

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МАИ**

---

*На правах рукописи*



**КУТНИК Ирина Владимировна**

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ЦЕЛЕВЫХ РАБОТ  
И НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Специальность 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации,  
статистика (технические науки)

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
Курицын Андрей Анатольевич

Москва – 2024

## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>5</b>
<b>Раздел 1 Системный анализ существующего процесса выполнения космонавтами программ НПИ на борту существовавших и современных пилотируемых космических комплексов и разработка предложений по его совершенствованию.....</b>	<b>13</b>
1.1 Анализ выполнения программ НПИ на борту орбитальных пилотируемых комплексов.....	13
1.2 Анализ выполнения программы НПИ на борту РС МКС.....	24
1.3 Формирование предложений по совершенствованию процесса выполнения космонавтами программ целевых работ на борту ПКК.....	26
1.4 Формализация и постановка задачи исследований.....	32
Выводы по разделу.....	36
<b>Раздел 2 Разработка методического, математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК на основе системного подхода.....</b>	<b>39</b>
2.1 Формирование метода определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК.....	39
2.2 Методическое, математическое и программно-алгоритмическое обеспечение выбора состава целевых работ и научной аппаратуры специализированных научных модулей пилотируемого космического комплекса.....	56
2.2.1 Факторы, влияющие на формирование программы целевых работ на борту ПКК.....	56
2.2.2 Методические принципы формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК.....	58

2.2.3 Математическая модель процесса формирования программы целевых работ и научной аппаратуры пилотируемого космического комплекса.....	63
2.2.4 Методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных научных модулей ПКК с использованием автоматизированной информационной системы учета целевых работ	69
Выводы по разделу.....	73
<b>Раздел 3 Оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных ПКК.....</b>	<b>75</b>
3.1 Подход к определению степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных ПКК.....	75
3.2 Экспертная оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту Российской орбитальной станции.....	79
3.3 Экспертная оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных лунных ПКК .....	91
Выводы по разделу.....	104
<b>Раздел 4 Научно-технические основы синтеза структуры автоматизированной информационной системы учета целевых работ для обеспечения выполнения программ целевых работ на борту перспективных ПКК.....</b>	<b>107</b>
4.1 Структура автоматизированной информационной системы учета целевых работ пилотируемых космических комплексов.....	107

4.2 Методика оценки эффективности использования автоматизированной информационной системы учета целевых работ пилотируемых космических комплексов.....	113
4.2.1 Оценка эффективности использования АИСУЦР.....	113
4.2.2 Затраты на использование системы.....	118
4.3 Внедрение результатов исследований.....	119
Выводы по разделу.....	121
<b>Заключение.....</b>	<b>123</b>
<b>Словарь терминов.....</b>	<b>127</b>
<b>Список сокращений и условных обозначений .....</b>	<b>129</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>130</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>142</b>
<b>Приложение А</b> Фактографическое описание целевых работ.....	<b>142</b>
<b>Приложение Б</b> Опросный лист оценки степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК применительно к Российской орбитальной станции.....	<b>167</b>
<b>Приложение В</b> Опросный лист оценки степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК применительно к пилотируемой лунной программе....	<b>171</b>
<b>Приложение Г</b> Программа АИСУЦР.....	<b>175</b>

## Введение

Диссертационная работа посвящена формированию метода определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых космических комплексов (ПКК) путем разработки математического и программно-алгоритмического обеспечения данного процесса. Метод предназначен для формирования программ научно-прикладных исследований (НПИ)/целевых работ (ЦР) и программ подготовки космонавтов по ЦР для перспективных ПКК с целью наиболее эффективного выполнения программ НПИ.

Под ЦР понимается: работа на борту пилотируемого космического комплекса, для проведения которой выделяются пользовательские ресурсы и рабочее время российских членов экипажа для научных исследований и экспериментов, отработки и развития новых технологий для дальнейшего освоения космического пространства, получения практических результатов в интересах промышленности и социальной сферы [12]. Также ГОСТ Р 52017– 2023 [12] подразумевает выполнение на борту пилотируемого космического аппарата (ПКА) ЦР и/или космических экспериментов (КЭ).

Существующий опыт отечественной и мировой пилотируемой космонавтики показывает, что необходимость проведения длительных научно-прикладных исследований в космосе в интересах как фундаментальных исследований, так в интересах развития технологий освоения космического пространства обуславливает необходимость создания на низкой околоземной орбите орбитальных модульных обитаемых космических комплексов.

Опыт пилотируемых космических полетов показывает, что к настоящему времени мировая пилотируемая космонавтика перешла от этапа испытаний космической техники и исследований возможности полетов человека в космос к этапу практического освоения космического пространства: околоземного и окололунного. Выполнение на борту научной программы является важной задачей пилотируемых космических полетов [29].

Одной из основных целей создания орбитальных пилотируемых комплексов (станции «Салют», ОК «Мир», МКС) являлось и является выполнение национальной программы целевых работ в интересах развития науки, техники и экономики государства [51]. Развитие российского сегмента Международной космической станции (РС МКС), доставка многофункционального лабораторного модуля в состав российского сегмента приводит к значительному увеличению числа ЦР, проводимых космонавтами на борту РС МКС.

Окончание программы МКС в ближайшие годы приведет к созданию и эксплуатации Российской орбитальной станции (РОС) [51]. Перспективная отечественная орбитальная станция по планам будет состоять из нескольких специализированных модулей, включая научный модуль. Разрабатываемая в настоящее время программа освоения Луны и окололунного пространства будет включать проведение значительного числа научных исследований и экспериментов. Создание окололунных станций, лунных баз потребует при создании и эксплуатации комплексов научной аппаратуры (НА) использования опыта выполнения программ научных исследований на борту РС МКС [91].

Проанализировав существующий процесс формирования научных программ ПКК можно сделать вывод, что эффективность программы НПИ зависит, в том числе, от состава выполняемых целевых работ и качества подготовки космонавтов к полету [101].

Таким образом, исходя из следующих причин:

- увеличения объемов и направлений НПИ на борту современных и перспективных ПКК;
- разработки перспективных космических программ, предусматривающих дальнейшее проведение научных исследований на околоземной орбите, на Луне и в дальнем космосе;
- возможности использования современных компьютерных технологий для выбора состава ЦР и НА в России, формирования программ подготовки кос-

монавтов с учетом опыта полетов ПКК, с целью обеспечения наиболее эффективного выполнения космонавтами программ ЦР на перспективных ПКК в работе поставлена основная научная задача исследований: *разработка методики математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК с учетом предъявляемых ограничений.*

*Объектом исследования* является программа целевых работ на борту ПКК.

*Предметом исследования* является процесс выполнения космонавтами программ целевых работ на борту ПКК.

*Цель исследования:* разработка метода определения состава ЦР и НА перспективных ПКК на основе системного подхода и фактографического описания целевой работы с учетом опыта эксплуатации существующих ПКК для повышения эффективности выполнения космонавтами программ целевых работ.

Для достижения поставленной цели работы в диссертации поставлена и решена следующая совокупность задач:

- 1) Анализ опыта выполнения космонавтами программ КЭ на борту существовавших и современных ПКК;
- 2) Формирование метода определения состава ЦР и НА перспективных ПКК на основе фактографического описания целевой работы и использования аппарата дискретной математики;
- 3) Разработка методики математического и программно-алгоритмического обеспечения процесса выбора состава ЦР и НА перспективных ПКК с использованием современных информационных технологий;
- 4) Определение степени важности направлений НПИ на борту перспективных ПКК;
- 5) Разработка структуры и порядка использования автоматизированной информационной системы учета ЦР (АИСУЦР) с целью формирования комплекса НА перспективных ПКК, определения программ ЦР и программ подготовки экипажей.

Методы исследования, используемые при решении поставленной в работе научной задачи: анализ опыта полетов экипажей ПКК, контент-анализ нормативных документов, теоретический анализ и обобщение научной и методической литературы, социологические методы (анкетирование, в т.ч. экспертная оценка), методы теории вероятностей, математической статистики, дискретной математики, теории четких множеств, метод математического моделирования, метод экспертных оценок.

Достоверность результатов определяется применением общепринятых методов исследований, использованием в работе результатов выполнения космических полетов экипажей МКС-1 – МКС-68 и реальных статистических данных и экспертных оценок, проведением экспериментальных исследований при подготовке экипажей МКС на базе ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина», ознакомление с полученными результатами специалистов по подготовке космонавтов, специалистов организаций, участвующих в подготовке космонавтов.

