

# ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

## HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.78.007

DOI 10.34131/MSF.20.3.125-137

### **ОТДЕЛ ЦЕНТРИФУГ И ДИНАМИЧЕСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю.А. ГАГАРИНА – 50 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМОНАВТИКИ И АВИАЦИИ (Часть 2) В.Н. Киршанов**

В.Н. Киршанов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены материалы, посвященные созданию и развитию отдела центрифуг и динамических тренажеров Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. В хронологическом порядке проведен обзор создания центрифуг ЦФ-7, ЦФ-18 и динамических тренажеров на их базе. Приведены основные характеристики центрифуг, а также задачи, решаемые с их использованием в процессе подготовки космонавтов и проведении научно-исследовательской и испытательной работы. В статье использованы воспоминания ветеранов отдела Павлова В.А., Степановой В.П., Чудинова А.П., Бурдина Б.В.

**Ключевые слова:** Центр подготовки космонавтов, центрифуга, технические средства подготовки космонавтов, экстремальные факторы космического полета, динамические тренажеры ручного управляемого спуска, перегрузка.

#### **Department of Centrifuges and Dynamic Simulators of Yu.A. Gagarin Cosmonaut Training Center – 50 Years Devoted to Domestic Cosmonautics and Aviation (Part 2). V.N. Kirshanov**

The article describes creation and development of the Department of Centrifuges and Dynamic Simulators in Yu.A. Gagarin Cosmonaut Training Center, gives a chronological review of creation of the centrifuges CF-7 and CF-18 and dynamic simulators based on them. The main characteristics of the centrifuges, as well as the tasks that can be solved with their use in the process of training cosmonauts and carrying out research and test work are presented. The article contains memoirs of veterans of the department including Pavlov V.A., Stepanova V.P., Chudinov A.P., Burdin B.V.

**Keywords:** Cosmonaut Training Center, centrifuge, cosmonaut training facilities, space flight extreme factors, dynamic simulator of manually controlled descent, g-load.

## **Постройка многостепенной мультифункциональной центрифуги**

С момента образования ЦПК система подготовки космонавтов и тренажерно-стендовая база находятся в состоянии постоянного совершенствования и развития. Не обошло это стороной и отдел центрифуг. Необходимость решать вопросы исследований и тренировок космонавтов по управлению космическим кораблем в условиях воздействия перегрузок потребовала решения задачи по созданию центрифуг с техническими характеристиками, которые бы позволяли моделировать профили полета космических кораблей. В странах, которые в тот период уже занимались освоением космического пространства или вели подготовку в этом направлении, эта задача решалась посредством создания тренажерных средств на платформе многостепенных центрифуг. Учитывая данное обстоятельство, в период, когда еще не было завершено строительство ЦФ-7, руководство отдела предложило построить в ЦПК центрифугу нового поколения. В конце 1960-х годов ЦПК выступил с предложением постройки четырехступенной центрифуги. Предложение было рассмотрено в Министерстве обороны.

В 1970 году Советом Министров СССР было принято Постановление № 953-325, на основании которого Внешнеторговое объединение «Техмашимпорт» Министерства внешней торговли СССР 15 июля 1971 года заключило контракт со шведской электротехнической фирмой ASEA, французскими фирмами «АТМ» и «Синтра» о разработке, изготовлении, поставке, монтажу, наладке и испытаниям комплектной центрифуги.

Комплекс зданий для центрифуги и ее оборудования был построен в 1974 году. С этого момента начались монтаж, наладка и испытания оборудования центрифуги ЦФ-18, которые производились шведской фирмой ASEA и французскими фирмами «АТМ» и «Синтра» до сентября 1979 года. Со стороны ЦПК от 4 отдела в этих работах в разное время участвовали Кушков В.И., Кулебакин А.И., Антонов А.А., Глинка Г.Б., Кривцов Ф.М., Корнев В.И., Бурдин Б.В., Федоров В.А., Есин П.А., Беляев А.Н., Чудинов А.П., Елисеев К.Л., Юдин П.А., Суханов М.С., Носов В.Н., Баталов С.Р., Маркелов Е.Н., Шайгарданов Р.С., Гаврик И.Н., Соколов Ю.А., Павлов В.А. (рис. 1).

