

ИСТОРИЯ. СОБЫТИЯ. ЛЮДИ

HISTORY. EVENTS. PEOPLE

УДК 629.78.007

ЦЕНТРИФУГА ЦФ-7 – 50 ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ

В.Н. Киршанов, А.Г. Юфкин

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

В статье изложена краткая история строительства, ввода в эксплуатацию и применения (использования) центрифуги ЦФ-7 в процессе подготовки космонавтов. Представлены фотографии и материалы, рассказывающие о событиях, которые происходили в разные периоды жизненного цикла центрифуги, в том числе, связанные с непосредственным обеспечением подготовки космонавтов как на самой центрифуге, так и на динамических тренажерах на ее платформе. Показан путь модернизации центрифуги в целом, доработка отдельных систем и оборудования, приведена краткая статистика, изложены планы дальнейшей модернизации и применения.

Ключевые слова: Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, центрифуга, динамические тренажеры, перегрузка

TsF-7 Centrifuge – 50 Years of Operation, Development Prospects.

V.N. Kirshanov, A.G. Yufkin

The paper gives the brief history of building, commissioning, and using the TsF-7 centrifuge for the purposes of cosmonaut training. It also presents the photographs and other materials that illustrate various periods of the centrifuge life cycle, including those related to providing cosmonaut training both on the centrifuge itself and on the dynamic simulators, located on its platform. The ways to upgrade the centrifuge as a whole complex and to improve its systems and equipment, brief statistic data, and plans of further modernization and use of the centrifuge are given here.

Keywords: Cosmonaut Training Center named after Yu.A. Gagarin, centrifuge, dynamic simulators, overload

В 1968 г. Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК, в/ч 26266) выступил Заказчиком на проектирование и изготовление центрифуги (ЦФ) для физиологических исследований и подготовки космонавтов. На тот период ЦПК подчинялся Министерству обороны СССР и являлся одним из ведущих научных центров не только Военно-воздушных сил (ВВС), но и страны в целом. В это же время в состав ВВС входил Центральный

экспериментальный завод (ЦЭЗ, завод), которому и было выдано техническое задание на разработку проекта и изготовление ЦФ. Параллельно с проектированием и изготовлением центрифуги в ЦПК возводилось здание для ее размещения, которое было готово в 1970 г. (рис. 1, 2).

В феврале 1973 г. была успешно выполнена задача по монтажу ЦФ. После проведения приемочных испытаний, 28 февраля 1973 г. командиром в/ч 26266 Г.Т. Береговым был подписан приказ о вводе ЦФ, получившей сокращенное наименование ЦФ-7, в опытную эксплуатацию с 1 марта 1973 г. (рис. 3).



Рис. 1. Строящееся здание ЦФ-7 со стороны современной автостоянки № 7, 1969 г.



Рис. 2. Строящееся здание ЦФ-7 со стороны помещения барокамеры СБК-80, 1969 г. (на заднем плане д. 2 и 4 Звездного городка)

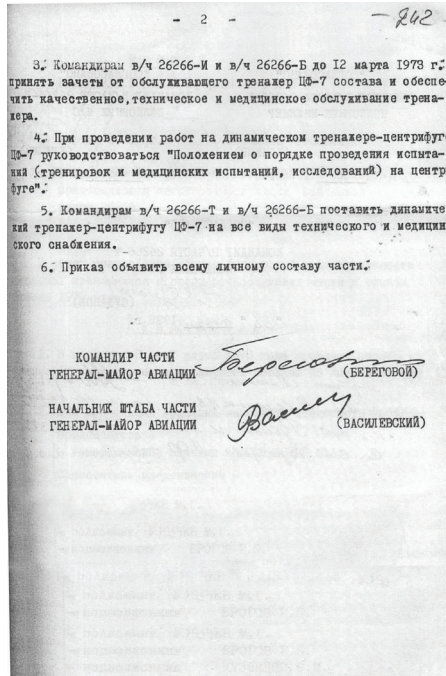
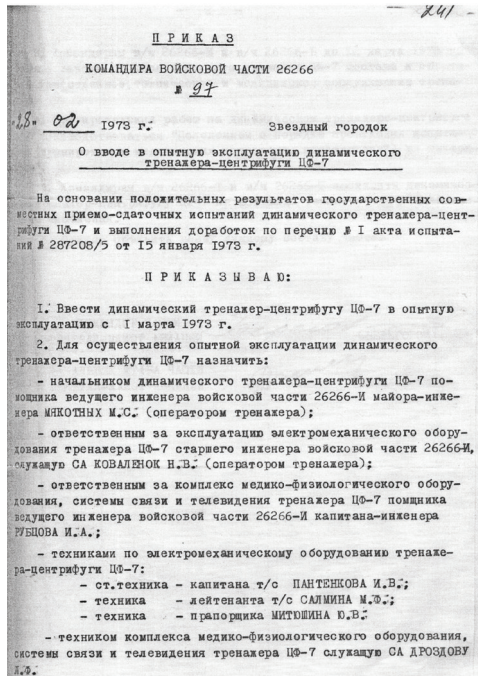