Автор в своих исследованиях опирается на труды отечественных и зарубежных ученых в области управления космическими полетами, подготовки космонавтов, системного анализа, информационного управления: Акулова О.А., Боднера В.А, Бранеца В.Н., Вентцель Е.С., Грешилова А.А., Дегтярёва Ю.И., Демина Л.С., Егорова А.И., Зинченко В.П., Жука Е.И., Климук П.И., Крючкова Б.И., Кубасова В.Н., Курицына А.А., Лысенко Л.Н., Любинского В.Е., Микрина Е.А., Наумова Б.А., Ногина В.Д., Новикова А.М., Подиновского В.В., Советова Б.Я., Соловьёва В.А., Сорокина И.В., Цехановского В.В., Шукшунов В.Е., Ярополова В.И., Russel L. Ackoff, J.G. Kemeny, J.L. Snell, G.L. Tompson, Gavriel Salvendy, Maurice W. Sasiени.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в результате проведенного исследования процесса подготовки космонавтов и выполнения космонавтами программы ЦР на борту МКС, разработаны составляющие математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава ЦР и НА перспективных ПКК на основе опыта полетов экипажей пилотируемых комплексов:



– предложен метод определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК на основе фактографического описания бортовой целевой работы с использованием аппарата дискретной математики с учетом требований к комплексу научной аппаратуры;

– разработана математическая модель процесса формирования программы ЦР и состава научной аппаратуры ПКК, которая отличается от существующих использованием аппарата многокритериальной оптимизации с учетом разработанных критериев, логических и количественных параметров;

– впервые предложена методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава ЦР и НА перспективных ПКК и формирования программ подготовки космонавтов с использованием автоматизированной информационной системы учета ЦР;

– впервые определены количественные показатели степени важности существующих направлений и разделов направлений НПИ на борту перспективных ПКК применительно к РОС и лунной программе;

– предложен автоматизированный алгоритм формирования программы ЦР и НА пилотируемого космического комплекса, включающий основные компоненты технологических процессов (планирование, перепланирование, формирование программ ЦР и комплекса научной аппаратуры ПКК с учетом представленных ограничений), базирующийся на использовании автоматизированной информационной системы учета ЦР.

Автором лично получены следующие новые результаты:

теоретического характера: предложения по совершенствованию процесса выполнения космонавтами программ ЦР на борту современных и перспективных ПКК, фактографическое описание ЦР применительно к функционированию пилотируемого космического комплекса, математическая модель формирования программы целевых работ и научной аппаратуры ПКК, методика программно-алгоритмического обеспечения выбора состава комплексов научной аппаратуры

перспективных ПКК с использованием автоматизированной информационной системы учета целевых работ;

прикладного характера: автоматизированный алгоритм формирования программы ЦР (состава НА) для ПКК, структура автоматизированной информационной системы учета целевых работ обеспечения выбора состава комплексов научной аппаратуры перспективных ПКК.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что по результатам исследований разработаны методические основы математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава комплекса научной аппаратуры перспективных ПКК, формирования программ ЦР и программ подготовки космонавтов по ЦР для перспективных ПКК с целью обеспечения наиболее качественного выполнения космонавтами программ пилотируемых полетов.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) Метод определения состава ЦР и НА перспективных ПКК на основе фактографического описания ЦР и использования аппарата дискретной математики;
- 2) Математическая модель процесса формирования программы ЦР и НА ПКК для решения задачи планирования с использованием математического аппарата дискретной математики, многокритериальной оптимизации, предложенного показателя эффективности;
- 3) Методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава ЦР и НА перспективных ПКК, основывающаяся на выявленных факторах, влияющих на формирование программы ЦР на борту ПКК, сформулированных методических принципах, разработанных математической модели и алгоритме с использованием автоматизированной информационной системы учета ЦР;
- 4) Показатели степени важности направлений НПИ на борту перспективных ПКК, рассчитанные на основе экспертной оценки специалистов космической отрасли и профессиональных космонавтов;

5) Структура и порядок использования автоматизированной информационной системы учета ЦР с применением задач-запросов, позволяющая сократить время на выполнение расчётных операций.

Автор исследований является ведущим специалистом по подготовке космонавтов к выполнению программы НПИ (ЦР), непосредственно проводил подготовку 33-х основных экипажей МКС.

Результаты проведенных исследований применялись при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по выбору программ ЦР и состава НА перспективных ПКК, состава средств подготовки космонавтов, отчетов по итогам подготовки и выполнения космических полетов экипажей МКС, а также при создании нормативной документации и обеспечения подготовки космонавтов на технических средствах. Результаты, полученные в работе, использованы при формировании программ экспериментов при проведении международных экспериментальных исследований с участием человека «SIRIUS 21» на базе государственного научного центра институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ ИМБП РАН) в 2021-2022 годах.

Результаты исследований использованы при проектировании и создании функционально-моделирующего стенда подготовки космонавтов «ФМС Наука» (патент на изобретение RU 2617433 С , 25.04.2017 [89]), автоматизированной информационной системы «База данных ЦР».

#### Апробация работы.

За время работы над диссертацией опубликовано 14 печатных работ, в том числе 10 в рецензируемых изданиях Перечня ВАК (из них 8 работ по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)), 4 в сборниках, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus. Получено 1 свидетельство на изобретение о государственной регистрации на учебный тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки экипажей космонавтов к проведению научных исследований на борту МКС.

Основные результаты работы докладывались:

- на XXXXIII-L научных чтениях, посвящённых памяти Ю.А. Гагарина, г. Гагарин, 2017-2023 гг.;
- XIII-XV Международных научно-практических конференциях, Звездный городок, 2019 г., 2021 г., 2023 г.;
- 55-58-х научных чтениях, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, 2020-2023 гг.;
- 71, 72, 74-м Международных астронавтических конгрессах, Вашингтон, 2020 г., Дубай, 2021 г., Баку, 2023 г.;
- XLV и XLVII академических научных чтениях, посвященных памяти С.П. Королева, 2021, 2023 гг.;
- X Международном аэрокосмическом конгрессе, Москва, 2021 г.
- рабочих встречах Международного рабочего комитета по управлению подготовкой экипажей МКС по полезной нагрузке в период 2017-23 гг.

В соответствии с решением поставленных задач работа структурно состоит из 4-х разделов и 4-х приложений. Работа содержит 184 страницы, 38 рисунков, 9 таблиц и 106 источников использованной литературы. По итогам исследований разработана автоматизированная информационная система учета целевых работ, которая подтверждается актом внедрения.

Создаваемые на основе исследований информационные технологии относятся к перечню критических технологий (Раздел 3. Науки о жизни, пункт 3.1.2. дефис 4 «Технологии разработки систем информационного обеспечения, методов и средств повышения эффективности процессов отбора и подготовки космонавтов, их деятельности на борту пилотируемых космических средств» [42]), разрабатываемых в целях выполнения плана мероприятий по научно-технологическому развитию и технологической модернизации экономики РФ (утверждены Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. №899).

## **Раздел 1 Системный анализ существующего процесса выполнения космонавтами программ НПИ на борту существовавших и современных пилотируемых космических комплексах и разработка предложений по его совершенствованию**

### **1.1 Анализ выполнения программ НПИ на борту орбитальных пилотируемых комплексов**

Современный пилотируемый космический комплекс – обитаемый долговременный летательный аппарат, предназначенный для исследований на околоземной орбите или в открытом космосе и позволяет выполнять обширную программу научных исследований в космосе по различным направлениям в течение длительного периода эксплуатации комплекса. При этом основными задачами экипажа космического комплекса являются как операции по подготовке и выполнению научно-прикладных исследований (целевых работ), так и выполнение операций по управлению, обслуживанию и поддержанию в рабочем состоянии бортовых систем комплекса, выполнение динамических режимов по управлению комплексом и транспортными кораблями.

ПКК позволяет обеспечивать долговременное пребывание человека в космическом пространстве и выполняет функции как научной лаборатории, так и мастерской по ремонту отказавшего оборудования, космическим портом для приема и отправки кораблей с возможностью дозаправки топливом. Следующие признаки отличают ПКК от других объектов космической техники: 1) способность поддерживать жизнеобеспечение присутствующих на ней людей в течение долгого периода времени; 2) длительное существование (до ее оставления или демонтажа) на орбите вокруг Земли или какого-либо тела Солнечной системы [75, 76]. К особенностям создания существующих ПКК можно отнести: модульный принцип построения комплекса (в том числе путем замены модулей) и возможность наращивания конструкций (в том числе путем осуществления внекорабельной деятельности (ВКД)).

При создании Международной космической станции был максимально использован весь опыт отечественной и мировой пилотируемой космонавтики по эксплуатации орбитальных ПКК: станций «Салют», ОК «Мир», станции «Скайлэб». Орбитальные пилотируемые космические комплексы, которые были созданы космическими агентствами России (СССР), США и Китайской народной республикой представлены в таблице 1.1.