Значительный вклад в создание центрифуги внесли Береговкин Анатолий Васильевич – главный врач ЦПК; Еремин Аркадий Васильевич – начальник управления медико-биологической подготовки ЦПК; Филёкин Иван Андреевич – начальник отдела; Гусаров Василий Иванович – главный инженер ЦПК; Никитин Юрий Петрович – главный инженер ЦПК.

По результатам выполненных работ и проведенных испытаний приказом ГК ВВС от 19.06.1981 г. № 116 и приказом командира в/ч 26266 от 24.09.1981 г. № 0125 центрифуга ЦФ-18 (рис. 2) была введена в опытную эксплуатацию. Дата 24.09.1981 г. принята точкой отсчета и считается днем рождения центрифуги.



Рис. 1. Коллектив отдела с руководством Центра и представителями шведской фирмы ASEA, 1980 г.

(слева на право: Бурдин Б.В., Егорычев В.И., Сергейчик В.Н., Зимнякова Е.Н., Любимов А.В., Никитин Ю.П., Филёкин И.А., Хадель, Климук П.И., специалист ASEA, У. Бьёрн, Фальман, А. Бакстрем, Николаев А.Г., специалист ASEA, специалист ASEA, Белухин Ю.С., Рубцов И.А., Есин П.А., Кушков В.И., Ильин В.А., Корнев В.И., специалист ASEA, Елисеев К.Л., Чудинов А.П., Носов В.Н., Баталов С.Р., Юдин П.А., Гусаров В.И., Макаров Е.П.)



Рис. 2. Центрифуга ЦФ-18 ЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2007 г.

**Технические характеристики центрифуги ЦФ-18:**

Радиус вращения	18 м
Скорость вращения	0...38,61 об./мин
Перегрузка	0...30 ед.
Градиент перегрузки	0...5 ед./с
Приводы кабины, кольца и вилки обеспечивают:	
вращения	0...16 об./мин
колебания с амплитудой	1,5...70°
со скоростью	0 ± 70°/с



Решение о создании тренажера ручного управляемого спуска на базе центрифуги ЦФ-18 было принято в 1994 году. Руководили работами по созданию тренажера начальник отдела Рябов В.В. и его заместитель Шайгарданов Р.С. Главным разработчиком и изготовителем тренажера стало ЗАО «НИИАО» (г. Жуковский). Работы по созданию тренажера ускорились с началом реализации программы, связанной с запуском в 1998 году на орбиту первого модуля Международной космической станции (МКС) и регулярной работы на орбите международных экипажей. В итоге приказом начальника ЦПК от 11.04.2002 г. № 139 тренажер был введен в эксплуатацию, ознаменовав тем самым новый этап в создании, развитии и использовании специализированных динамических тренажеров на базе центрифуг ЦПК. В двухместной кабине «А» ЦФ-18 были размещены рабочие места командира корабля (КК) и бортового инженера (БИ-1) с включением в них штатных кресел «Казбек УМ» (разработчик и изготовитель АО «НПП «Звезда», п. Томилино) и полноразмерного штатного пульта космонавтов «Нептун МЭ» (разработчик и изготовитель ЗАО «НИИАО») со штатной ручкой управления и указкой. Пульт космонавтов установлен в кабине центрифуги относительно рабочих мест космонавтов, аналогично кабине спускаемого аппарата ТПК «Союз». На тренажере создано автономное рабочее место инструктора, рядом с которым находится статическое рабочее место космонавта (рис. 4).

