

СОСТОЯНИЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЭКИПАЖЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Д.В. ПУТИЛИН, *асп. каф. систем автоматического управления МГУЛ, инженер-электроник ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина»*,

С.В. ИГНАТЬЕВ, *доц., зам. начальника управления по научно-исследовательской и испытательной работе в ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина»*, канд. техн. наук

den@novocherkassk.net

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина»,

141160, Московская область, Россия, Звездный городок

В российской космической отрасли ведутся разработки проекта пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП), который включен в состав перспективной пилотируемой транспортной системы (ППТС) и предназначен для решения задач транспортно-технического обеспечения орбитальных станций, технического обслуживания и ремонта автоматических космических аппаратов, выполнения широкого спектра научно-прикладных исследований и экспериментов, а также для реализации пилотируемых полетов на Луну и обеспечения транспортировки грузов на трассах «Земля–Луна». В связи с усложнением задач, решаемых экипажами перспективных космических систем, необходимо создание современных средств подготовки космонавтов (тренажеров, стендов и т. д.). В статье на основе анализа текущего проекта перспективной пилотируемой транспортной системы сделаны выводы о том, какие именно тренажеры ПТК НП необходимо создать на базе Центра подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина и какие задачи будет решать каждый из них в условиях, когда, с одной стороны, каждую из задач подготовки экипажей должны решать минимум два тренажера, а с другой стороны, количество тренажеров должно быть минимальным. Приведена типовая структура тренажера ПТК НП, а также проанализированы некоторые проблемы, с которыми придется столкнуться разработчикам при создании тренажеров ПТК НП, в том числе, вопрос очередности ввода в строй тренажеров и обеспечение параллельной работы двух комплексов тренажеров на время одновременной подготовки экипажей кораблей старого («Союз») и нового типа (ПТК НП). Кроме того, приведено краткое обоснование целесообразности объединения всего комплекса тренажеров в единую сеть.

Ключевые слова: перспективный космический корабль, пилотируемая космонавтика, обзор, тренажеры.

С времени запуска первых орбитальных космических станций типа «Салют» методы и средства решения задач отечественной пилотируемой программы не претерпели серьезных изменений. Сегодня эти цели сформулированы в российской космической программе, но для их достижения необходимы новые средства. В настоящее время разрабатывается проект создания перспективной пилотируемой транспортной системы (ППТС), которая в перспективе возьмет на себя функции используемого в наши дни корабля «Союз ТМА-М» [1]. Но не только: ППТС предназначена для решения задач транспортно-технического обеспечения орбитальных станций, технического обслуживания и ремонта автоматических космических аппаратов, выполнения широкого спектра научно-прикладных исследований и экспериментов, а также для реализации пилотируемых полетов на Луну и обеспечения транспортировки грузов на трассах «Земля–Луна» [2]. В связи с этим

появилась необходимость создания новых средств подготовки экипажей: тренажеров и тренажерных комплексов.

В качестве ядра ППТС ракетно-космической корпорацией «Энергия» представлен перспективный пилотируемый транспортный корабль нового поколения (ПТК НП). Предполагается создать две модификации корабля ПТК: для полетов по околоземной орбите и для полетов к Луне и по окололунной орбите [3]. ПТК для транспортировки космонавтов на орбитальные пилотируемые станции, автономно летающие модули-лаборатории, а также для возвращения экипажа и полезного груза на Землю – в отличие от корабля «Союз ТМА» – способен вместить 6 человек экипажа и 500 кг полезного груза [3]. Эта модификация ПТК (далее по тексту – ПТК-С) состоит только из одного герметичного отсека, который возвращается на Землю и может использоваться до 10 раз. Внешний вид корабля ПТК НП представлен на рис.1.