Из таблицы видно, что наибольший опыт в строительстве и эксплуатации орбитальных пилотируемых комплексов имеет Россия (СССР). В России (СССР) было запущено восемь космических станций, не считая МКС. Первые космические станции по программе «Салют» позволили разработать бортовые служебные системы, позволяющие обеспечить долговременную жизнедеятельность космонавта в космосе. Станции «Салют» содержали один пилотируемый модуль, в котором и располагались члены экипажа. Можно сказать, что ОК «Мир» стал первым многомодульным пилотируемым комплексом, находившимся в эксплуатации 15 лет, на борту которого выполнялись длительные космические полеты, были отработаны уникальные средства обеспечения жизнедеятельности и профилактики космонавтов, были успешно выполнены обширные научные программы.

Американским аэрокосмическим агентством была выполнена только одна программа «Скайлэб», на борту космической станции «Скайлэб» выполнили работу три долговременных экспедиции.

Космическая станция «Скайлэб» включала в себя три обитаемых модуля (лабораторный модуль, шлюзовая камера и причальное устройство) и комплект приборов для проведения астрономических исследований. Лабораторный модуль представлял собой доработанную ступень S-4В ракеты-носителя «Сатурн-5» длиной 27 метров. На станции были развернуты панели солнечных батарей и телескопы, а через сутки после выведения был доставлен экипаж. Цель программы состояла в исследовании возможности пребывания человека в условиях микрогравитации и его работоспособности в тридцати, шестидесяти и девяностосуточном полетах.

Таблица 1.1 – Орбитальные пилотируемые космические комплексы

Орбитальная станция (ПКК)	Дата запуска и прекращения существования	Параметры орбиты			Число экспедиций на борту ОПК	Основные задачи экипажей в полете
		высота в перигее, км	высота в апогее, км	наклонение, град.		
«Салют-1»	19.4 – 11.10.1971	200	222	51,4	1	Проверка работы аппаратуры, эксплуатация бортовых систем.
«Салют-2»	3.4 – 29.4.1973	216	248	51,6	–	
«Салют-3А»	11.5 – 22.5.1973	206	225	51,6	–	
«Скайлэб»	14.5.1973 – 11.71.1979	434	437	50	3	Комплексные технологические, астрофизические, биолого-медицинские исследования, а также наблюдение Земли.
«Салют-3»	26.6.1974 – 25.1.1975	213	253	51,6	1	Обеспечение функционирования систем комплекса. Фото-, видеосъёмки объектов.
«Салют-4»	26.12.1974 – 3.2.1977	168	219	51,6	2	Обеспечение функционирования систем комплекса. Программа научно-прикладных исследований. Фото-, видеосъёмки наземных объектов.
«Салют-5»	22.6.1976 – 8.8.1977	219	260	51,6	2	Обеспечение функционирования систем комплекса. Фото-, видеосъёмки объектов.
«Салют-6»	29.9.1977 – 29.7.1982	219	275	51,6	5 основных 10 посещения	Обеспечение функционирования систем комплекса. Программа научно-прикладных исследований. Фото-, видеосъёмки объектов.
«Салют-7»	19.4.1982 – 7.2.1991	279	284	51,6	6 основных 5 посещения	Обеспечение функционирования систем комплекса. Программа научно-прикладных исследований. Фото-, видеосъёмки объектов.
ОК «Мир»	20.2.1986 – 23.03.2001	385	393	51,6	28 основных 24 посещения	Обеспечение функционирования систем и сборка комплекса. Программа научно-прикладных исследований. Фото-, видеосъёмки объектов.
МКС	20.11.1998 – запуск	415	440	51,6	69 основных 21 посещения	Обеспечение функционирования систем и сборка комплекса. Программа научно-прикладных исследований. Фото-, видеосъёмки объектов.
«Тяньгун-1»	29.09.2011 – 2.04.2018	362	355	42,8	2	Обеспечение функционирования систем комплекса, отработка технологий
«Тяньгун-2»	15.09.2016 – 19.07.2019	393	392	42,8	1	Обеспечение функционирования систем комплекса, отработка технологий
«Тяньгун»	29.4.2021 – запуск	381	394	41,5	6	Обеспечение функционирования систем и сборка комплекса, отработка технологий. Научно-прикладные исследования и эксперименты.

В 2021 году начата программа эксплуатации орбитального комплекса «Тяньгун» Китайской народной республикой, который к настоящему времени включает в себя 3 герметичных модуля.

Экипажи основных экспедиций ОК «Мир» состояли из 2-3 человек. На этапе сборки экипажи МКС также включали 2–3 космонавта/астронавта, в дальнейшем, с учетом развития станции, экипаж МКС был увеличен: в мае 2009 году до 6 человек, а затем, с началом полетов в 2021 году американских кораблей, и до 7 человек [32]. Продолжительность пилотируемых полетов в России представлена на рисунке 1.1. С 2001 года обеспечивалось постоянное пилотируемое присутствие России в космосе.



Рисунок 1.1 – Длительность пилотируемых полетов в России (СССР)

В связи с большим количеством и разнообразием выполняемых на борту многомодульного ПКК задач работа экипажа комплекса в течение полета значительно отличается от работы экипажа пилотируемого транспортного корабля во время полета к ПКК или, например, экипажа воздушного судна. При этом в процессе космического полета космонавты на борту многомодульного ПКК выполняют тысячи разнообразных взаимосвязанных между собой полетных



операций и целевых работ, участвуют в устранении возникающих нештатных ситуаций. Первые орбитальные станции «Салют» включали в себя один орбитальный модуль, и набор выполняемых операций на станции был очень ограничен, орбитальный комплекс «Мир» состоял уже из 6 модулей. МКС на данный момент представляет собой комплекс из 18 обитаемых модулей, двух внешних ферм и 3-х управляемых манипуляторов (рисунок 1.2). Перспективные планы различных космических агентств предполагают создание орбитальных комплексов с возможностью замены модулей с помощью робототехнических средств или средств перемещения модулей, что продолжит усложнение ПКК.

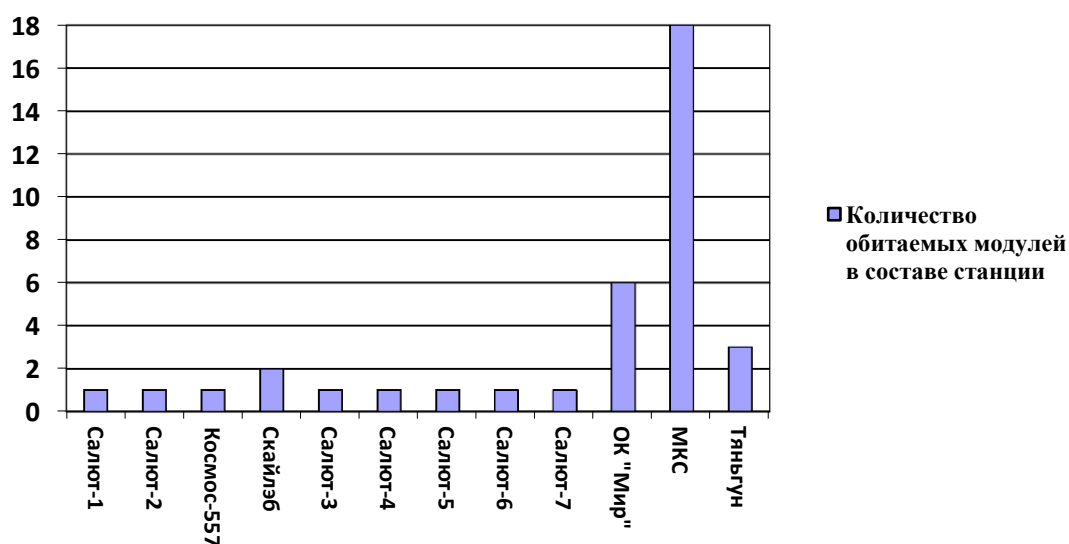


Рисунок 1.2 – Количество обитаемых модулей в пилотируемых космических комплексах

Орбитальный пилотируемый комплекс «Тяньгун» («Небесный дворец») имеет модульный принцип строения. На 2024 год многомодульная станция «Тяньгун» включает в себя 3 обитаемых модуля: базовый модуль и два модуля для проведения исследований. Станция «Тяньгун» стала третьим многомодульным космическим комплексом, но меньших размеров, её общая масса более 60 тонн (масса ОК «Мир» – 124 тонны, масса МКС в настоящее время около 400 тонн). Ожидается, что срок работы станции на орбите составит не менее десяти лет [29].