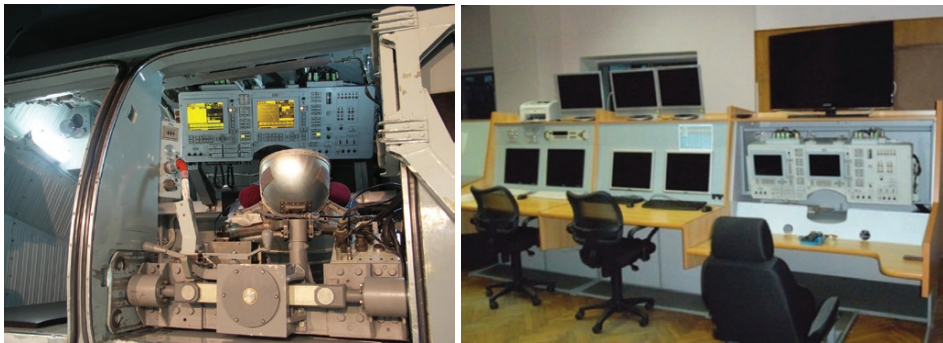


Рис. 4. Специализированный тренажер ручного управляемого спуска ТС-18  
(слева – динамическое рабочее место космонавта в кабине ЦФ-18,  
справа – рабочее место инструктора и статическое рабочее место космонавта  
в пультовой ЦФ-18)

## Доработка и модернизация центрифуги ЦФ-18

После ввода в эксплуатацию центрифуги ЦФ-18 ее оборудование и системы находятся в состоянии перманентной модернизации и доработок.

С 1981 года по 2019 год на центрифуге выполнено 14 работ по созданию новых систем, доработке и модернизации имеющихся систем и оборудования. Периодически проводятся работы по продлению ресурсных показа-

телей центрифуги, находящейся в опытной эксплуатации как единственного в своем роде образца.

Проведенные работы по модернизации, совершенствованию и доработкам систем и оборудования, направленные, в том числе, и на создание научно-технического задела на разработку новых тренажерных средств на базе центрифуги, позволяют с уверенностью говорить о том, что Российская Федерация в лице Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина обладает уникальным испытательно-исследовательским стендом-лабораторией, которая на сегодняшний день является одной из самых высокотехнологичных в мире центробежных машин для функциональных исследований человека, подготовки космонавтов и НИИР. Кроме того, поисковые исследования и анализ эксплуатации отечественных и зарубежных центрифуг показывают, что специалистами ЦПК разработана и внедрена в практику уникальная система эксплуатации центрифуг, обеспечивающая их рациональное использование при решении всего круга задач, изложенных выше. Система эксплуатации центрифуг и тренажеров на их базе постоянно совершенствуется и развивается с учетом накапливаемого опыта и внедряемых технологических новшеств.

## **Воспитание и подготовка кадров**

В отделе отлажена и эффективно работает система подготовки специалистов, занимающихся не только обеспечением эксплуатации центрифуг в целях подготовки космонавтов, но и обеспечением подготовки космонавтов, испытательной и научно-исследовательской работой с использованием центрифуг и динамических тренажеров ручного управляемого спуска ТС-7 и ТС-18.

За время, прошедшее с момента создания отдела (50 лет) и ввода в систему подготовки космонавтов центрифуги ЦФ-7 до сегодняшнего дня, а это без малого 46 лет, произошла постепенная, планомерная смена трех поколений специалистов, которая не повлияла на обеспечение качества и безопасности подготовки космонавтов на этих уникальных и одновременно экстремальных тренажерах.