ПТК, предназначенный для транспортировки грузов и экипажей на Луну (далее по тексту – ПТК-Л), дооснащен дополнительным двигательным отсеком и разгонным блоком. На борту корабля ПТК-Л экипаж сможет проводить до 14 суток в автономном полете. Таким образом, корабль ПТК-Л возможно использовать и в качестве окололунной космической станции для проведения экспериментов на лунной орбите [2]. Схема полета корабля ПТК-Л состоит из следующих этапов [3]:

- старт корабля ПТК-Л с космодрома «Восточный»;
- включение разгонного блока и перелет на орбиту Луны;
- отделение разгонного блока от ПТК-Л;
- стыковка ПТК-Л с лунным модулем (ЛМ);
- полет в автоматическом режиме по окололунной орбите;
- переход экипажа в ПТК-Л и перелет на орбиту Земли продолжительностью до 5 суток;
- спуск возвращаемого аппарата ПТК-Л на Землю.

Первый беспилотный запуск нового корабля ПТК НП намечен на 2017–2018 г. [4, 5]. Соответственно корабль ПТК НП в лунной модификации будет запущен не раньше 2025 г. [6], поэтому в настоящий момент нет даже эскизного проекта лунного модуля. В то же время можно предположить, что он будет включать посадочный блок, который остается на поверхности Луны, и взлетную часть, которая транспортирует экипаж и грузы обратно на окололунную ор-

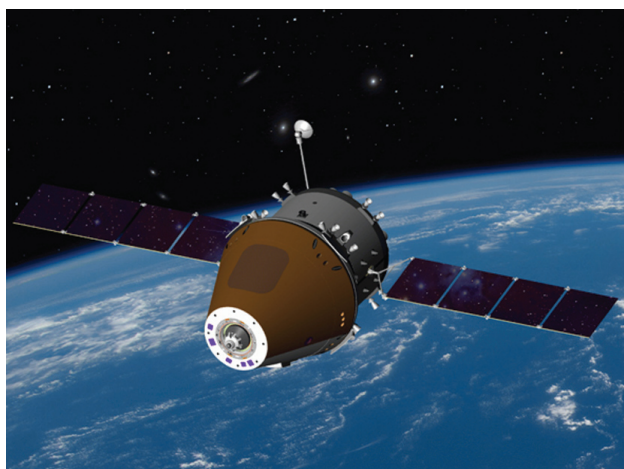


Рис. 1. Внешний вид корабля ПТК-С
Fig. 1. The exterior of the PTK-S ship

биту. Необходимо отметить, что одной из отличительных особенностей лунного модуля будет наличие пассивного стыковочного узла для его стыковки с кораблем ПТК-Л [3].

Принятие решения о создании перспективной пилотируемой транспортной системы поставило вопрос о проектировании средств подготовки экипажей к полету на новых космических кораблях.

Для полноценной подготовки экипажей (в том случае, если речь идет о качественно новом космическом корабле) тренажер для первого пилотируемого полета должен быть создан минимум за 2 года до полета [7]. Поэтому, если первый пилотируемый полет планируется на 2020-й г., то тренажер для подготовки первого экипажа должен быть создан не позднее 2018 г. В то же время, опыт создания тренажеров корабля «Союз» показал, что для создания нового тренажера необходимо около 2 лет, что необходимо учитывать при разработке планов-графиков создания тренажеров нового корабля [7].

Одной из главных проблем создания тренажеров для ПТК является существенное возрастание потока подготовки экипажей. Так, после начала штатной эксплуатации ПТК-С будет совершать до 6 полетов в год. В настоящее время совершается 4 полета в год на корабле «Союз ТМА-М». И как показывает практика, для подготовки восьми экипажей в год (с учетом дублирующих) хватает двух комплексных тренажеров (при этом один из них практически постоянно находится в доработке) и трех специализированных тренажеров по динамическим режимам управления. При этом стоит заметить, что комплексные тренажеры, особенно во время доработок на одном из них, часто перегружены тренировками. Поэтому один из специализированных тренажеров используется для разгрузки комплексных тренажеров, а другой – на случай отказов или доработок – находится в постоянном, так называемом «холодном» резерве. Таким образом, всего имеется 5 тренажеров без учета функционально-моделирующих стендов, обеспечивающих подготовку 8 экипажей в год.