Таким образом, можно отметить, что реализация программ модульных пилотируемых космических комплексов на орбите Земли является одной из наиболее приоритетных задач космических агентств всех ведущих космических держав. Как уже отмечалось, одной из важнейших задач создания отечественных орбитальных пилотируемых комплексов (станции «Салют», ОК «Мир», МКС) являлось и является выполнение национальной программы научных исследований в интересах развития науки, техники и экономики государства [56]. За время существования орбитального комплекса «Мир» на нем было выполнено более 16,5 тысяч сеансов различных экспериментов, в том числе по 24 международным программам [31]. Программа полета российского сегмента Международной космической станции предусматривает дальнейшее развитие научной программы с учетом выполненной стыковки к МКС в 2021 году многофункционального лабораторного модуля «Наука» [86].

Выполняемые в процессе эксплуатации ОК «Мир» научные исследования проводились по различным направлениям науки и техники, включая биологические и биотехнологические исследования, медицину, технические и технологические исследования, геофизику и экологию Земли, материаловедение и астрономию.

На РС МКС продолжают научные исследования в интересах развития перспективных пилотируемых космических комплексов: исследование свойств материалов в космосе; совершенствование системы медицинского обеспечения пилотируемых полетов; отработка и совершенствование космической техники и ее составных элементов; исследование физических условий в космическом пространстве на орбите МКС [102].

За более чем 20 лет эксплуатации МКС в режиме непрерывного пилотируемого полета на борту российского сегмента МКС в ходе 69-ти основных экспедиций и 20-ти экспедиций посещения (на начало 2024 года) реализовано почти 80 программ НПИ, выполнено более 32000 сеансов по 409 космическим экспериментам, включая 176 российских и 233 иностранных КЭ/ЦР. Количество российских КЭ/ЦР на РС МКС на начало 2023 года представлено в

таблице 1.2 [102]. Каждая экспедиция МКС в настоящее время выполняет от 40 до 60 различных ЦР [44]. Общее число космических экспериментов, выполненных на борту ОК «Мир» и МКС достигает почти 1000 КЭ/ЦР.

Окончание программы Международной космической станции подразумевает создание отечественной орбитальной станции. Создание в будущем дорогостоящих многомодульных станций, по примеру МКС, ввиду дороговизны представляется маловероятным.

Таблица 1.2 – Количество российских КЭ (ЦР) на РС МКС на начало 2023 г.

<b>Разделы и направления</b>	<b>Кол-во</b>
1. Научные фундаментальные исследования (НФИ):	91
- космическая биология и физиология	36
- космическое материаловедение	24
- исследование Земли из космоса	11
- Солнечная система	12
- внеатмосферная астрономия	3
- физика космических лучей	5
2. Технологии освоения космического пространства (ТОКП)	65
3. Практические задачи и образовательные мероприятия (ПЗиОМ)	15
<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>

Перспективные космические станции по прогнозам будут состоять из нескольких специализированных модулей, включая научный модуль. Возможно создание орбитальных автономных модулей, которые могут эксплуатироваться космонавтами в режиме посещения. В рамках проводимых в последние годы научно-исследовательских работ рассматриваются варианты перспективных лунных модулей, определяются цели и задачи научных исследований, которые могут выполняться космонавтами при выполнении лунных миссий.

Надо отметить, что уже есть варианты создания орбитальных комплексов после окончания функционирования МКС. В настоящее время разрабатывается проект российской орбитальной станции (рисунок 1.3, доклад Генерального конструктора Соловьева В.А. на Королевских чтениях, 23.01.2024г.), которая

позволит осуществлять научные исследования на борту высокоширотной космической станции после 2028 года.

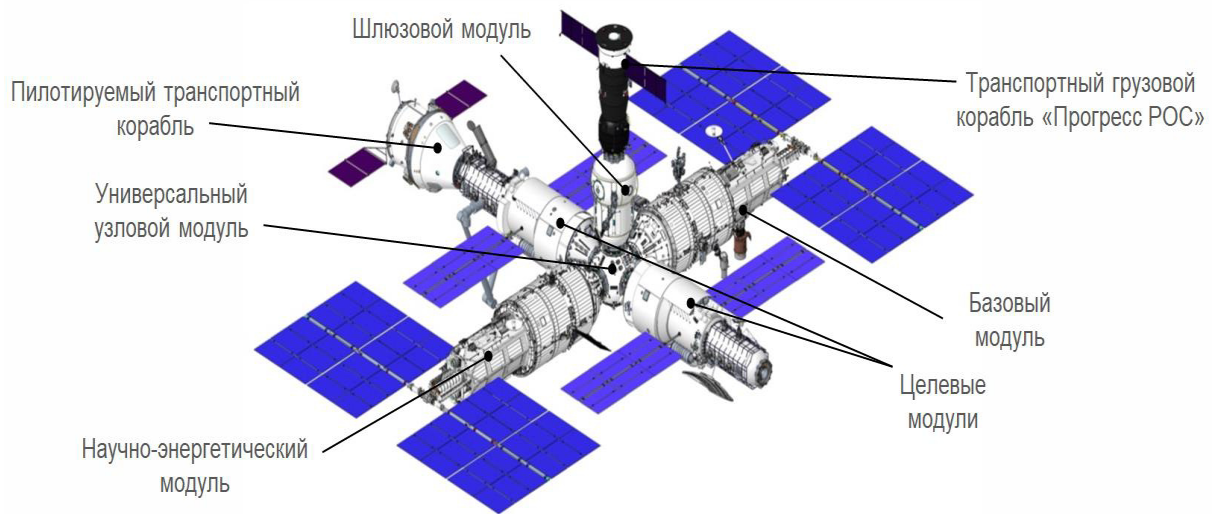


Рисунок 1.3 – Проект перспективной российской орбитальной станции

Рассмотрев порядок организации и выполнения программ НПИ на борту ПКК, как российскими космонавтами, так и зарубежными астронавтами, в том числе анализируя опыт МКС, можно отметить, что для перспективных ПКК актуальным является разработка и использование отдельных научных модулей с местами для работы с научной аппаратурой. Научная аппаратура – технические средства, созданные, заимствованные или приобретенные для проведения целевых работ [12]. Перспективные научные модули (НМ) должны учитывать массово-габаритные характеристики НА в условиях ограниченного объема модуля.

Примерами создания специализированных научных модулей с комплексами научной аппаратуры могут являться: модули «Квант», «Природа», «Спектр», «Кристалл» ОК «Мир», многофункциональный лабораторный модуль российского сегмента МКС, американский модуль LAB, модули европейского и японского космических агентств в составе МКС.

При создании специализированных научных модулей предъявляются особые требования к их конструкции и компоновке: наличие иллюминаторов, позволяющих проводить исследования, оборудование универсальных рабочих

мест для размещения научной аппаратуры.

В зависимости от задач программы эксплуатации перспективного пилотируемого космического комплекса формируются требования к внутренней компоновке ПКК и, соответственно, определяется набор задач (полетных операций), выполняемых членами экипажа ПКК. Все это определяет требования к подготовке экипажей ПКК. На рисунке 1.4 представлена технология подготовки космонавтов к выполнению деятельности на борту ПКК.

Программа научно-прикладных исследований является основной содержательной частью пилотируемой космонавтики РФ. Она включает в себя группы экспериментов по различным направлениям.

Деятельность экипажа при проведении  $i$ -го эксперимента  $A_j$ -группы экспериментов можно представить в виде структуры деятельности, приведенной на рисунке 1.5, включающей в себя следующие виды деятельности:

- подготовка эксперимента;
- проведение эксперимента;
- воспроизведение информации;
- обработка и анализ полученной информации;
- завершение эксперимента.

Каждый из этих видов деятельности при выполнении конкретного эксперимента включает в себя набор типовых операций.

Сопоставление таких типовых операций по принятой структуре видов деятельности (рисунок 1.5) в рамках групп экспериментов и программ научно-прикладных исследований в целом, позволяет формировать выборки подобия типовых операций в соответствии с принятым рейтингом для проектирования деятельности космонавтов и подготовки к космическому полету.