Рис. 3. Приказ № 97 командира в/ч 26266 от 28.02.1973

В период строительства ЦФ в 1969 г. в ЦПК прошли организационно-штатные мероприятия, в результате которых был сформирован отдел центрифуг со своим штатом и полномочиями [1].

Под руководством начальника отдела И.А. Филекина и главных инженеров ЦПК В.И. Гусарова и Ю.П. Никитина специалисты вновь созданного подразделения: А.И. Кулебакин, М.С. Мякотных, Н.В. Коваленок, А.В. Любимов, В.И. Кушков, М.Ф. Салмин, Ю.Н. Померанцев, И.В. Пантенков, В.А. Павлов, В.К. Павлов, В.А. Забрусков, Г.И. Москаленко обеспечили сопровождение работ по проектированию, созданию отдельных конструктивных элементов, транспортировке, разгрузке, хранению, монтажу всего комплекса оборудования ЦФ, пусконаладочных и приемочных работ.

Таким образом, с 1 марта 1973 г. ЦФ-7 (рис. 4, 5) вошла в состав средств подготовки космонавтов и находится в стадии непрерывной опытной эксплуатации до сегодняшнего дня.

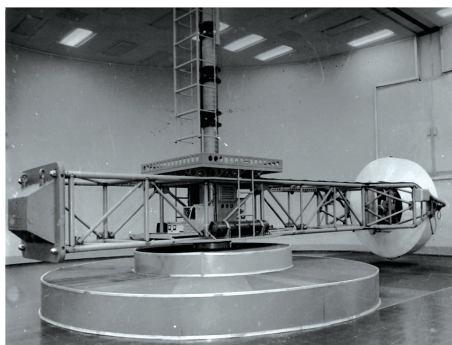


Рис. 4. Общий вид ЦФ-7, 1973 г.

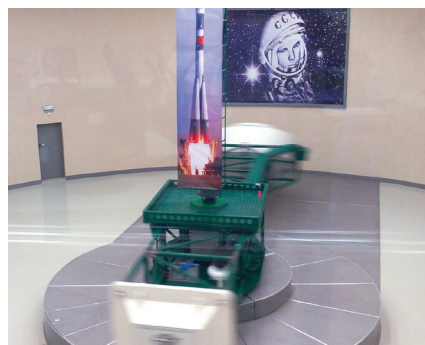


Рис. 5. Общий вид ЦФ-7 после модернизации, 2014 г.

Технические характеристики центрифуги представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики ЦФ-7

Наименование параметра	Единица измерения	Величина параметра
1. Диапазон перегрузок	ед.	0,2–20
2. Градиент перегрузки	ед./сек	7
3. Радиус вращения	м	7
4. Угловая скорость при максимальной перегрузке	об./мин	50,7
5. Линейная скорость при максимальной перегрузке	м/сек	37,2
6. Максимальное тангенциальное ускорение	м/сек ²	21
7. Максимальное угловое ускорение	рад./сек ²	3
8. Максимально полезный груз в кабине	кг	200
9. Вид потребляемой энергии	В/Гц	380/50
	кВ/Гц	6/50



Рис. 6. Задачи, решаемые на ЦФ-7

Технические характеристики, заложенные на стадии проектирования и реализованные в элементах силовых конструкций, систем и оборудования ЦФ позволяют решать задачи (рис. 6).