Расчеты показывают, что для подготовки 12 экипажей ПТК-С в год (с учетом дублирующих) потребовалось бы 8 тренажеров.

В то же время для подготовки экипажей лунных миссий с использованием ПТК-Л дополнительно потребуется создание тренажеров других типов для отработки уникальных полетных операций на этапах:

- межпланетного перелета корабля ПТК-Л;
- автономного полета корабля ПТК-Л на окололунной орбите;
- сближения и стыковки с лунным модулем;
- полета в связке;
- расстыковки и отлета к Земле;
- спуска со второй космической скоростью в атмосфере Земли.

Прямое наращивание количества тренажеров для решения каждой из этих специфичных задач подготовки потребовало бы существенных дополнительных площадей, соответствующего дополнительного дорогостоящего оборудования и увеличения штата сотрудников, обеспечивающих подготовку.

Поэтому для сокращения количества тренажеров предлагается создать комплекс так называемых «многофункциональных» тренажеров (для тренировок по содержанию близким полетным задачам), обеспечивающих максимальное совмещения функций на каждом из тренажеров, а также дублирования функциональных возможностей без ущерба для выполнения основных режимов. Вплоть до того, чтобы специализированные тренажеры дублировали некоторые функции комплексных (в случае остановки комплексного тренажера на доработку). При этом необходимый запас пропускной способности мог бы обеспечиваться вводом в строй дополнительных экземпляров тренажеров.

Таким образом, предлагается, чтобы тренажеры одного и того же назначения соответствовали нескольким полетным задачам. Более того – задачам, которые относятся к разным этапам полета. Расчеты показывают, что разработка номенклатуры комплексных и специализированных тренажеров с учетом максимально возможного совмещения близких по составу операций элементов полетной деятельности в каждом из них дает существенную экономию, связанную с сокращением

количества специализированных технических средств подготовки почти на 30 % [8]. А с учетом учебно-тренировочных макетов, предназначенных для обеспечения теоретической и начальной практической подготовки операторов, нагрузка на тренажеры может быть даже снижена.

Подобная оптимизация номенклатуры тренажеров ПТК показала, что для обеспечения подготовки 12 экипажей ПТК-С и 4 экипажей ПТК-Л в год будет достаточно 6 типов тренажеров и один УТМ. Краткое описание назначения и этих тренажеров, и УТМ приведено ниже.

1. Комплексный тренажер ПТК-С.

Тренажер ПТК-С предназначен для обеспечения проведения подготовки экипажей к выполнению маневров, сближения с орбитальной станцией и спуска с орбиты с имитацией работы всех бортовых систем и всех этапов полета. На тренажере также должна частично обеспечиваться подготовка экипажей ПТК-Л в объеме соответствующих задач.

2. Комплексный тренажер ПТК-Л № 1.

Тренажер должен являться основным средством подготовки экипажей к полету на корабле ПТК-Л. Для него предлагается сделать акцент на динамические режимы полета корабля и проведение тренировок космонавтов по комплексному управлению системами, режимами и кораблем в целом в штатных и нештатных ситуациях с имитацией работы всех бортовых систем, контролем и регистрацией действий экипажа в процессе работы с реализацией всех режимов и этапов полета. На тренажере за счет наличия макета лунного модуля также можно будет проводить тренировки по режимам полета корабля на окололунной орбите в связке с лунным модулем. На тренажере также должна частично обеспечиваться подготовка экипажей ПТК-С в объеме соответствующих задач.

3. Комплексный тренажер ПТК-Л № 2.