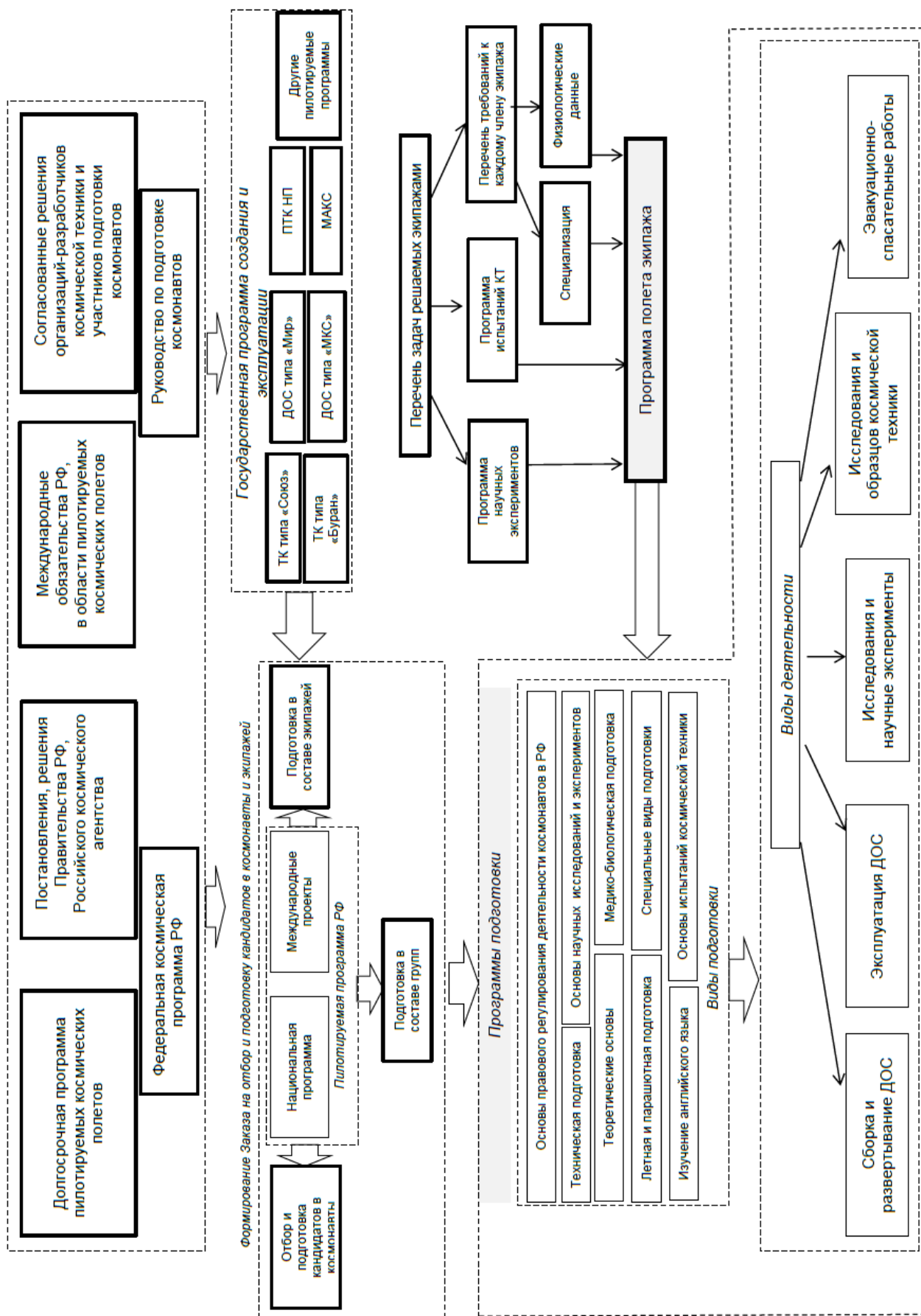


Рисунок 1.4 – Технология подготовки космонавтов к различной деятельности на борту ПКК

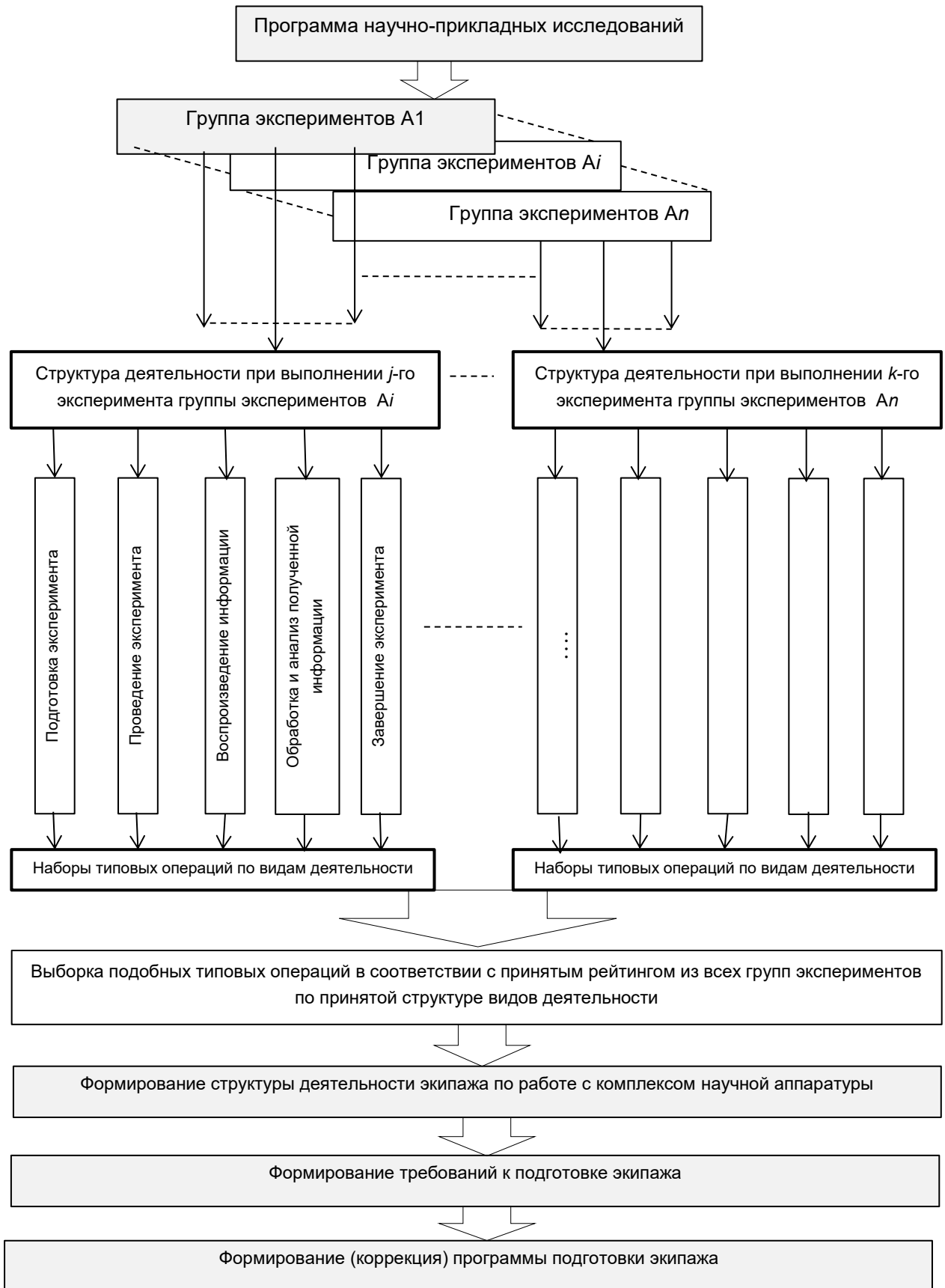


Рисунок 1.5 – Проектирование деятельности экипажей ПКК по выполнению программы НИИ

Таким образом, проектирование деятельности космонавтов при выполнении программ НПИ заключается в обобщении типовых операций, определении их важности в структуре деятельности экипажей с комплексом научной аппаратуры для формирования наиболее адаптивных к конкретным сложившимся условиям космической деятельности программ выполнения научно-прикладных исследований и структуры комплекса научной аппаратуры.

## **1.2 Анализ выполнения программы НПИ на борту РС МКС**

На рисунке 1.6 представлена динамика реализации российской научной программы основными экипажами МКС, с МКС-58 до МКС-69 [66]. Из всего количества экспериментов, выполняемых на борту МКС, более чем 80 % их них проводится с непосредственным участием космонавтов [52,53]. Доля рабочего времени, затрачиваемая на выполнение программы НПИ для первых экспедиций МКС, была незначительной, что связано с отсутствием комплекса научной аппаратуры на РС МКС. По мере доставки научной аппаратуры число выполняемых экспериментов на борту постепенно увеличивалось. Рекордсменом по количеству выполненных экспериментов на РС МКС до настоящего времени является Михаил Корниенко. В процессе годового полёта на борту российского и американского сегментов МКС (МКС-43–46) им было выполнено 60 исследований и экспериментов российской научной программы, включая годовую медицинскую программу. Ещё 7 экспериментов проводились в автоматическом режиме (итого – 67 экспериментов). При этом он потратил на выполнение российской научной программы 36% своего рабочего времени (рисунок 1.7) [100].

Такой показатель по выполнению научной программы связан, в первую очередь, с необходимостью проведения работ по материально-техническому обеспечению станции, соответственно, приему грузовых кораблей и проведению разгрузочно-погрузочных работ. На рисунке 1.8 показаны проводимые динамические операции в период годового полета, можно отметить, что полет



был насыщен. Кроме стыковок российских кораблей были выполнены стыковки грузовых кораблей «SpaceX-6», «HTV-5» и «Orbital» [100].

