёров и ФМС в плане обеспечения унифицированного доступа, интеграции ресурсов и возможностей программного обеспечения.

В настоящее время развитие информационных технологий, а также программной и аппаратной базы вычислительных систем вносит изменение в саму концепцию выполнения вычислений, которые становятся распределёнными и удалёнными от конечного пользователя, в данном случае от обучаемых космонавтов и инструкторов, преподавателей.

Применение технологий виртуализации, консолидации приложений, динамического выделения ресурсов и передачи конечного результата в виде форматов на экраны пользователей с возможностями обратной связи является новой технологией, в настоящее время недостаточно широко внедряемой в разработки тренажёров и тренажёрных комплексов.

Виртуализация — предоставление набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, абстрагированное от аппаратной реализации и обеспечивающее при этом логическую изоляцию вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом ресурсе.

Основными достоинствами виртуализации в приложении к построению распределённых информационных систем являются:

- эффективное использование вычислительных ресурсов (вместо трёх и более серверов для обеспечения моделирования процессов в тренажёре, загруженных на 5-20%, можно использовать один сервер, который загружается на 50-75%);
- достигается сокращение расходов на инфраструктуру при закупке вычислительной техники и обеспечении условий функционирования;

- происходит снижение затрат на программное обеспечение;
- повышение гибкости и скорости реагирования системы;
- повышается доступность приложений и обеспечивается непрерывность работы;
- повышается управляемость инфраструктуры в части централизованного администрирования и контроля.

Применение технологий виртуализации с последующим выделением необходимых вычислительных ресурсов, как в случае с приложениями, использующими для своего функционирования центральный процессор, невозможно, так как 3D-графика на 90% в расчетах задействует графические процессоры, в то время как серверные процессоры (CPU) справляются с большинством приложений, они могут быть виртуализованы (один физический процессор назначен многим виртуальным машинам, или одной виртуальной машине несколько физических процессоров).

Существовавшие ранее серверные технологии, использующие графические процессоры (GPU), имеют большие недостатки, среди которых отсутствие аппаратной виртуализации GPU (один GPU отдается в монопольное владение одному пользователю), проблемы с энергопотреблением (невозможно поставить на сервер большое количество GPU), латентность – одна из причин низкой скорости отклика (неэффективность программно-аппаратной архитектуры подключения GPU). До недавнего времени подобные задачи являлись невозможными в практической реализации.

В 2013 году фирма NVIDIA представила инновационную платформу GRID для виртуализированной рабочей станции с полноценной 3D-графикой. Основная идея заключается в том, чтобы позволить нескольким пользователям работать с одним графическим чипом, разделить графические ресурсы одного GPU между несколькими виртуальными машинами. В дальнейшем с любого устройства независимо от той операционной системы, которая на нем установлена, можно будет получить доступ к любым приложениям.

Использование перечисленных достоинств при разработке интегрированного УТМК, а также решения задач объединения существующих локальных вычислительных систем автономных тренажёров, ФМС, стендов, образовательных систем открывает доступ к качественно новым технологиям, основой которых являются «облачные» вычисления.

«Облачные» вычисления — это модель обеспечения повсеместного, удобного, предоставляемого по требованию сстевого доступа к совместно используемому составу конфигурируемых вычислительных ресурсов, таких как сети, серверы, хранилища данных, приложения, которые могут быть быстро предоставлены и запущены с минимальными усилиями.

Отсюда следует, что при решении проблем модернизации учебной и тренажёрной базы путём создания УТМК нового поколения целесообразно использование единой вычислительной инфраструктуры как базового элемента интеграции множества тренажёров, ФМС, стендов, систем обучения космонавтов в ЦПК им. Ю.А.Гагарина с размещением общих баз данных и моделируемых сущностей в совокупности виртуализированных серверов (рис. 10).

Современные серверы и процессоры на аппаратном уровне поддерживают технологии виртуализации, что позволяет одновременно запустить на одном физическом сервере несколько операционных систем со своим программным обеспечением моделирования, баз данных, расчётов систем виртуальной реальности.

Появление новых графических серверов с возможностью виртуализации графического процессора предоставляет новые



Рис. 10. Серверы ЦОД как единая вычисли**т**ельно-моделируюшая система

возможности по организации централизованных расчётов и для 3D-графика (при использовании в учебных классах систем виртуальной реальности и для отображения отдельных форматов в тренажёрах и ФМС).