Тренажер предлагается использовать как основное средство подготовки экипажей к полету на корабле ПТК-Л с акцентом на автономный полет корабля ПТК-Л на этапах межпланетного перелета, в связке с лунным

модулем и автономного окололунного полета корабля ПТК-Л во время пребывания лунного модуля на поверхности Луны. Так как такие тренировки предполагают частые перемещения экипажа между отсеками и пребывание большую часть времени в лунном модуле, состыкованные макеты герметичных отсеков предлагается повернуть так, чтобы боковые части макетов возвращаемого аппарата и дополнительного герметичного отсека оказались на полу. На тренажере также должна частично обеспечиваться подготовка экипажей ПТК-С в объеме соответствующих задач.

4. Специализированный тренажер ручных режимов стыковки ПТК (-С и -Л).

Специализированный тренажер ручных режимов стыковки ПТК должен предназначаться для привития навыков ручного управления при стыковке с орбитальной станцией и лунным модулем, расстыковке и расхождении с ними, а также перестыковке с одного узла на другой в штатных и нештатных ситуациях.

5. Специализированный статодинамический тренажер управляемого спуска ПТК на базе центрифуги.

Тренажер решает задачи выработки и поддержания профессиональных навыков космонавтов по управлению ВА ПТК на режимах спуска при воздействии перегрузки на атмосферном участке, в том числе при входе в атмосферу со второй космической скоростью.

6. Специализированный тренажер динамических режимов.

Тренажер динамических режимов должен являться специализированным тренажером, на котором предполагается проводить подготовку космонавтов к полету и на корабле ПТК-С, и на ПТК-Л. При этом основными должны быть динамические режимы во время орбитального полета (маневры на орбите, построение ориентации, сближение и стыковка с орбитальным комплексом, перелет между орбитами Луны и Земли). Поэтому на тренажере нет необходимости предусматривать тренировки космонавтов в скафандрах. Кроме того, на тренажере может использоваться то же моделирующее программное обеспече-

ние, что и на комплексных тренажерах, что позволит проводить занятия по многим другим системам транспортного корабля.

7. Учебно-тренировочный макет «ПТК-Л+ЛМ».

УТМ должен быть предназначен для проведения тренировок экипажей по переходу из возвращаемого аппарата тренажера ПТК-Л в лунный модуль с реализацией штатной системы переходных люков «возвращаемый аппарат–лунный модуль». Задачей УТМ является отработка действий по монтажу и демонтажу оборудования, вследствие чего макет возвращаемого аппарата и лунного модуля должны иметь специальные возможности изменения их компоновки под задачи конкретной тренировки.

Типовая структура тренажера ПТК НП представлена на рис. 2.

Каждый тренажер должен включать следующие системы и устройства [7, 9]:

- рабочее место оператора (макеты обитаемых отсеков корабля) с интерьером и оборудованием рабочих зон аппаратурой в тренажном исполнении, включая пульта космонавтов для управления кораблем;
- вычислительная система с программным обеспечением тренажера, включая модели бортовых систем и движения корабля;
- пульт контроля и управления со средствами отображения необходимых инструктору и инженеру параметров тренировки и управления тренировкой, в том числе средства контроля инструктором всей визуальной информации (изображение с иллюминаторов, оптических приборов, камер, камер наблюдения за космонавтом и т. д.);
- система компьютерной генерации изображений, которая формирует изображение визуальной обстановки во всех средствах наблюдения, используемых экипажем (иллюминаторах, оптических приборах, мониторах и т. д.);
- телевизионная аппаратура, доставляющая сформированную системой компьютерной генерации изображений визуальную информацию к средствам наблюдения;
- устройства сопряжения и обмена, которые обеспечивают связь органов управ-