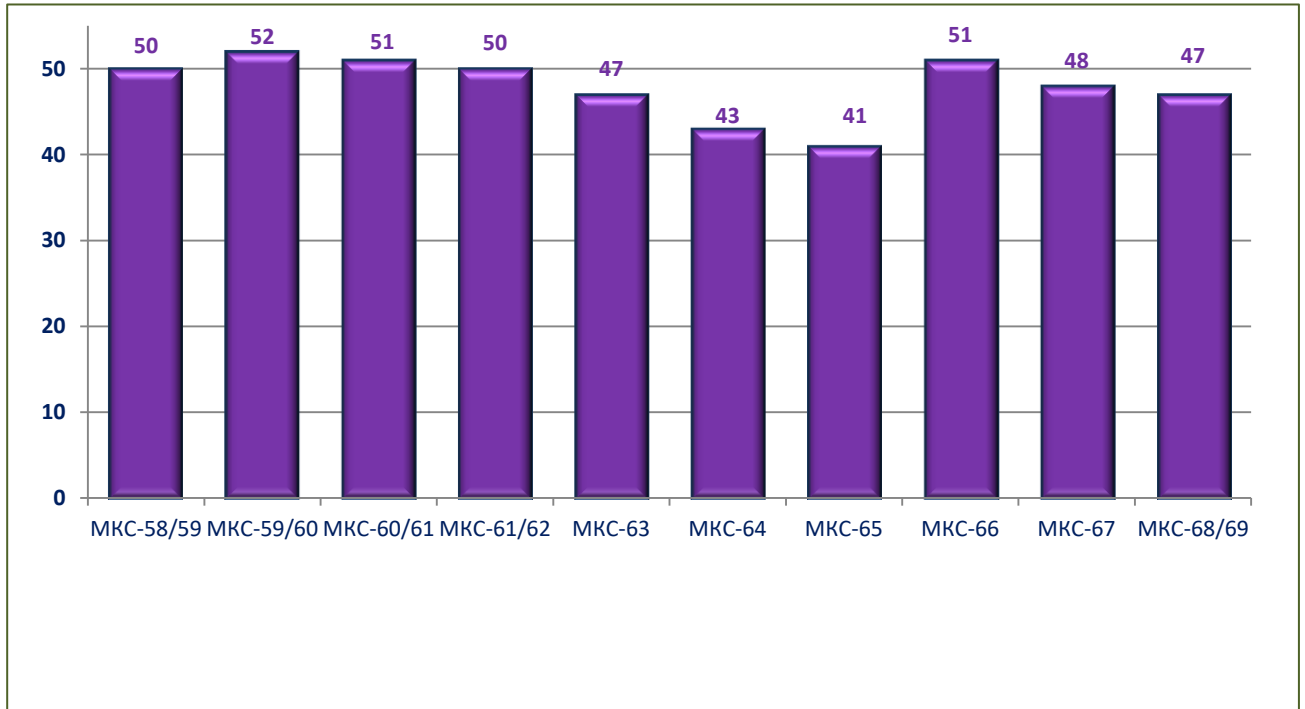


Рисунок 1.6 – Динамика реализации российской научной программы российскими членами экипажей МКС (количество экспериментов за экспедицию)

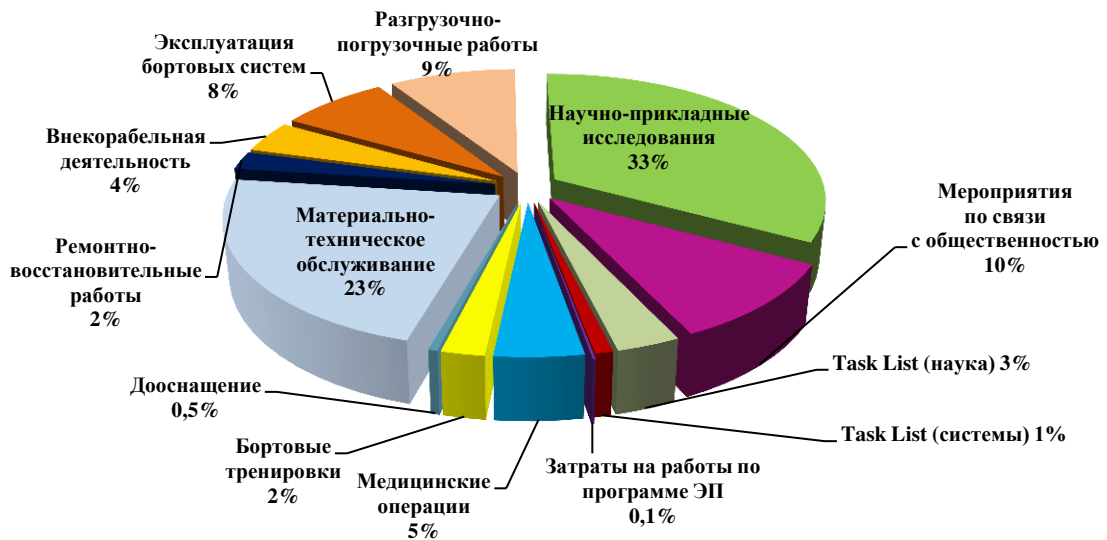


Рисунок 1.7 – Распределение рабочего времени космонавта Корниенко М.В. в полете МКС-43/46 по категориям работ

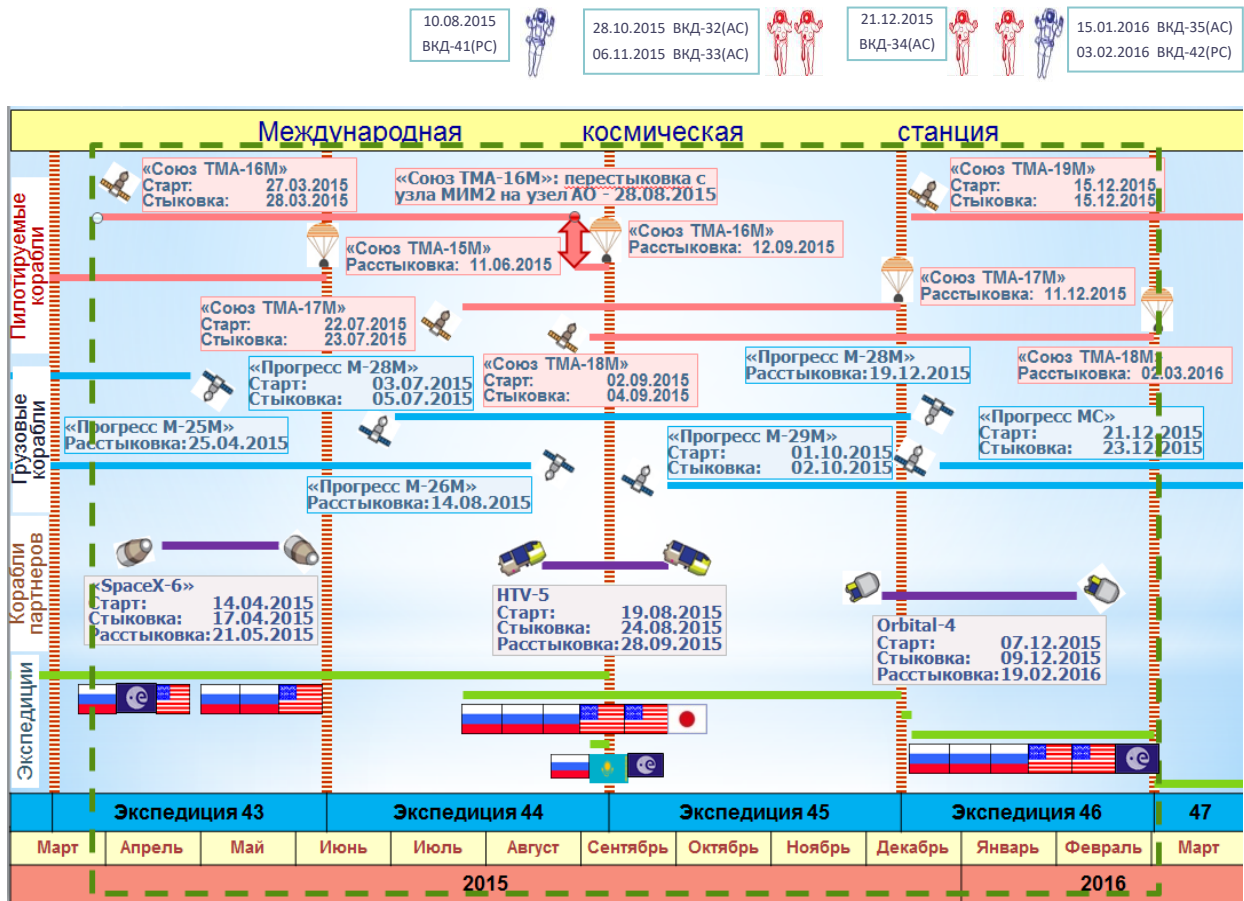


Рисунок 1.8 – Выполненные динамические операции во время экспедиций МКС-43/44/45/46

### 1.3 Формирование предложений по совершенствованию процесса выполнения космонавтами программ целевых работ на борту ПКК

В последние годы на выполнение российской научной программы уходит в среднем около 32 % фактического рабочего времени космонавтов с учетом работ по Task List (в свободное время), а в период экспедиций МКС-41÷ МКС-51 эта величина составляла более 38 % [52,53,100]. В процессе выполнения программы НИИ на борту ПКК экипажи фиксируют отклонения, как в работе научной аппаратуры, так и организации и проведении ЦР. По итогам выполнения ЦР космонавты выдают свои замечания и предложения для устранения выявленных отклонений. К отклонениям в работе относятся отказы, зафиксированные в полете и замечания экипажей, высказанные по результатам космического полета.