ЦФ за 50 лет эксплуатации эффективно использовалась не только при решении специалистами Центра задач, перечисленных выше, но также и для подготовки космонавтов к ручному управлению спускаемым аппаратом космического корабля (КК). С 1982 по 2002 г. космонавты проходили подготовку по режиму ручного управляемого спуска (РУС) ТПК «Союз» на атмосферных участках полета в статических и динамических условиях на тренажере «Пилот-732» (см. рис. 7), с использованием вычислительного комплекса на базе ЭВМ М-222 (см. рис. 8, 9).

С 2014 г. эта задача решается на тренажере РУС нового поколения (ТС-7), созданного под ТПК «Союз» (см. рис. 10) на базе современных вычислительных средств. Тренажер ТС-7 перманентно модернизируется под текущие версии ТПК и находится в постоянной готовности к проведению тренировок.

В 1975 г. по инициативе ОКБ им. А.И. Микояна было решено создать базу в ЦПК для проведения исследований по теме «Спираль». В течение 1976 г. в ЦПК был создан аналого-цифровой моделирующий комплекс (АЦМК). Он предназначался для моделирования движения орбитального самолета (ОС) на участке управляемого спуска при воздействии перегрузки на человека-оператора.

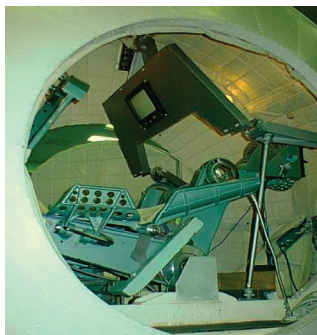


Рис. 7. Рабочее место космонавта «Пилот-732» в кабине ЦФ-7, 1995 г.

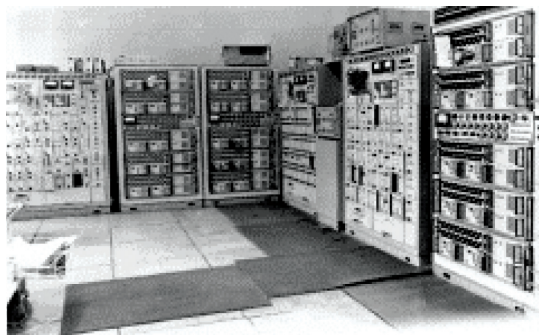


Рис. 8. Аналоговая часть вычислительного комплекса ЦФ-7, 1980 г.

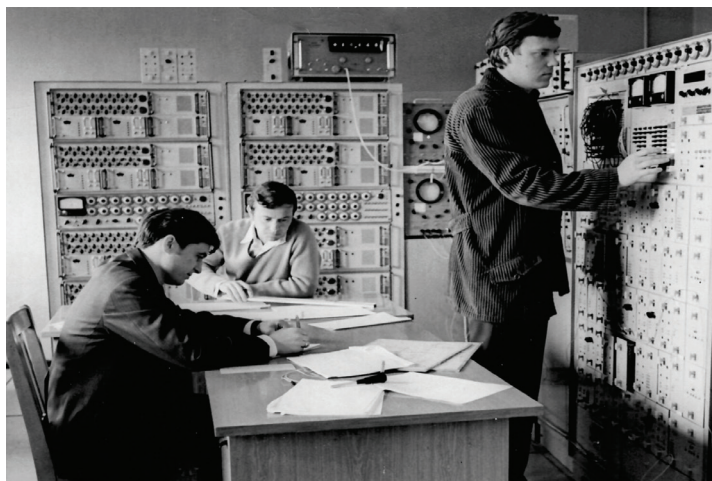


Рис. 9. Инженеры отдела за работой, 1976 г.
(на переднем плане О.Н. Ступаков, Н.Н. Брюзгин)



Рис. 10. ТС-7: динамическое и статическое рабочие места космонавта

Структурная схема связей между элементами моделирующего комплекса «Пилот-105» приведена на рис. 11. Включение в контур моделирования АЦМК ЦФ-7 позволило параллельно с решением задачи синтеза системы управления ОС на спуске провести исследования влияния перегрузки на динамические характеристики оператора в режимах директорного и ручного управления [2].