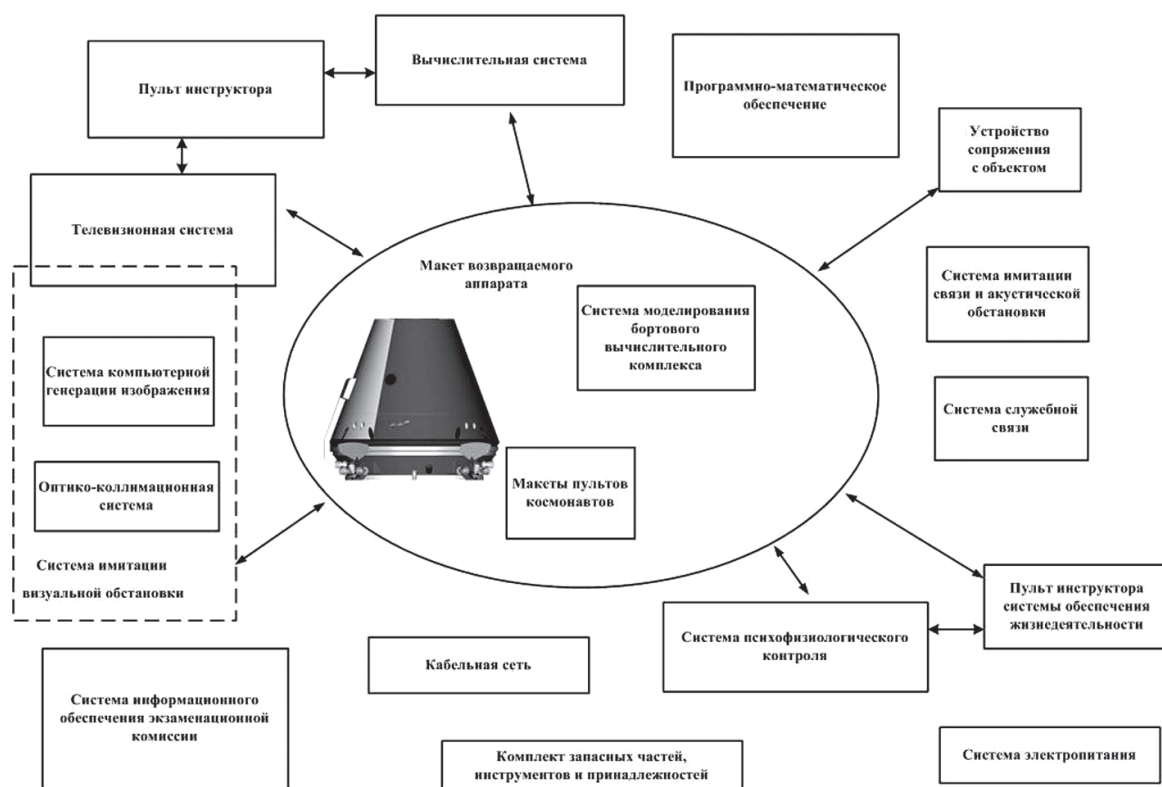


Рис. 2. Типовая структура тренажера ПТК НП

Fig. 2. A typical structure of the new generation transport spacecraft simulator

ления в макете корабля и средств управления на пульте инструктора с программным обеспечением тренажера;

- система имитации акустической обстановки;
- система электропитания;
- устройства обеспечения безопасности и жизнедеятельности обучаемых космонавтов (посадку-высадку, вентиляцию, кондиционирование внутренних рабочих объемов и т. п.).

Важная задача, которую предстоит решить – обеспечение параллельной работы двух комплексов тренажеров – по новому ПТК и действующему ТПК «Союз» – в тот период, когда будет осуществляться «пересменка» кораблей [10].

Для обеспечения тренировок на переходный период потребовалось предусмотреть двухэтапную схему создания тренажеров ПТК. Тренажеры первой очереди, которые будут создаваться на имеющихся в Центре подготовки космонавтов площадях, и тренажеры второй очереди, которые будут созданы на месте демонтированных тренажеров «Союз»

после прекращения полетов ТПК «Союз». Очередность ввода в строй тренажеров определялась исходя из принципа взаимозаменяемости. Например, тренажер ПТК-С сможет дублировать все динамические режимы тренажера ПТК-Л № 1 на этапах выведения, маневров, спуска. Таким образом, комплексные тренажеры ПТК-С и ПТК-Л № 2 вместе смогут легко дублировать все режимы тренажера ПТК-Л № 1, аналогично – по специализированным тренажерам. Тренажер динамических режимов необходим для увеличения пропускной способности комплекса тренажеров, поэтому понадобится позже. УТМ возвращаемого аппарата и лунного модуля также допускает его создание во вторую очередь.