Анализ выданных замечаний и предложений экипажами МКС по выполнению программы НПИ показывает [91], что порядок проведения ЦР должен учитывать требования (таблица 1.3):

- к созданию научной аппаратуры;
- выбору материалов и веществ для использования в научной аппаратуре, порядку допуска их на борт ПКА;
- компоновке научной аппаратуры;
- оснащению научной аппаратуры;
- определению состава научной аппаратуры;
- конструкции научной аппаратуры;
- конструктивным решениям ПКА для проведения работ с научной аппаратурой;
- размещению научной аппаратуры;
- подготовке космонавтов к выполнению экспериментов и исследований;
- информационному обеспечению экипажа при выполнении экспериментов и исследований;
- доставке научной аппаратуры на орбиту;
- планированию работ по выполнению экспериментов и исследований;
- работа экипажа с научной аппаратурой, выполнение экспериментов и исследований;
- организации деятельности персонала Центра управления полетом (ЦУП) при выполнении экспериментов и исследований;
- взаимодействию экипажа с ЦУПом при выполнении экспериментов и исследований;
- контролю функционирования научной аппаратуры;
- возвращению научной аппаратуры и результатов экспериментов и исследований на Землю;
- средствам обеспечения безопасности экипажа при проведении работ с научной аппаратурой и при выполнении экспериментов и исследований.

Таблица 1.3 – Направления для определения требований к научной аппаратуре и выполнению программы научно-прикладных исследований

<b>1.</b>	<b>Создание научной аппаратуры</b>
<b>2.</b>	<b>Выбор материалов и веществ для использования в научной аппаратуре, порядок допуска их на борт ПЭК</b>
2.1.	Радиоактивные материалы
2.2.	Дробящиеся и распадающиеся материалы
2.3.	Химические вещества
2.4.	Канцерогенные вещества
2.5.	Огнестойкость и термостабильность
2.6.	Химическое взаимодействие и образование вторичных соединений
2.7.	Статическое электричество
2.8.	Образование пыли, ворса и волокон
2.9.	Лакокрасочные покрытия
2.10.	Полимерные материалы
2.11.	Сохранение свойств
2.12.	Выделение вредных и загрязняющих веществ
<b>3.</b>	<b>Компоновка научной аппаратуры</b>
3.1.	Органы управления
3.2.	Механические устройства
3.3.	Аккумуляторы
3.4.	Элементы научной аппаратуры
<b>4.</b>	<b>Оснащение научной аппаратуры</b>
4.1.	Бортовой инструмент
4.2.	Крышки разъемов
4.3.	Носители для бортовых компьютеров
4.4.	Аккумуляторы
4.5.	Шприцы
4.6.	Костюмы для проведения научных экспериментов и исследований
4.7.	Упаковка
4.8.	Средства фиксации
4.9.	Средства регистрации информации
4.10.	Средства информационной поддержки
4.11.	Средства измерений
4.12.	Средства хранения результатов экспериментов и исследований
<b>5.</b>	<b>Конструкция научной аппаратуры</b>
5.1.	Принципы конструирования
5.2.	Электропитание
5.3.	Электрические цепи
5.4.	Электроразъемы
5.5.	Кабели
5.6.	Блокировки
5.7.	Аккумуляторы
5.8.	Электронно-вычислительные машины
5.9.	Электропечи
5.10.	Защита от воздействия статического электричества
5.11.	Резервирование
5.12.	Предупреждение травмирования
5.13.	Предупреждение тепловых поражений
5.14.	Сосуды высокого давления
5.15.	Гибкие шланги и сильфоны

	5.16.	Сосуды с жидкостями
	5.17.	Заправка жидкостями и газами
	5.18.	Контроль соединений
	5.19.	Шумы
	5.20.	Биологическая изоляция
	5.21.	Защита от радиации
	5.22.	Неионизирующие излучения
	5.23.	Источники воспламенения или взрыва
	5.24.	Автоматическая ликвидация аварийных ситуаций
	5.25.	Доступ к научной аппаратуре
	5.26.	Приспособленность научной аппаратуры к контролю опасностей
	5.27.	Электробезопасность
	5.28.	Предупреждение перепутывания кабелей и трубопроводов при стыковке
	5.29.	Образование вредных примесей
	5.30.	Крепление научной аппаратуры и экспонируемых образцов
	5.31.	Регистрация данных
	5.32.	Предупреждение появления запахов
	5.33.	Приспособленность научной аппаратуры к эксплуатации
	5.34.	Габариты научной аппаратуры
	5.35.	Предупреждение перегрева научной аппаратуры
	5.36.	Средства наблюдения и съемки
	5.37.	«Перчаточные» боксы
	5.38.	Использование кислорода
	5.39.	Горюче-смазочные материалы
	5.40.	Органы управления
	5.41.	Ускорения и вибрации
	5.42.	Солнечная радиация
	5.43.	Вакуум
	5.44.	Защита от разгерметизации
	5.45.	Электромагнитная совместимость
	5.46.	Защита от пыли и мусора
	5.47.	Защита от конденсата
	5.48.	Средства аварийной индикации и сигнализации
<b>6.</b>	<b>Конструктивные решения ПКК для проведения работ с научной аппаратурой</b>	
	6.1.	Внешняя часть конструкции ПКК
	6.2.	Иллюминаторы
	6.3.	Внутренняя часть конструкции ПКК
	6.4.	Условия внутри ПКК
	6.5.	Маркировка ПКК
<b>7.</b>	<b>Состав научной аппаратуры</b>	
	7.1.	Средства наблюдения и съемки
	7.2.	Средства регистрации аудиоинформации
	7.3.	Средства хранения и обработки фотоинформации
<b>8.</b>	<b>Размещение научной аппаратуры</b>	
<b>9.</b>	<b>Подготовка космонавтов к выполнению экспериментов и исследований</b>	
	9.1.	Наземная подготовка космонавтов
	9.2.	Подготовка космонавтов в процессе полета
	9.3.	Средства подготовки космонавтов
	9.4.	Организация подготовки космонавтов
<b>10.</b>	<b>Информационное обеспечение экипажа при выполнении НПИ</b>	
	10.1.	Предупреждающие надписи
	10.2.	Маркировка
	10.3.	Бортовая документация