Не стояли специалисты в стороне от научной работы. За 50 лет существования отдела по центрифужной тематике защитили диссертации: кандидата технических наук Бурдин Б.В. (в настоящее время начальник отделения 5 управления); кандидата физико-математических наук Федоров В.А. (выпускники МГУ им. М.В. Ломоносова); доктора медицинских наук Воронин Л.И. (бывший заместитель начальника 4 упр. по НИИР); доктора технических наук Глазков Ю.Н. (бывший заместитель начальника ЦПК имени Ю.А. Гагарина по НИИР); кандидата технических наук Сарафанов Г.В.; доктора физико-математических наук Лемак С.С. (профессор МГУ); доктора физико-математических наук Александров В.В. (заведующий кафедрой МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата физико-математических наук Дылевский И.Н. (выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата физико-ма-

тематических наук Мамасуев А.В. (сотрудник отдела до 2000 г., выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата медицинских наук Каспранский Р.Р. (в настоящее время заместитель начальника 4 упр.); кандидата физико-математических наук Неведомский А.В. (выпускник МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата физико-математических наук Мамасуева Ю.В. (выпускница МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата физико-математических наук Шулемина Н.Э. (сотрудник МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата физико-математических наук Трифонова А.М. (сотрудник МГУ им. М.В. Ломоносова); кандидата медицинских наук Елизаров С.Ю. (бывший начальник отдела 4 упр.). В разные годы в отделе работали кандидаты технических наук Шуров А.И. (в настоящее время ВНС 1 упр.), Самарин В.В. (в настоящее время начальник отделения 5 упр.), Васьков А.С. (сотрудник отдела до 1996 г.).

## **Научные исследования и эксперименты на центрифугах ЦПК**

Научно-исследовательские работы в интересах совершенствования подготовки космонавтов на базе центрифуг ЦФ-7 и ЦФ-18 и тренажерах на их базе проводились по нескольким основным направлениям.

Первое из них – использование центрифуг по назначению – функциональные исследования, проводимые медицинским управлением ЦПК и напрямую нацеленные на отбор и подготовку космонавтов к космическому полету.

Второе направление – проведение фундаментальных исследований с привлечением современных аппаратных средств и программно-математического обеспечения, направленное на разработку таких алгоритмов подвижности карданова подвеса центрифуги, которые бы позволили обеспечить моделирование вестибулосенсорного конфликта невесомости в условиях земной гравитации с целью изучения физиологии человека, в частности, вестибулярного аппарата человека и его поведения в условиях длительной невесомости, для решения как краткосрочных, так и перспективных задач подготовки космонавтов к длительным космическим полетам и межпланетным перелетам.

Две из таких работ, которые выполнены специалистами и учеными ЦПК в содружестве с учеными и специалистами МГУ и ИМБП, были удостоены Государственной премии в 1989 и 2002 годах. Исполнителями этих исследований и лауреатами премий стали: от ЦПК – Быковский В.Ф., Воронин Л.И., Бурдин Б.В., Воробьев В.К. (1989 г.); от МГУ – Садовничий В.А., Александров В.В., Окунев Ю.М., Дылевский И.Н. (1989 г.); от ЦПК – Климух П.И., Воронин Л.И. (2002 г.); от МГУ – Садовничий В.А., Александров В.В. (2002 г.); от ИМБП – Ушаков И.Б. (2002 г.).

Третье направление – создание на базе центрифуг ЦПК динамических тренажеров. Частично это направление исследований и практической реализации представлено выше. Кроме этого, в 80-х годах XX века проведена боль-

шая исследовательская и практическая работа, которая была связана с ожидаемым пилотируемым полетом на многоразовом космическом комплексе (МКК) «Буран». На базе ЦФ-18 предполагалось создать тренажер ручного управляемого спуска МКК «Буран». На платформе кабины «А» центрифуги ЦФ-18 были проведены первые исследования по моделированию динамики посадки МКК. В качестве испытателя в этих работах участвовал летчик-испытатель Волк И.П. С целью создания рабочего места космонавта МКК была изготовлена кабина «Д» (рис. 5), которая прошла статические испытания в составе центрифуги ЦФ-18. Однако, в связи с закрытием программы, исследования были прекращены, а испытания нового тренажера свернуты.