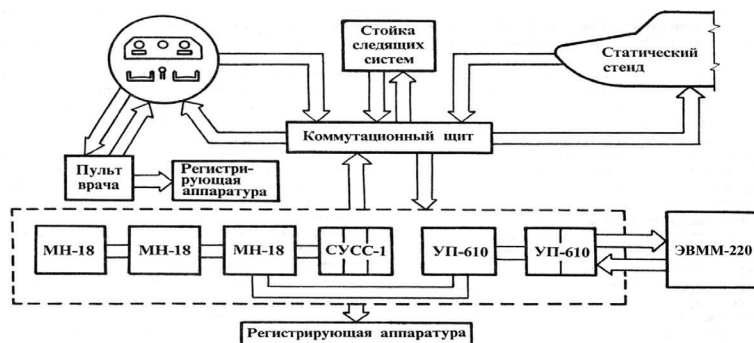


Рис. 11. Структурная схема моделирующего комплекса «Пилот-105»

Работой по созданию пилотажно-исследовательского комплекса на базе ЦФ-7 и проведением экспериментальных исследований активно занимались научные сотрудники отдела А.И. Шуров и А.С. Васьков.

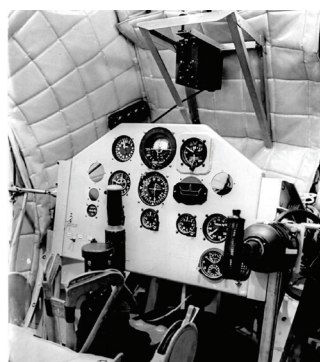
В том же 1976 г. проведенные исследования по теме «Спираль» почти полностью пригодились при разработке темы «Буран». Был создан и активно использовался при экспериментальных исследованиях специальный стенд «Пилот-35» (рис. 12). К этой работе от ЦПК были привлечены специалисты отдела – А.В. Любимов, В.В. Рябов, А.И. Федоров [2, 3].



Рис. 12. Статическое рабочее место оператора стенда «Пилот-35» на базе макета кабины ОК «Буран» (в кабине тренажера специалист отдела М.Ф. Салмин)

Для отработки навыков пилотирования летательными аппаратами в условиях воздействия перегрузки «головатаз» был создан стенд «Пилот-105». Динамическое рабочее место стенда «Пилот-105» для моделирования реальных перегрузок было организовано в кабине ЦФ-7 (рис. 13, а). Статическое рабочее место стенда, с системой визуализации внекабинной обстановки при посадке «Черешня», с использованием ЭВМ М-6000, было организовано на базе кабины самолета МиГ-21 (рис. 13, б, в).

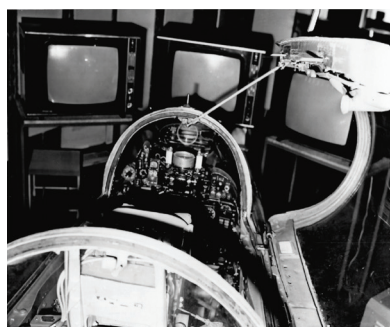
Анализируя последовательность модернизации нужно отметить, что в начале 2000-х гг. специалистами ЦПК, эксплуатантами ЦФ, была проведена большая и скрупулезная работа по разработке и созданию новой системы физиологического контроля (СФК). Для подготовки ТЗ, макетирования и создания опытных рабочих образцов оборудования, программно-математического обеспечения СФК и ввода их в эксплуатацию потребовалось четыре года. СФК ЦФ-7 была введена в эксплуатацию в 2003 г. (рис. 14), она пришла на смену системе медицинского контроля (СМК) образца 1973 г. (рис. 15–17) [4].



а



б



в

Рис. 13. Тренажер «Пилот-105»:
а – динамическое РМО в кабине ЦФ-7; б – кабина с СВВО;
в – статическое РМО в кабине МиГ-21



Рис. 14. СФК ЦФ-7, рабочее место врача, 2023 г. (врач И.В. Коновалова)

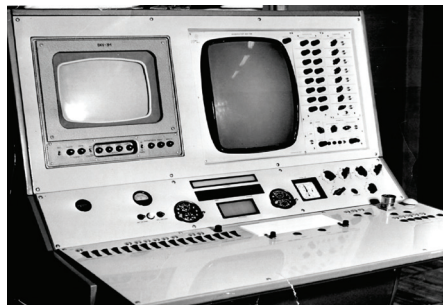


Рис. 15. Пульт СМК ЦФ-7, рабочее место врача, 1973 г.