Такие технологии в совокупности с набором вычислительных серверов, виртуализирующих процессорные мощности и оперативную память, представляют собой концепцию единого интегрирующего вычислительного комплекса УТМК.

Симбиоз вычислительных и графических серверов, связанных высокоскоростными каналами связи в рамках локальной вычислительной сети, предоставляет широкие возможности для моделирования, обучения персонала и развёртывание тренажёров и ФМС различной сложности в рамках единой программно-аппаратной инфраструктуры.

Для связи пользователей с результатами централизованных расчетов, для отображения форматов на ПКУ и рабочих местах космонавтов посредством единой локальной вычислительной сети в качестве конечных устройств выступают «тонкие» клиенты.

«Тонкий» клиент – устройство, не имеющее собственных вычислительных мощностей с возможностью отображения и ввода информации, подключённое к общему для всех пользователей центру обработки данных (серверу) – ЦОД с использованием фирменных протоколов обмена данными (рис. 11).В рамках УТМК «тонкий» клиент предназначен для вывода любого типа информации и взаимодействия обучаемого космонавта, например, с тренажёром, ФМС, стендом, обучающей системой, а также для управления тренировок инструктором.



Рис. 11. Унифицированное рабочее место на базе тонкого клиента

Программный «тонкий» клиент также может быть установлен на любые переносные мобильные устройства – ноутбуки,

планшеты, смартфоны с сохранением полного функционала доступных интерфейсов ввода и используемых приложений.

7. Интеграция технических средств подготовки космонавтов в ЦПК имени Ю.А. Гагарина в единый учебно-тренажерно-моделирующий комплекс нового поколения

Как достигается трансформация учебно-тренажёрной базы в единой интегрированной УТМК в ЦПК им. Ю.А.Гагарина?

Текущее состояние ТСПК в ЦПК им. Ю.А.Гагарина можно определить, как результат развития отдельных направлений и подходов в создании тренажёров для подготовки космонавтов, ориентированных на определённую специфику и режимы работы экипажей космонавтов в пилотируемых космических аппаратах (ПКА), в РС МКС, в открытом космосе и на различных этапах полёта ПКА.

Здесь базовым элементом функционирования тренажёра, посредством которого логически объединяется весь комплекс аппаратных и программных средств, является собственная вычислительная система (вычислительный комплекс) тренажёра в виде набора серверов и ПК (рис. 12).

В такой архитектуре тренажёра возможности удалённого управления тренировкой и наблюдения, как правило, отсутствуют. При этом каждый тренажёр имеет свой индивидуальный ПКУ (за исключением комплексного тренажёра РС МКС), спроектированный и созданный для контроля и управления тренировками на конкретном тренажёре.

Информационное сопряжение между отдельными тренажёрами, как правило, полностью отсутствует (за исключением сети видеоканалов).

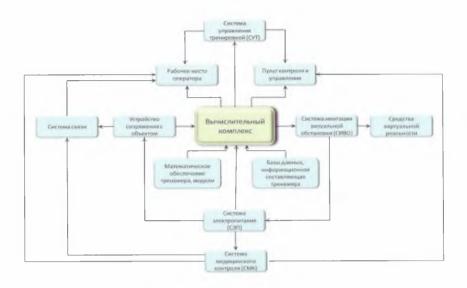


Рис. 12. Типовая структура тренажера

Внутренняя интеграция тренажёров достигается применением специализированных локальных вычислительных сетей (ЛВС), каждая из которых является внутренней сетью тренажёра (рис. 13).



Рис. 13. Локальная вычислительная сеть вычислительной системы тренажера

Такая структура ВС, как правило, используется в настоящее время в существующих тренажерах и ФМС в ЦПК имени Ю.А. Гагарина, при этом в каждом из ТСПК применяются различные ПК, сервера, системное ПО, сетевое коммутационное оборудование. Все это ведет к постепенному появлению множества типов оборудования, которое необходимо обслуживать, модернизировать (иметь соответствующий объем запасных элементов), поддерживать работоспособность, в случае выхода из строя ПК или сервера вычислительная система тренажёра или ФМС становится полностью или частично неработоспособной, так как программное обеспечение не может быть оперативно перенесено на другой вычислительный узел из резервной копии. Вопросы резервного копирования в полной мере также не могут быть реализованы в представленной структуре ВС.