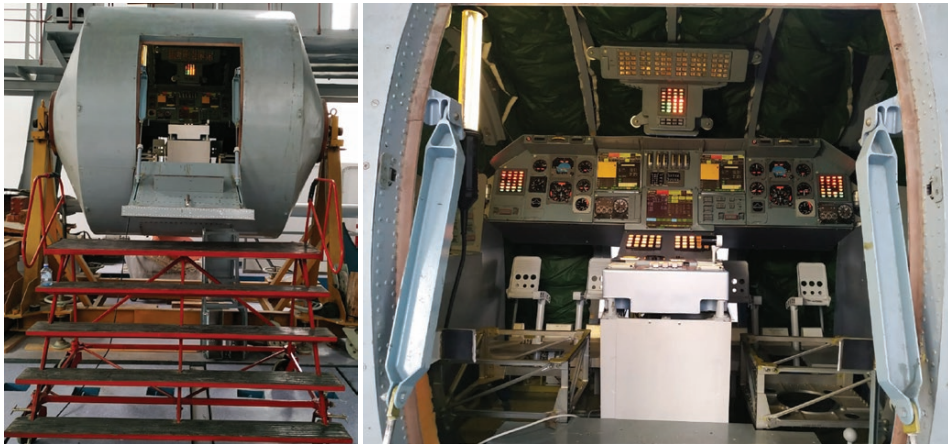


Рис. 5. Кабина «Д» центрифуги ЦФ-18 с рабочим местом космонавта, 2019 г.

Четвертое направление – испытания космической техники. Как пример использования центрифуг в научных и прикладных целях в интересах оборонной промышленности следует привести работы, связанные с исследованием физических процессов в расплавах и функционирования космических и авиационных систем. Наиболее крупные и значимые из них:

– исследования с ИКИ АН СССР по отработке технологии получения полупроводниковых материалов в условиях повышенной гравитации. Для этого в кабину центрифуги устанавливалась специальная печь, температура в которой изменялась по специальным программам. Печь использовалась для выращивания монокристаллов. Длительность непрерывного вращения ЦФ-18 превышала 10 часов, а перегрузка достигала 10 единиц;

– исследования, выполненные совместно с НПО «Машиностроения» в рамках экспериментальных исследований систем забора топлива современных маневренных крылатых ракет [1].

Пятое направление – разработка новых и совершенствование существующих методов и методик подготовки космонавтов. Важным результатом научных исследований, проводимых в этом направлении, являются:



– метод сквозной имитации динамических факторов аэрокосмического полета на центрифуге ЦФ-18 (рис. 6). С помощью программного управления центрифугой в динамической последовательности и в реальном масштабе времени сначала воспроизводится совокупность эффектов, связанных с действием на космонавта перегрузки при выведении космического корабля на орбиту. Затем синхронным прекращением действия заданной перегрузки, переводом космонавта к вектору гравитации в направлении грудь–спина и созданием избыточного давления на нижнюю половину тела (ИДНТ) моделируется переходный процесс от перегрузки при выведении к воздействию невесомости.

Комбинацией ИДНТ и заданных вестибулярных воздействий в условиях оптически замкнутой кабины воспроизводится совокупность гемодинамических, сенсорных и статокINETических эффектов невесомости или вестибулосенсорный конфликт невесомости [2]. После заданного времени моделирования невесомости создается перегрузка, характерная для этапа спуска космического корабля с орбиты. Разработанный метод имитации аэрокосмического полета позволяет на предварительном этапе отбора космонавтов анализировать их способность к устойчивости на воздействие невесомости, в дальнейшем проводить тренировки в земных условиях, ощущая на себе всю тяжесть острого периода адаптации к воздействию невесомости в первые сутки полета;

– методика экспериментальной экспертной оценки выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета на МКС в интересах осуществления полетов в дальний космос