Рис. 16. За пультом СМК ЦФ-7 (слева направо): Е.П. Макаров, врач Н.В. Улятовский, инженер Г.Б. Глинка, в кабине (на экране) космонавт В.Ф. Быковский, 1976 г.



Рис. 17. СФК регистрации физиологических параметров, 1973 г. За работой специалисты (слева направо): В.П. Степанова, Л.Ф. Дроздова

В рамках создания СФК также впервые в истории эксплуатации ЦФ был изготовлен стенд контроля наложения датчиков на космонавта (испытателя), что значительно сократило время его подготовки к исследованиям (вращениям) (см. рис. 18).

Благодаря активной деятельности инженеров-специалистов отдела и руководства управления, на центрифуге к сегодняшнему дню модернизированы воздушная система, система связи, видеоконтроля, контроля остроты зрения. Установлена система визуализации процесса старта и выведения космического корабля на орбиту, синхронизированная по времени с работой системы управления ЦФ. Созданы полнокровные рабочие места операторов (инженеров, врачей) на технологических постах посадки космонавтов (испытателей) в кабину ЦФ и подготовки космонавтов (испытателей) к исследованиям (вращениям). В рамках модернизации системы управления (СУ), СФК и реконструкции здания (2012–2014) существенным образом изменилось рабочее место операторов ЦФ, врача и медицинских специалистов (см. рис. 19, 20) [4].



Рис. 18. СКНД, медицинский пост, 2023 г.
За подготовкой оборудования (слева направо):
И.Б. Магусевич, А.В. Таланова)



Рис. 19. Пультавая ЦФ-7, на переднем плане за пультом
главный оператор Ю.Н. Полковский, 1982 г.



Рис. 20. Пультавая ЦФ-7 после модернизации, 2023 г.

Одной из важных задач, которую специалисты Центра успешно решают и по сегодняшний день, является задача медицинской экспертизы летного состава ВКС МО РФ – это является вкладом специалистов ЦПК и отдела центрифуг и динамических тренажеров в дело обеспечения обороноспособности Российской Федерации. При решении только этой задачи, в течение последних 9 лет на ЦФ выполнено более 17 000 вращений, экспертизу прошли более 5000 летчиков, штурманов и курсантов военных летных училищ, наработка ЦФ составила более 350 часов.

В целом за 50 лет применения ЦФ по назначению ее наработка составила более 1850 часов, выполнено более 34 000 вращений, из них более 26 000 вращений – с человеком, выполнено и реализовано более 30 НИИР, зарегистрировано 17 изобретений.

Система эксплуатации

За 50-летнюю историю использования ЦФ для подготовки космонавтов и выполнения других задач сложилась устойчивая система ее эксплуатации.

В соответствии с приказом ЦФ находится в опытной эксплуатации. Назначенный срок службы, наработка, предельное количество рабочих циклов нагружения в эксплуатационной и другой технической документации, представленной разработчиком ЦФ, не определены. Исходя из этого, на начальном этапе применения центрифуги специалистами отдела было предложено часть оборудования и систем ЦФ эксплуатировать по состоянию, часть по срокам службы, наработке. Предложения были актуализированы на практике и закреплены документально в Руководстве по эксплуатации ЦФ и других эксплуатационных документах (ЭД).

ЦФ по составу оборудования, условиям эксплуатации и требованиям по обеспечению безопасности космонавтов (испытателей), врачей, специалистов, обеспечивающих ее техническую и функциональную эксплуатацию, очень близка к авиационной технике (АТ). В связи с чем руководителями, которые стояли у истоков создания ЦФ, было принято решение взять за основу ее эксплуатации систему эксплуатации АТ с учетом отдельных специфических особенностей.