Нами предлагается другой вариант организации аппаратной составляющей структуры тренажёра, который предусматривает применение современных серверных технологий и виртуализации, а также набора высокопроизводительных серверов и специализированного программного обеспечения, поддерживающего выделение (динамическое перераспределение) ресурсов между выполняемыми задачами (рис. 14).

Существенным преимуществом такой структуры тренажёров является то, что существующее прикладное и специализированное программное обеспечение учебно-тренажёрной базы ЦПК им. Ю.А.Гагарина не требует переработки с переходом на предлагаемую технологию, а применение высокоскоростных сетевых обменов обеспечивает доставку информации до удалённых потребителей без существенных задержек (рис. 15).



Рис. 14. Четыре уровня архитектуры вычислительной системы при использовании сервера с виртуализацией

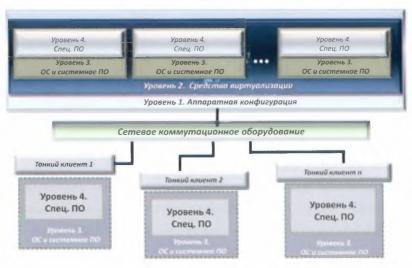


Рис. 15. Структура системы с виртуализацией ресурсов

Передача удаленных рабочих столов подразумевает использование специализированных технологий, в том числе VDI. На рис. 15 схематично изображены три виртуальные машины, размещенные на сервере (ВМ содержат в себе уровень 3-ОС и уровень 4-специализрованное ПО), которые управляются средствами виртуализации (уровень 2). Здесь под аппаратной конфигурацией (уровень 1) подразумевается вычислительный или графический сервер. С использованием каналов передачи данных изображения рабочих столов ОС специализированным образом сжимаются и передаются на программные или аппаратные «тонкие» клиенты (программные «тонкие» клиенты – это специализированные приложения, установленные на ПК, ноутбуки, планшеты и другие мобильные устройства, которые обеспечивают взаимодействие с набором вычислительных и графических серверов единого интегрированного УТМК). Клиенты производят разбор полученных данных и отображение информации на подключённых устройствах, например, мониторах.

При модернизации существующей учебной и тренажёрной базы ТСПК множество не связанных между собой различных ТСПК объединяются посредством единой системы (единой ЛВС, единых баз данных, единых средств моделирования) с использованием специализированных программных шлюзов, а множество пользователей – с помощью проводных и беспроводных ЛВС получают доступ посредством набора сервисов и интерфейсов для работы с выбранными программами и техническими средствами, входящими в состав учебной и тренажёрной базы.

На рисунке 16 демонстрируется трансформация учебной и тренажёрной базы в единый интегрированный УТМК нового поколения.

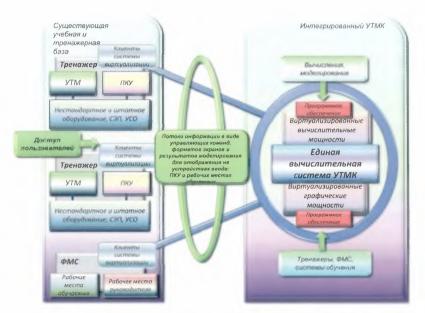


Рис. 16. Трансформация ТСПК в единый УТМК

В структуре УТМК «облако» представляет собой набор программных и интерактивных (пульты и 3D-модели) специализированных интерфейсов моделируемых систем, используемых в тренажёрах, ФМС и системах обучения с возможностью сетевого взаимодействия между собой и вывода результата на средства отображения с использованием «тонких» клиентов.

Рассматривая структуру тренажёров для подготовки космонавтов, можно выделить в их составе две группы программноаппаратных средств: идентичные элементы, которые в различных тренажёрах могут быть либо одинаковыми, либо отличаться «мощностью», такие как компьютерные генераторы изображений визуальной обстановки, средства синтеза акустических шумов, элементы вычислительной системы, каналы имитации связи, ПКУ, модули устройств сопряжения с объектами, системные средства распределённого моделирования и базы данных каждого тренажёра.

Ко второй группе относятся элементы, отражающие характер деятельности космонавтов и определяющие облик конкретного тренажёра, такие как штатное оборудование управляемых объектов и рабочих мест обучаемых.