Итак, в первую очередь целесообразно создавать следующие тренажеры:

- комплексный тренажер ПТК-С;
- комплексный тренажер ПТК-Л № 2;
- специализированный тренажер ручных режимов стыковки ПТК;
- специализированный статодинамический тренажер управляемого спуска ПТК на базе центрифуги.

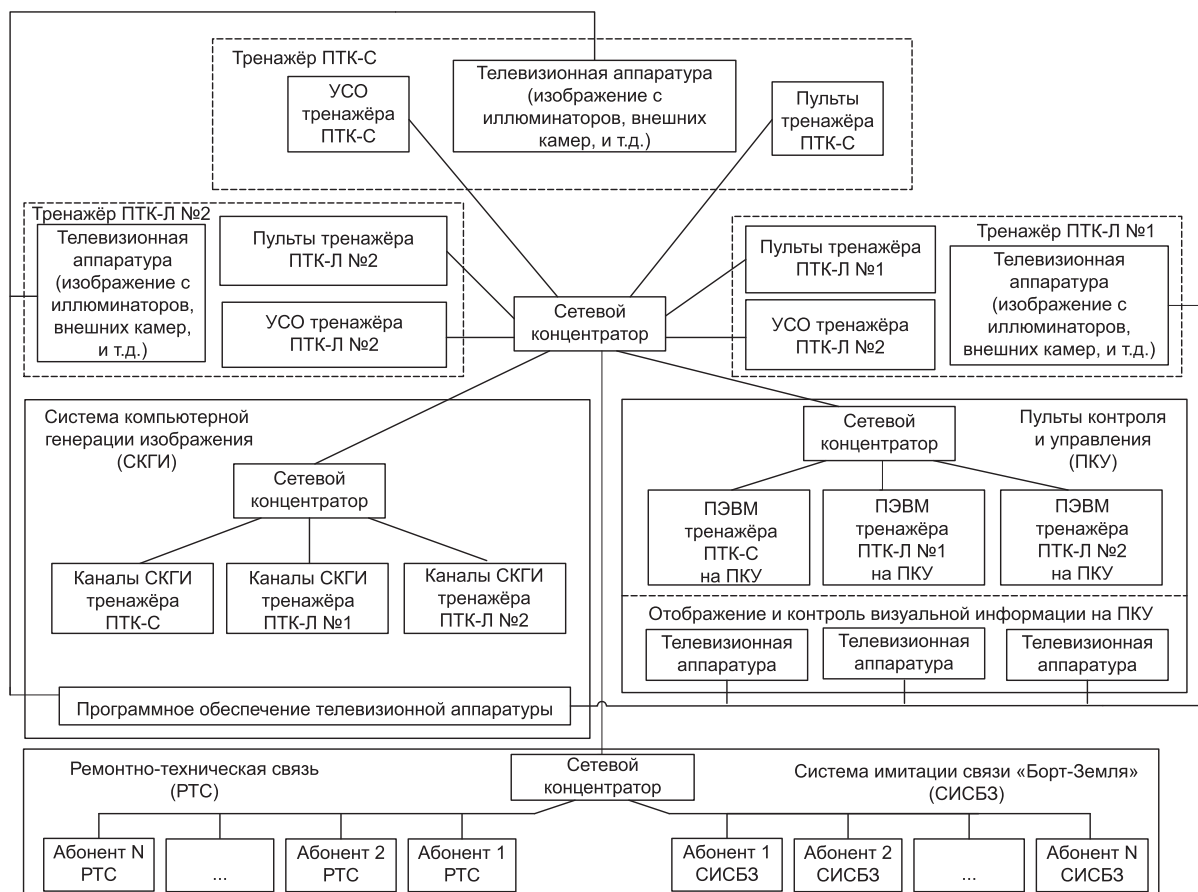


Рис. 3. Единая сеть комплексных тренажеров

Fig. 3. A Unified FFS Network

Все тренажеры строятся с использованием локальных вычислительных сетей. Кроме того, предлагается объединить схожие по назначению тренажеры в единую сеть (рис. 3). Это позволит обеспечить взаимозаменяемость элементов тренажера, а значит – повысить надежность и живучесть комплекса тренажеров в целом [11]. Так, например, при выходе из строя одного из каналов СКГИ тренажера ПТК-Л, для проведения тренировки на этом тренажере может быть задействован один из каналов тренажера ПТК-С, без его физической замены, а только путем программной коммутации каналов системы компьютерной генерации изображений, что потребует около 5 минут [7]. Обязательными для вычислительных сетей тренажеров должны быть:

- обеспечение антивирусной защиты;
- защиты сетей от несанкционированного доступа;
- блокирование связей с какими-либо другими сетями, тем более глобальной.

В заключение необходимо отметить, что проблема проектирования и создания тренажеров для подготовки экипажей на новых кораблях очень часто стоит еще острее, чем создание самого корабля, так как подготовка к полету, а значит и эксплуатация нового тренажера, должны начаться задолго до запуска первой пилотируемой миссии и готовности первого летного образца. От того, насколько качественно и своевременно будут подготовлены экипажи к полету на новом космическом пилотируемом корабле, зависит успех каждой миссии и всей программы в целом.

Библиографический список

1. Попов, В.А. Что придет на смену «Союзам»? / В.А. Попов // Российский космос. – 2013. – № 12 (96).