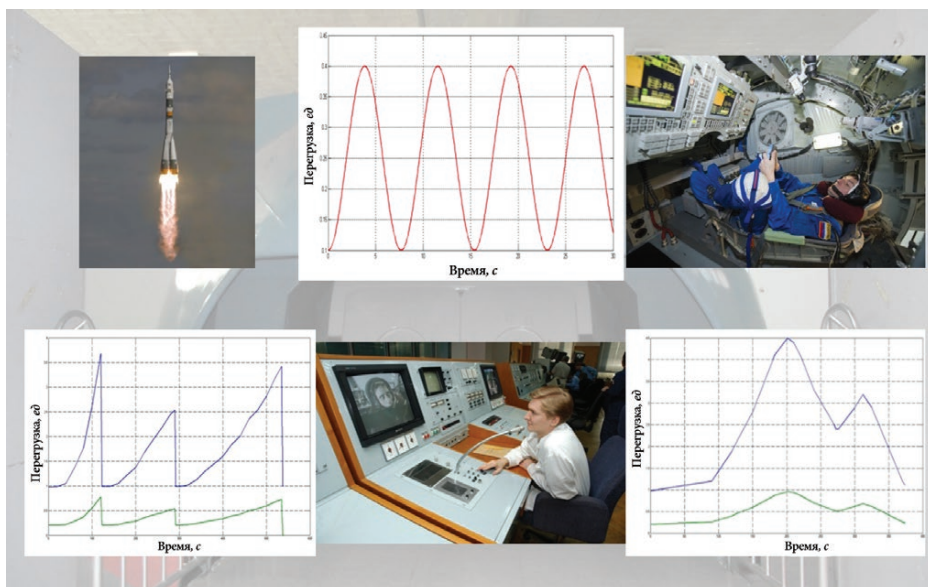


Рис. 6. Сквозное моделирование этапов космического полета

является оценка возможности выполнения оператором спуска на поверхность планеты в режиме ручного управляемого спуска после выполнения длительного космического полета (рис.7). До настоящего времени исследования по возможности выполнения ключевых операторских функций после длительного пребывания человека в космосе не проводились.

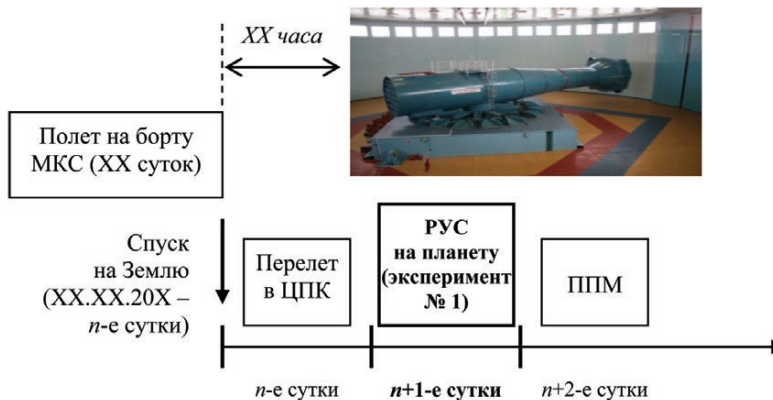


Рис. 7. Модель экспериментальных исследований с участием экипажей МКС

Предварительная отработка экспериментальных исследований на тренажерах ТС-18 и ТС-7 выполнялась с участием космонавтов РФ экипажей МКС Новицкого О.В., Тарелкина Е.Н., Волкова С.А., Романенко Р.В., Ревина С.Н., Падалки Г.И., Корниенко М.Б., Овчинина А.Н.

Шестое направление – исследования по решению задач подготовки космонавтов по перспективным космическим программам, ставящих своей целью освоение Луны и Марса [3, 4].

Седьмое направление – исследования, направленные на создание на базе центрифуг тренажеров с использованием технологий виртуальной (совмещенной, дополненной) реальности, для подготовки космонавтов к работам (отдельным технологическим операциям) в условиях Луны, Марса и др. космических тел.