Таким образом, элементы первой группы в части вычислительной системы, средств моделирования, баз данных, ПКУ подлежат унификации и логическому объединению в составе единого интегрированного комплекса.

Данные составные части рассматриваются как единый распределяемый ресурс УТМК, решая при этом задачи наращивания возможностей и функций, изменения структуры тренажёра, объединение потоков информации между отдельными системами, использование унифицированных модулей в разных тренажёрах и режимах, обеспечивая при этом решение задачи интеграции учебной и тренажёрной подготовки.

Помимо виртуализации ресурсов единый интегрированный УТМК позволяет применять концепцию виртуализации основных программных и технических средств, разбитых на отдельные модули (тренажёрный, образовательный, научный и т.д.) с целью последующей сборки из состава данных модулей набора тренажёров, ФМС и систем обучения, используемых для подготовки космонавтов в определённый момент времени.

Такой подход предполагает постепенный переход от клиент-серверной парадигмы взаимодействия приложений к сервисно ориентированной архитектуре (сервисно ориентированная архитектура — подход, основанный на использовании распределённых компонентов, оснащённых стандартизированными интерфейсами для взаимодействия). Предлагаемое решение по использованию распределённой сетевой среды моделирования и программных шлюзов позволит интегрировать работу персонала, связать с новыми задачами, возможностями других комплексов, получить качественно новые режимы проведения занятий, новые возможности работы с унифицированными интерфейсами контроля и управления для множества мобильных пользователей с помощью беспроводных ЛВС и планшетных компьютеров, а также возможность добавления новых тренажёров и систем в единое информационное пространство, используя при этом уже имеющуюся структуру серверных мощностей УТМК и наращивание их количества (рис. 17).

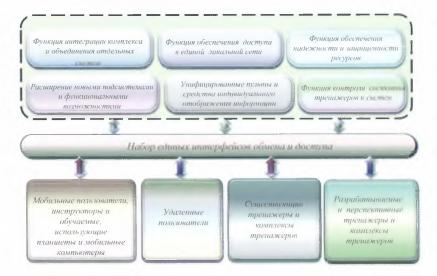


Рис. 17. Взаимодействие интегрирующего комплекса в рамках УТМК

Таким образом, нами обоснована и поэтому предлагается концепция трансформации учебных и тренажёрных средств

подготовки космонавтов в единый УТМК посредством использования распределённой сетевой среды моделирования с внедрением её отдельных компонентов в структуру вычислительной системы тренажёра в качестве шлюза, объединяющего программные компоненты и информационные потоки составных частей различных по своему составу и структуре систем в единое информационное пространство. Такое решение объясняется тем, что разработанные, созданные в разное время и эксплуатируемые в ЦПК им. Ю.А.Гагарина тренажёры, ФМС, стенды и другие ТСПК на основе разных средств моделирования и транспортных протоколов, не взаимодействуют между собой по каналам обмена информацией (рис. 18).

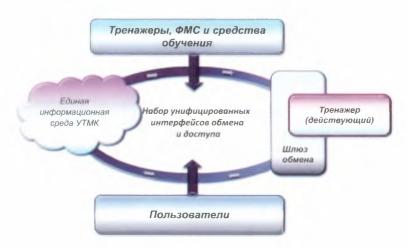


Рис. 18. Использование шлюзов и унифицированных интерфейсов обмена

Они обладают локальными базами данных, поэтому целесообразно именно применение наборе шлюзов (для минимизации перестроения и модификации существующего программного обеспечения), разрабатываемых в отдельности для каждого определённого тренажёра или системы, подлежащей интеграции, в от-

дельности (шлюз – специализированное программное средство, обладающее набором унифицированных интерфейсов обмена для обеспечения интеграции информационных потоков тренажёра или системы в единую информационную среду).

Такая система шлюзов позволит организовать каналы связи с другими тренажёрами и общей информационной средой, посредством которой идёт взаимодействие, управление и контроль, что в совокупности даст программное решение задачи создания единого информационного пространства.