2. Краснов, А. Перспективный российский корабль доберется до МКС вдвое быстрее предшественника / А. Краснов // Новости Федерального космического агентства. <http://www.federalspace.ru/main.php?id=2&nid=11760>.
3. Prospective Piloted Transport System, PPTS/ACTS. // <http://www.russianspaceweb.com/ppts.html>.

4. Лапота, В.А. В России сохраняются технологии, необходимые для освоения Луны и Марса (интервью с М. Коноваловой) / Лапота В.А. – http://www.energia.ru/ru/news/news-2013/public_02-12.html.
5. Брюханов, Н.А. Мы были вынуждены пересмотреть весь проект полета на Луну (интервью с И. Чеберко) / Н.А. Брюханов. – http://www.energia.ru/ru/news/news-2013/public_01-21.html.
6. Лапота, В.А. Луну пишем, Марс в уме (интервью с Н. Веденеевой). – http://www.energia.ru/ru/news/news-2012/public_10-15.html.
7. Шукшунув, В.Е. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунув, В.В. Циблев, С.И. Пототский и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 384 с.
8. Наумов, Б.А. Космические тренажеры. Монография. – Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2013.
9. Лункин, К.С. Опыт создания и эксплуатации вычислительной системы комплекса тренажеров по программе «Мир» / К.С. Лункин. – М.: Авиакосмическое приборостроение, 2005. – № 4.
10. Игнатьев, С.В. Задачи и принципы создания комплекса тренажеров для подготовки космонавтов по лунной и марсианской программам / С.В. Игнатьев, В.П. Хрипунов // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(2). – 2011.
11. Бронников, С.В. Проектирование человеко-машинных систем управления. Учебно-методическое пособие / С.В. Бронников. – М.: МГУЛ 2006. – 31с.

CONDITIONS AND FURTHER DEVELOPMENT OF THE COSMONAUTS TRAINING COMPLEXES FOR THE CREWS OF PROSPECTIVE SPACECRAFTS

Putilin D.V., pg. MSFU, electronic engineer, Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center; **Ignatyev S.V.**, Assoc., deputy head of research and test work, Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Ph.D (Tech.)

den@novocherkassk.net

Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, Star City, Moscow Region, Russia, 141160