50-летний опыт использования в ЦПК имени Ю.А. Гагарина центрифуг для исследования человека показал, что ЦФ – одно из эффективных технических средств, позволяющее оценить физиологическое состояние человека при воздействии на него моделируемых экстремальных факторов, возникающих в процессе аэрокосмического полета, а также обеспечивающее подготовку космонавтов к воздействию экстремальных факторов космического полета.

Практика использования различных тренажерных и исследовательских средств для контроля физиологических параметров человека показала, что многие из них по различным причинам, в том числе в связи с развитием инженерных и медицинских технологий, прекратили свое существование или

не получили дальнейшего развития, а вот центрифуги различного типа (мини-ЦФ, центрифуги короткого радиуса, ЦФ среднего и большого радиуса) не только не потеряли актуальности их использования в различных областях деятельности человека, а наоборот, находятся в состоянии постоянного развития. Расширяется круг их применения в авиации, космонавтике, медицине, спортивной медицине, ракетостроении, биологии. Появляются новые модели и модификации этих устройств, начиная от ЦФ со свободной подвеской кабины, до мультиприводных ЦФ (ЦФ-манипуляторов) с шестью степенями свободы, позволяющих, например, моделировать полет современных высокоманевренных авиационных комплексов.

Отдел центрифуг и динамических тренажеров Центра подготовки космонавтов находится в состоянии постоянного поиска нового и совершенствования востребованных и используемых по назначению в широком смысле этого слова ТСПК – центрифуг. Прорабатываются предложения по созданию новой центрифуги. Перспектива использования центрифуг Центра видится в реализации потенциала возможностей по следующим направлениям исследований:

- сквозное моделирование этапов космического полета ТПК и применение его для подготовки космонавтов;
- моделирование вестибулосенсорного конфликта невесомости и использование его при отборе и подготовке космонавтов;
- имитация на центрифугах нештатных ситуаций на этапах старта космического корабля и схода с орбиты;
- имитация на центрифугах пониженной гравитации, действующей на других планетах;
- моделирование на ЦФ всех этапов лунной экспедиции, в том числе с использованием технологий виртуальной и совмещенной реальности;
- создание на базе ЦФ новых динамических тренажеров для подготовки космонавтов.

Вышеперечисленное по сути своей есть задачи на краткосрочную и дальнесрочную перспективы дальнейшего развития и деятельности отдела центрифуг и динамических тренажеров Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

## **Основные даты в 50-летней истории отдела**

01.04.1969 г. – в составе 2 управления ЦПК создан 4 отдел – отдел испытаний космических летательных аппаратов и подготовки космонавтов на центрифугах;

01.03.1973 г. – построена, запущена в опытную эксплуатацию и введена в процесс отбора и подготовки космонавтов центрифуга ЦФ-7;

1971 г. – начало строительства центрифуги ЦФ-18;

23.09.1981 г. – построена, запущена в опытную эксплуатацию и введена в процесс отбора и подготовки космонавтов центрифуга ЦФ-18;