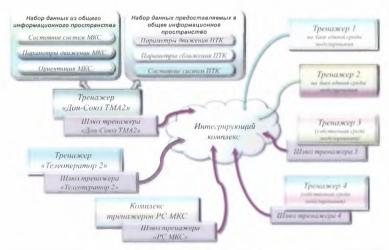


Рис. 19. Использование шлюзов в интегрированном УТМК

На рисунке 19 в качестве примера показан фрагмент организации информационного взаимодействия между существующими и новыми тренажёрами с использованием распределённой среды моделирования. Новые тренажёры (1 и 2), полностью построенные с использованием единой среды моделирования, не требуют включения в свой состав шлюзов, а

в существующих тренажёрах со своей средой моделирования (тренажёры 3 и 4) необходимо использовать специально разработанный для конкретного тренажёра шлюз информационного взаимодействия (шлюз тренажёров 3 и 4) между протоколом обмена системы и внутренним протоколом выбранного тренажёра.

Обобщенно алгоритм интеграции ТСПК в УТМК (рис. 20) состоит из двух основных частей: процесса переноса ПО математического и 3D-моделирования и консолидации ресурсов в едином УТМК и процесса интеграции ТСПК за счет использования «шлюзов». Алгоритм начинается с принятия решения о ходе интеграции по первому варианту (перенос ПО для тренажеров, ФМС и систем обучения, которое может быть размещено в едином вычислительном комплексе УТМК) или по второму для тех ТСПК, ПО которых не может быть по какимлибо причинам размещаться в единой ВС УТМК.

В соответствии с выполнением процесса переноса ПО определяются возможности единой вычислительной системы УТМК и при необходимости (нехватке ресурсов) выполняется добавление новых серверов, систем хранения данных и другого оборудования. После этого производится выделение необходимого количества вычислительных ресурсов для рассматриваемого ТСПК, создание ВМ с установкой на них заданных ОС и необходимого системного ПО. Далее производится развертывание специализированного ПО тренажера, ФМС с созданием каналов сетевого взаимодействия как между ВМ единого вычислительного комплекса УТМК, так и между набором удалённых пользователей – РМК, РМО и ПКУ, которые должны быть оснащены «тонкими» клиентами.

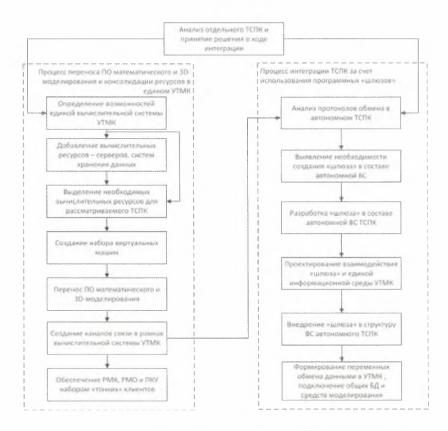


Рис. 20. Алгоритм интеграции ТСПК в УТМК

На данном этапе возможен переход ко второй части алгоритма интеграции ТСПК в УТМК (использование «шлюзов»), где первым шагом является анализ протоколов обмена в рамках автономной ВС тренажера или ФМС и выявление необходимости создания «шлюза», который обеспечит передачу или прием необходимой информации из единой информационной среды УТМК.

Далее производится разработка «шлюза» и интерфейсов взаимодействия с единой информационной средой УТМК. Следующим шагом является внедрение ПО «шлюза» в структуру ВС автономного ТСПК. Подчеркнём, что для повышения эффективности использования УТМК целесообразно создание в ЦПК им. Ю.А.Гагарина корпоративной системы управления и информатизации его деятельности.

Для повышения эффективности использования УТМК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина целесообразно создание корпоративных автоматизированных систем управления и информатизации его деятельности, которая обеспечивает решение задач организационного, финансового, экономического, материально — технического характера управления процессом профессиональной подготовки космонавтов, а также фиксацию результатов контроля уровня подготовки космонавтов.

В составе автоматизированной системы управления процессом подготовки космонавтов создается единая база данных, обеспечивающая оперативное представление сведений о директивных, нормативных и справочных документах по подготовке кос-



Рис. 21. Взаимодействие автоматизированной системы управления процессом подготовки космонавтов и интегрированного УТМК

монавтов, планах проведения учебных занятий и тренировок, отчетах о завершившихся занятиях, имеющейся технической документации и учебно-методических материалов (рис. 21).