В системе эксплуатации ЦФ предусмотрены и выполняются несколько видов подготовок в части касающейся текущей эксплуатации – это предварительная подготовка, подготовка перед вращением и подготовка после окончания вращений, которые оформляются контрольными листами. Контрольный лист подготовки ЦФ является документом, регистрирующим персональную ответственность конкретных специалистов за выполненные работы на системах и оборудовании ЦФ. Кроме этого предусмотрены регламентные работы, выполнение которых регистрируется в формуляре ЦФ, там же отражаются работы при выполнении текущих ремонтных работ. Продление ресурсных показателей осуществляется один раз в 5 лет.

Инженерно-техническое обеспечение систем и оборудования ЦФ осуществляется бригадно-групповым методом с привлечением к ее эксплуатации инженеров-специалистов по механическому, электрическому и электронному оборудованию.

Все виды испытательно-тренировочных работ (ИТР) (врачебно-летная экспертиза космонавтов (перегрузка направлением «голова – таз», 3; 5 ед.); врачебно-летная экспертиза космонавтов (перегрузка направлением «грудь – спина», 4; 8 ед.); ознакомительные вращения космонавтов по графикам «Выведение» и «Спуск»), проводимые на ЦФ-7 и ДТ ТС-7, выполняются составом испытательно-тренировочной бригады (ИТБ). Специалисты ИТБ при проведении ИТР выполняют свои обязанности на технологических постах (ТП) (табл. 2).

Таблица 2

Состав ИТБ ЦФ-7

Техпост	Должность специалистов в ИТБ	Количество специалистов
Пультовая ЦФ	Руководитель ИТБ	1
	Зам. руководителя ИТБ	1
	Зам. руководителя ИТБ (медицина)	1
	Главный оператор	1
	Помощник ГО	1
	Оператор ЭФО	1
	Врач	1
	Медицинская сестра	2
	Оператор видеонаблюдения и связи	1
Круглый зал ЦФ	Старший оператор по посадке космонавта в кабину	1
	Оператор по посадке космонавта в кабину	1
	Старший оператор ЭФО	1
	Врач (инструктаж)	1
Машинный зал ЦФ	Старший оператор	1
	Оператор	1
	Оператор КТП ЦФ	1
Медицинский пост	Медицинская сестра	1

Основными документами, регламентирующими эксплуатацию ЦФ в процессе ее жизненного цикла, являются:

1. Документы, определяющие эксплуатацию средств подготовки космонавтов и проведение НИИР в ЦПК в целом.
2. Положение по эксплуатации ЦФ и ДТ на их базе.
3. Руководство по эксплуатации ЦФ.
4. Инструкции по эксплуатации отдельных систем и оборудования ЦФ.
5. Руководство по проведению ИТР на ЦФ.
6. Установочные и текущие приказы и распоряжения по ЦПК.

Эксплуатационные мероприятия, проводимые на ЦФ в рамках принятой системы эксплуатации, позволили обеспечить ее практически непрерывную работу в течение прошедших 50 лет. При этом, анализ эксплуатации ЦФ по записям учета наработки, выполнения ремонтных и регламентных работ, которые зарегистрированы в формуляре, показывает, что за период 50-летней эксплуатации ее работа приостанавливалась только трижды: первый раз на два месяца в 1978 г., с заменой возбудителя ПВ-91 на ПВ-91-У4; второй раз на два месяца в 2001 г. для проведения капитального ремонта синхронного электродвигателя СДСЗ-14-49-6; третий раз выводилась из эксплуатации на два года с сентября 2012 по октябрь 2014 г. в плановом порядке. В указанный период проведена реконструкция здания ЦФ, разработаны, смонтированы, испытаны и введены в эксплуатацию новые система управления и силовой электропривод ЦФ, а также выполнена покраска фермы и кабины ЦФ, произведена полная замена обшивки интерьера кабины и ложементов кресла (рис. 21–23).



Рис. 21. Подготовка к покраске ЦФ-7, 2012 г.



Рис. 22. Кабина ЦФ-7 перед покраской



Рис. 23. Ферма ЦФ-7 после покраски
(качество покраски фермы контролируют А.Г. Юфкин, Н.А. Максимов)

При покраске центрифуги на ее элементы – кабину и кормовую часть нанесены наименование ЦФ, название и логотип организации владельца, на стене круглого зала ЦФ был установлен баннер с изображением первого в мире космонавта, нашего соотечественника Ю.А. Гагарина, на конструкции крепления ВКУ установлен баннер с изображением ТПК «Союз МС» (см. рис. 5).