- сентябрь 1982 г. – введен в эксплуатацию тренажер «Пилот 732» с динамическим рабочим местом космонавта на базе центрифуги ЦФ-7;
- 1986 г. – проведены исследования по созданию тренажера спуска МКК «Буран» на базе центрифуги ЦФ-18;
- 1994 г. – начало создания тренажера РУС ТС-18 на базе ЦФ-18;
- 11.04.2002 г. – создан и введен в эксплуатацию тренажер ТС-18 с динамическим рабочим местом на базе кабины «А» центрифуги ЦФ-18;
- 2003 г. – установлено и введено в эксплуатацию кресло К-36 в кабине «А» центрифуги ЦФ-18;
- ноябрь 2003 г. – выведен из эксплуатации тренажер «Пилот 732»;
- 23.03.2004 г. – состоялся первый научно-технический семинар, посвященный проблемам эксплуатации центрифуг. В семинаре участвовали представители 13 организаций авиационной и космической отраслей;
- октябрь 2006 г. – введена в эксплуатацию новая система физиологического контроля в составе оборудования центрифуг ЦФ-7 и ЦФ-18;
- 2009 г. – изменена ОШС отдела – в составе отдела появилось 3-е отделение и должности «главный специалист» отдела и «ведущий специалист» отдела;
- 10.10.2012 г. – из отдела ушел последний военнослужащий;
- 2012 г. – начало создания тренажера ТС-7 на базе ЦФ-7;
- 10.10.2014 г. – введен в эксплуатацию тренажер ТС-7 на базе ЦФ-7;
- 10.10.2014 г. – завершена модернизация ЦФ-7. Введены в эксплуатацию система управления и силовой электропривод центрифуги;
- октябрь 2017 г. – испытан и допущен к эксплуатации модернизированный под ТПК «Союз МС» тренажер ТС-7 на базе ЦФ-7;
- сентябрь 2018 г. – испытан и допущен к эксплуатации модернизированный под ТПК «Союз МС» тренажер ТС-18 на базе ЦФ-18.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Смирчевский Л.Д. Откровенно о сокровенном. Записки заслуженного испытателя космической техники. – г. Реутов, ОАО «ВПК «НПО машиностроения», 2011. – С. 227–239.
- [2] Возможности моделирования динамических факторов космического полета на центрифуге с управляемым кардановым подвесом в интересах обеспечения перспективных космических программ. Воронин Л.И., Каспранский Р.Р., Киршанов В.Н., Александров В.В., Садовничий В.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 1(1). – С. 135–142.
- [3] Экспериментальные исследования по оценке выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета на МКС в интересах осуществления полетов в дальний космос / Крикалёв С.К., Крючков Б.И., Харламов М.М., Новицкий О.В., Тарелкин Е.И., Курицын А.А., Долгов П.П., Почуев В.И., Сохин И.Г., Орешкин Г.Д., Копнин В.А., Алексеев В.Н., Киршанов В.Н., Бачмановский Н.А., Кондратьев А.С., Жамалетдинов Н.Р., Васильев А.В. // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – № 4(9). – С. 24–35.

- [4] Долгов П.П., Киршанов В.Н., Чудинов А.П. Основные направления работ на центрифугах и их целевого применения // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», посвященной 55-летию ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 10–12 ноября 2015. – С. 267–268.

## REFERENCES

- [1] Smirichevsky L.D. Otkrovenno o sokrovennom [Frankly speaking...]. Memoirs of honored test operator of space technologies. – Reutov, JSC NPO Mashinostroyeniya, 2011. – pp. 227–239.
- [2] Possibility of simulation of spaceflight dynamic factors on the centrifuge with the controlled gimbals to ensure prospective space programs. Voronin L.I., Kaspransky R.R., Kirshanov V.N., Alexandrov V.V., Sadovnichy V.A. // Scientific Journal *Manned Spaceflight*. – 2011. – No 1(1). – pp. 135–142.
- [3] Experimental assessment of carrying out complex operator activity by cosmonauts after long-duration mission aboard the ISS in the interests of human space exploration beyond low-earth orbit / Krikalev S.K., Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M., Novitsky O.V., Tarelkin E.I., Kuritsyn A.A., Dolgov P.P., Pochuev V.I., Sokhin I.G., Oreshkin G.D., Kopnin V.A., Alekseev V.N., Kirshanov V.N., Bachmanovsky N.A., Kondratiev A.S., Zhamaletdinov N.R., Vasiliev A.V. Scientific Journal *Manned Spaceflight*. – 2013. – No 4(9). – pp. 24–35.
- [4] Dolgov P.P., Kirshanov V.N., Chudinov A.P. The main lines of work in centrifuges and their intended application. // Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights” dedicated to the 55<sup>th</sup> anniversary of Yu.A. Gagarin Research&Test CTC, November 10–12, 2015. – pp. 267–268.