8. Экспериментальная проверка основных концептуальных решений создания единого интегрированного УТМК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина. Основные выводы

Экспериментальной проверке в рамках созданных стендов (фрагментов) УТМК подвергались:

- принципы построения УТМК на основе концептуальной модели, включающей распределенную информационно-моделирующую среду, рабочие места космонавтов, рабочие места инструкторов, преподавателей, врачей и инфраструктуру УТМК;
- процесс трансформации отдельных ТСПК в УТМК, а именно перенос специализированного программного обеспечения математического и 3D-моделирования в структуру интегрированного вычислительного комплекса УТМК;
- принципы включения в УТМК ранее созданных ТСПК (тренажеров, ФМС, учебных средств), в том числе за счет переноса программного обеспечения и его размещения на наборе виртуальных машин и выделенных серверных ресурсов;
- принципы замены ПК в тренажерах, ФМС, учебных средствах на «тонкие» клиенты с обеспечением доступа на них к результатам вычислений, моделирования и форматам управления тренажерами и ФМС.

Экспериментально проверялись параметры, характеризующие производительность, адекватность и качество отработки всего ПО, скорости обмена, загрузки оборудования и сетевых каналов.

Выполненные в ООО «Центр тренажеростроения и подготовки персонала» научные эксперименты показали, что при переходе к единой вычислительной системе на базе ЦОД в УТМК в ЦПК имени Ю.А. Гагарина появляются новые возможности получения доступа (при использовании любых устройств, оснащённых специализированным клиентом и каналом передачи данных, связанным с сетевой структурой серверов), сокращения стоимости лицензий для коммерческих ОС Windows, сокращение площади, необходимой для рабочих мест и, как следствие, создание более удобных условий на рабочих местах обучаемых, повышение надёжности и сохранности информации в интегрированном вычислительном комплексе.

Для проведения экспериментальных исследований в Центре тренажеростроения был создан экспериментальный стенд (рис. 22), который включает в себя распределенную информационно-моделирующую среду и единый вычислительный комплекс УТМК, построенный на основе корпоративного ЦОД, специализированные физические тренажеры ПКА «Союз-ТМА» и многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) комплекса тренажеров РС МКС, интегрированный ПКУ и соответствующую инфраструктуру (УСО, СЭП и т.д.).

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили основные принципы построения УТМК на основе сформированной концептуальной модели;

возможность функционирования ПО математического и 3D-моделирования в едином вычислительном комплексе УТМК на созданных конфигурациях виртуальных машин вычислительных и графических серверов (рис. 23-24) подтверждает принцип переноса специализированного ПО в структуру

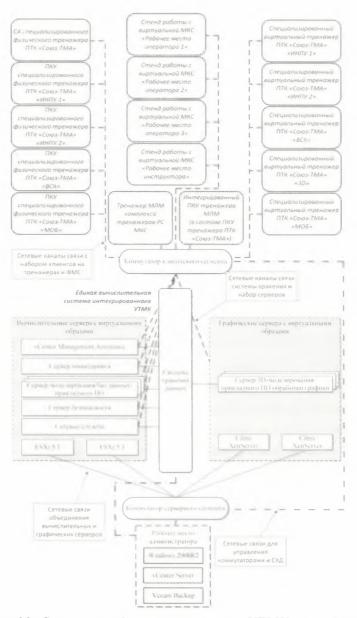


Рис. 22. Структура фрагмента стенда УТМК для экспериментальных исследований

интегрированного вычислительного комплекса УТМК и включения в УТМК ранее созданных ТСПК (тренажеров, ФМС, учебных средств), а полученные оценки производительности и сетевой загрузки подтверждают правильность определения политик и настроек системы виртуализации, каналов передачи данных и объемов выделенных процессорных и графических ресурсов;

– возможность и эффективность использования в качестве устройств доступа к серверным ресурсам на РМК, ПКУ и РМО тренажеров, ФМС и учебных средств «тонких» клиентов Wyse Z90Q8 и Wyse P25, то есть подтверждается целесообразность замены ПК в тренажерах, ФМС, учебных средствах на тонкие клиенты без снижения производительности и качества получаемой на средствах отображения визуальной информации.