Таким образом, на сегодняшний день ЦФ-7 – единственная центрифуга в авиационной и космической областях деятельности РФ, дизайн которой позволяет определить ее отраслевую принадлежность.

Малое количество капитальных ремонтов и незначительный по времени простой ЦФ говорят о высокой надежности ее оборудования и систем.

Перспектива развития ЦФ-7

Анализ технического состояния ЦФ-7 позволяет специалистам ЦПК сделать вывод о том, что технический потенциал, заложенный в ее конструкцию при проектировании, строительстве и последующих модернизациях, предполагает дальнейшее использование этого уникального ТСПК по назначению, при условии ее грамотной эксплуатации в соответствии с требованиями ЭД и перманентного совершенствования (модернизации) с внедрением новых (современных) технологий в основные образующие системы:

1. Несущих конструкций (механическое оборудование).
2. Управления (силовой электропривод и система управления – электронное и электрическое оборудование).
3. Электронного и физиологического оборудования.

В перспективные планы по модернизации центрифуги входят:

- модернизация рабочего места в кабине для летного состава;

- модернизация системы вентиляции главного двигателя ЦФ;
- разработка и создание новой СФК на базе современных технологий;
- периодическая модернизация электронного оборудования;
- периодическое совершенствование программного обеспечения и оборудования;
- изготовление новой универсальной кабины.

Несмотря на свой внушительный возраст, ЦФ продолжает функционировать в общей системе ТСПК Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина. Предлагаемая модернизация позволит продлить ее жизненный цикл как минимум на 20...30 лет. На текущий момент ЦФ исправна и включена в перечень средств подготовки космонавтов, на которых в недалеком будущем будет осуществляться подготовка новых участников космических полетов для строительства, эксплуатации, проведения космических исследований и экспериментов на новой российской орбитальной станции, а также реализации программ по изучению (освоению) дальнего космоса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Российский государственный научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, 40 лет / В.И. Алексеев, Г.А. Алексеев, В.С. Афонин [и др.]; ЦПК. – Москва: Кладезь-Букс, 2000. – 271 с.
- [2] Полунатурное моделирование на пилотажно-исследовательском комплексе в Центре подготовки космонавтов / В.В. Горбатенко, А.И. Шуруп, А.С. Васюков // Авиационно-космические системы. Сборник статей под общей редакцией Г.Е. Лозино-Лозинского. – Москва: МАИ, 1997. – С. 70–77.
- [3] 30 лет центрифуге ЦФ-18 / В.Н. Киршанов, А.П. Чудинов, И.Н. Гаврик, С.Н. Белявцев // Фотоальбом. – Москва: РТСофт, 2011. – 56 с.
- [4] 40 лет центрифуге ЦФ-7 / В.Н. Киршанов, А.П. Чудинов, А.Г. Юфкин [и др.] // Фотоальбом. – Москва: РТСофт, 2013. – 76 с.

REFERENCES

- [1] State Organization “Gagarin R&T CTC named after Yu.A. Gagarin”. 40 Years / V.I. Alekseev, G.A. Alekseev, V.S. Afonin [et al.]; GCTC. – Moscow: Kladez-Buks, 2000. – 271 p.
- [2] Semi-natural Simulation on the Flight-and-Research Complex at the Cosmonaut Training Center. / V.V. Gorbatenko, A.I. Shurov, A.S. Vaskov // Aviation and Space Systems. Collection of Articles under the General Editorship of G.E. Lozino-Lozinsky. – Moscow: MAI, 1997. – P. 70–77.
- [3] 30 Years of the TsF-18 Centrifuge / V.N. Kirshanov, A.P. Chudinov, I.N. Gavrik, S.N. Belyavtsev // Photo album. – Moscow: RTSoft, 2011. – 56 p.
- [4] 40 Years of the TsF-7 Centrifuge / V.N. Kirshanov, A.P. Chudinov, A.G. Yufkin [et al.] // Photo album. – Moscow: RTSoft, 2013. – 76 p.