The Russian space industry is developing a project of a new generation transport spacecraft, which is included in the prospective manned transportation system and is designed to solve the problems of transport and logistics space stations, maintenance and repair of an unmanned spacecraft, and realization of a wide range of research and experiments, the implementation of manned flights to the Moon and the provision of cargo transportation on the highways «Earth-Moon». Due to the meshing of the problems solved by the crews of prospective space systems the creation of modern cosmonaut training (simulators, stands, etc.) is needed. In this article conclusions on the kind of new generation transport spacecraft simulators on the basis of the Gagarin Cosmonaut Training Center are needed. On the first hand, each of the tasks of the crew training must address at least two simulators, on the other hand, the number of simulators should be minimal. Also a typical structure of the new generation transport spacecraft simulator is shown and some of the problems that developers have to face when creating new generation transport spacecraft simulators are analyzed, including prioritization of commissioning and parallel operation of two systems of simulators during simultaneous preparation of the crews of the old («Soyuz») and the new generation transport spacecraft type. Also a brief rationale for combining the entire complex of the simulators into a single network is provided.

Keywords: Prospective spacecraft, piloted space exploration, review, simulators.

References

1. Popov V.A. *Chto pridet na smenu «Soyuzam»* [What will replace «Soyuz»] Rossiyskiy kosmos [Russian space]. 2013. № 12 (96).
2. Krasnov A. *Perspektivnyy rossiyskiy korabl' doberetsya do MKS vdvoe bystree predshestvennika* [Promising Russian ship gets to the ISS twice as fast as its predecessor]. Novosti Federal'nogo kosmicheskogo agentstva [News of the Federal Space Agency]. <http://www.federalspace.ru/main.php?id=2&nid=11760>.
3. Prospective Piloted Transport System, PPTS/ACTS. <http://www.russianspaceweb.com/ppts.html>.
4. Lapota V.A. *V Rossii sokhranyayutsya tekhnologii, neobkhodimye dlya osvoeniya Luny i Marsa* [In Russia saved the technologies needed to explore the Moon and Mars] interv'y u s M. Konovalovoy [interview with M. Konovalova]. http://www.energia.ru/ru/news/news-2013/public_02-12.html.
5. Bryukhanov N.A. *My byli vynuzhdeny peresmotret' ves' proekt poleta na Lunu* [We had to rethink the whole project a lunar mission]. interv'y u s I. Cheberko [interview with I. Cherebko] http://www.energia.ru/ru/news/news-2013/public_01-21.html.
6. Lapota V.A. *Lunu pishem, Mars v уме* [Write Moon, Mars in mind] Interv'y u s N. Vedenevov [interview with N. Vedeneva]. http://www.energia.ru/ru/news/news-2012/public_10-15.html.
7. Shukshunov V.E., Tsiblev V.V., Pototskiy S.I. *Trenazhernye komplekсы i trenazhery. Tekhnologii razrabotki i opyt ekspluatatsii* [Fitness facilities and simulators. Technology development and operational experience]. Moscow: Mashinostroenie, 2005. 84 p.
8. Naumov B.A. *Kosmicheskie trenazhery* [Space simulators]. Zvezdnyy gorodok: NII TsPK imeni Yu.A. Gagarina [Star City: Federal State Organization «Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center»], 2013.
9. Lunkin K.S. *Opyt sozdaniya i ekspluatatsii vychislitel'noy sistemy kompleksa trenazherov po programme «Mir»* [Development and operation of complex computer system simulators on the program «Mir»]. Moscow: Aviakosmicheskoe priborostroenie [Aerospace Instrument], 2005. № 4.
10. Ignat'ev S.V., Khripunov V.P. *Zadachi i printsipy sozdaniya kompleksa trenazherov dlya podgotovki kosmonavtov po lunnoy i marsianskoy programmam* [Objectives and principles of complex simulators to train astronauts on the lunar and Martian programs]. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned flight into space]. № 2 (2). 2011.
11. Bronnikov S.V. *Proektirovanie cheloveko-mashinnykh sistem upravleniya* [Design of man-machine control systems]. Moscow: MSFU, 2006. 31 p.