Рис. 23. Внешний вид элементов унифицированного ПКУ, оснащенного набором тонких клиентов, с возможностями подключения к различным виртуальным машинам удаленного ЦОД



Рис. 24. Фрагмент прототипа функционально-моделирующего стенда теоретической подготовки на основе применения технологий виртуализации, тонких клиентов — тестирование стенда в демонстрационном режиме на девяти рабочих местах и двух планиетах

Реализация предложенной концепции обеспечивает создание в ЦПК имени Ю.А. Гагарина единого интегрированного учебно-тренажерно-моделирующего комплекса, в котором заложена возможность его развития без изменения принципиальных основ, без радикального его перепроектирования при введении в его состав новых тренажёров, функционально-моделирующих стендов, учебно-методических средств с минимальными затратами ресурсов.

УТМК обеспечивает переход к глубокой унификации программно-технических средств, входящих в его состав, что позволяет сократить затраты времени на проектирование и создание новых ТСПК: комплексных и специализированных тренажеров, функционально-моделирующих стендов, новых средств теоретической подготовки космонавтов; сокращение

затрат на программно-технические средства, необходимые для создания новых ТСПК; сокращение обслуживающего персонала, обеспечивающего сопровождение и эксплуатацию ТСПК

В УТМК обеспечена возможность использования центров обработки данных, которые повышают эффективность использования вычислительных и графических ресурсов, надежность функционирования УТМК, экономию электроэнергии.

Введение в состав УТМК вместо множества локальных вычислительных систем ТСПК центра обработки данных (создана единая вычислительная система УТМК) обеспечивает возможность перемещения программного обеспечения всех систем виртуальной реальности и моделирования в виртуализированные структуры вычислительных и графических серверов без потерь в производительности с последующим доступом с любого устройства — «тонкого» клиента, ноутбука или смартфона, независимо от операционной системы, что, в свою очередь, повышает уровень оснащённости, интегрированности решений и гибкости доступа.

Проведённые экспериментальные исследования по проверке принятых в процессе разработки основных принципиальных решений на базе единого интегрированного УТМК на специально созданном стенде подтвердили сокращение количества высокопроизводительных графических станций (применяемых в структуре тренажёров, в том числе и при создании виртуальных тренажёров, ФМС, стенда виртуальной реальности МКС и т.д.) и сокращение высокопроизводительных станций моделирования, управления и контроля тренировками космонавтов за счет использования виртуальных машин на

одном физическом сервере с обеспечением резерва ресурсов, размещённых в едином серверном комплексе УТМК.

Эксперимент подтвердил снижение максимальной потребляемой электроэнергии единой вычислительной системой, составными программно-техническими средствами УТМК прямо пропорционально количеству используемым в составе системы «тонких» клиентов (он потребляет 8 Вт) вместо системных блоков ПК, которые потребляют от 500 до 950 Вт; сокращение количества дорогостоящих стоек, используемых в каждом тренажёре для размещения ПК, до минимума занимаемых площадей в едином центре обработки данных УТМК.

Экспериментальные исследования показали снижение стоимости составных частей единого интегрированного УТМК по сравнению с существующей в настоящее время в ЦПК имени Ю.А. Гагарина структурой ТСПК. При этом сто-имость подключения новых рабочих мест (для отображения 3D-графика и работы с форматами ПКУ) также существенно снижаются (до 80%) за счёт использования серверных расчётов и применения «тонких» клиентов вместо ПК на рабочих местах пользователей.

Основываясь на прогнозных оценках, на результатах проверенных экспериментальных исследований, полученного в течение трёх лет специалистами ЦТиПП научно-технического задела, опираясь на многолетний опыт коллектива ЦТиПП по созданию тренажёрных комплексов, тренажёров, мультимедийных образовательных комплексов и молодёжных образовательных космоцентров, можно с достаточной степенью точности прогнозировать, что предлагаемый ЦТиПП проект по коренной модернизации ТСПК в ЦПК имени. Ю.А. Гагарина

путём трансформации их в единый, гибкий, интегрированный УТМК нового поколения может быть реализован в течение трёх-четырех лет.

Подписано в печать 5.11.2014

Бумага офсетная. Формат 60х90/16.

Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 4.

Тираж 222 экз. Заказ № 352.

Отпечатано в печатном салоне «ГинГо».

Исполнитель работ ИП Гонтарь С.П.

344002, г. Ростов-на-Дону, пер. Соляной спуск, 7

Телефоны: (863) 22-70-111, 22-70-033

е-mail: gingo@inbox.ru