	10.4.	Содержание информационного обеспечения
	10.5.	Перечень возвращаемого оборудования
<b>11.</b>	<b>Доставка научной аппаратуры на орбиту</b>	
<b>12.</b>	<b>Планирование работ по выполнению экспериментов и исследований</b>	
	12.1.	Взаимосвязь работ
	12.2.	Выполнение сложных и ответственных работ
	12.3.	Соблюдение режима труда и отдыха
	12.4.	Планирование визуально-инструментальных наблюдений
	12.5.	Программа экспериментов и исследований
	12.6.	Учет условий работы научной аппаратуры
	12.7.	Резервирование планов
	12.8.	Учет сложности и трудоемкости работ
	12.9.	Планирование сеансов связи
	12.10.	Продолжительность выполнения экспериментов и исследований
	12.11.	Совмещение работ
	12.12.	Планирование начального этапа полета
	12.13.	Медицинские эксперименты
	12.14.	Планирование подготовительных, вспомогательных и заключительных операций
	12.15.	Планирование монотонных экспериментов и исследований
	12.16.	Учет приема пищи
	12.17.	Планирование послеполетных экспериментов и исследований
	12.18.	Планирование укладки возвращаемого оборудования и материалов
	12.19.	Сброс информации на компьютер
	12.20.	Планирование экспериментов и исследований на транспортном корабле
	12.21.	Удаление научной аппаратуры
	12.22.	Тестовые проверки научной аппаратуры
<b>13.</b>	<b>Работа экипажа с научной аппаратурой, выполнение программы НПИ</b>	
	13.1.	Работа с радиоактивными источниками
	13.2.	Работа в зоне воздействия ультрафиолетового излучения
	13.3.	Действия при появлении необычных звуков (шумов)
	13.4.	Стыковка разъемов
	13.5.	Выполнение экспериментов и исследований
	13.6.	Перемещение научной аппаратуры
	13.7.	Организация работ по выполнению программы экспериментов и исследований
	13.8.	Организация деятельности экипажа при выполнении экспериментов и исследований
<b>14.</b>	<b>Организация деятельности персонала ЦУПа при выполнении программы НПИ</b>	
<b>15.</b>	<b>Взаимодействие экипажа с ЦУПом при выполнении программы НПИ</b>	
<b>16.</b>	<b>Контроль функционирования научной аппаратуры</b>	
<b>17.</b>	<b>Возвращение научной аппаратуры и результатов экспериментов и исследований на Землю</b>	
<b>18.</b>	<b>Средства обеспечения безопасности экипажа при проведении работ с научной аппаратурой и при выполнении экспериментов и исследований</b>	
	18.1.	Средства защиты от ультрафиолетовых лучей
	18.2.	Средства защиты экипажа при выполнении работ с научной аппаратурой

В настоящее время сформировалась система формирования состава ЦР на борту МКС, которая основывается на экспертном мнении членов

координационного научно-технического совета (КНТС) и позволяет определять программы НИИ на борту комплекса [16, 73–76].

Основные проблемные вопросы текущего планирования и реализации программы ЦР на МКС были обобщены и представлены в докладе бортинженера МКС-66/67 летчика-космонавта РФ, Героя РФ Корсакова С.В. по итогам выполнения космического полета на пленарном заседании 51-х Международных общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина, 10.03.2024 г.):

- отсутствие глобальной автоматизированной системы управления на процессной основе;
- длительные сроки отдельных мероприятий и создания научной аппаратуры;
- отсутствие достаточного количества критериев для оценки эффективности МКС как научной лаборатории;
- недостаточная проработка порядка систематизации, хранения и внедрения полученных научных результатов;
- недостаточное количество постановщиков экспериментов на коммерческой основе;
- длительный срок, в течение которого научные результаты могут найти свое применение;
- отсутствие возможности официально привлечь космонавтов на этапе разработки и отработки методики эксперимента;
- отсутствие у постановщика полного понимания о наличии научного оборудования, находящегося на станции, и возможности его использования в ЦР;
- недостаточное взаимодействие постановщика с космонавтами при разработке и подготовке ЦР, что ведет к недочетам в методике, связанным с тем, что постановщику неизвестны специфические особенности проведения ЦР в условиях невесомости.

#### **1.4 Формализация и постановка задачи исследований**

С учетом проведенного анализа, результатов выполнения космонавтами программ научных исследований на борту ПКК, необходимости учета больших объемов информации при формировании программ НПИ перспективных ПКК в работе поставлена научная задача исследований: разработка методики математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК с целью обеспечения наиболее эффективного выполнения космонавтами программ целевых работ на перспективных ПКК с учетом предъявляемых ограничений их использования. Разработка методики основывается на предложенном в работе методе определения состава ЦР и НА перспективных ПКК, который основывается на фактографическом описании ЦР применительно к функционированию комплекса НА и использовании аппарата дискретной математики. Для оценки эффективности выполнения программы НПИ в работе введен показатель эффективности. Обработка больших объемов информации подразумевает использование автоматизированных информационных систем (АИС).

Из приведенных в разделе данных видно, что общее количество КЭ/ЦР, выполнявшихся на борту отечественных орбитальных станций, составляет менее 1000 экспериментов. Это свидетельствует о том, что автоматизированная система учета ЦР с учетом перспективных космических программ, совместных космических экспериментов должна быть рассчитана на размещение около 3000 – 5000 ЦР.

Методология построения АИС базируется на теоретических основах их проектирования [3-6, 8, 18, 21].

Общая организационная система или ее составляющие, для решения задач которых разрабатывается АИС, носит название Предметной области (ПрО), и, соответственно, АИС могут отвечать всем информационным потребностям пользователей предметной области только в том случае, если они могут постоянно отображать динамику функционирования этой предметной области. В



практике проектирования АИС более распространено трехуровневое представление данных [3]:

- концептуальная модель ПрО;
- логическая модель ПрО;
- физическая модель банка данных (БнД).

Предметной областью информационной системы учета целевых работ является процесс изменения состояния комплекса научной аппаратуры (КНА) как в нештатных, так и в штатных ситуациях. Концептуальная модель процесса изменения состояния КНА (модель функционирования КНА) разработана в пункте 2.1 работы. Логическая модель ПрО представляет собой набор и структуру данных и операции над ними. Логическая модель системы формирования ЦР разрабатывается на основе математического (логиико-математического) моделирования (пункт 2.2 работы). Физическая модель системы представляет собой схему данных АИС и разработана в пункте 4.1 работы.

### **Математическая постановка задачи исследований**

Для определения эффективности выполнения программы ЦР на борту ПКК введем показатель эффективности выполнения программы ЦР  $W$ .

Программа ЦР на борту ПКК предусматривает выполнение экипажем  $N$  целевых работ. При этом, вероятность выполнения им  $j$ -ой ЦР равна  $P(\text{ЦР}_j)$ , а важность (значимость) ЦР для практической реализации на борту ПКК равна  $\alpha_{\text{важ}}(\text{ЦР}_j)$ . Важность ЦР для практической реализации на борту ПКК  $\alpha_{\text{важ}}(\text{ЦР}_j)$  отражает в количественной форме степень влияния ЦР на результаты выполнения программы научных исследований комплекса в целом, учитывает на основании опыта полетов ПКК приоритетность проведения данного направления исследований в полете, и может быть определена в виде десятичного числа с интервалом значений от 0 до 1. Тогда показатель эффективности выполнения космонавтами программы НПИ на борту ПКК  $W$  может быть определен выражением [13]:

$$W = K_n \sum_{j=1}^N P(\text{ЦР}_j) \alpha_{\text{важ}}(\text{ЦР}_j), \quad (1.1)$$

где  $K_n$  – коэффициент, учитывающий снижение базовой надежности космонавта в условиях реального полета при выполнении ЦР.

Проектные требования по выполнению программы полета в целом:

- вероятность выполнения программы полета  $P_{\text{вып. п.п.}} \geq 0,95$ ;
- вероятность обеспечения безопасности экипажа в полете  $P_{\text{вып. п.п.}} \geq 0,99$ .

Соответственно, показатель эффективности подготовки космонавтов к выполнению программы НПИ на борту ПКК  $W_{\text{подг}}$  может быть определен выражением:

$$W_{\text{подг}} = \sum_{j=1}^V P(\text{ЦР}_j) \alpha_{\text{важ}}(\text{ЦР}_j), \quad (1.2)$$

где  $V$  – набор ЦР, по которым проведена подготовка космонавтов ( $V \in N$ ).

Математическую постановку задачи можно представить в следующем виде:

Имеется:

1 Множество целевых работ ЦР:

$$\text{ЦР} = \{\text{ЦР}_j, j \in N\}, N = \{1, \dots, n\}.$$

2 Множество типов режимов полета, связанных с выполнением ЦР экипажем на борту ПКК:

$$P = \{P_v, v \in L\}, L = \{1, \dots, d\}.$$

3 Множество членов экипажа ПКК:

$$S = \{S_\mu, \mu \in M\}, M = \{1, \dots, p\}.$$

4 Множество запланированных полетов экипажей  $\Gamma = \{\gamma\}$ .

Каждому  $\gamma$ -ому полету соответствует множество  $E_\gamma$  временных тактов  $m$ :

$$\gamma \leftrightarrow E_\gamma = \{m\}.$$

Каждому моменту начала и продолжительности  $\tau_{jk}$  выполнения целевой работы на борту ПКК должны соответствовать определенные временные такты  $m$ .

Тогда выражение для действия  $y_{jk} = \langle m_{jk}, \gamma_{jk}, \mu_j, v_j \rangle$ , где  $m_{jk}$  – номер временного такта выполнения  $j$ -ой ЦР на  $k$ -м интервале. Кортеж  $\langle j, k, \gamma, m \rangle$  соответствует продолжительности ЦР:

$$\langle j, k, \gamma, m \rangle \rightarrow \tau_{jk}. \quad (1.3)$$

Потенциальные возможности выполнения действий  $y_{jk}$  описываются множеством:

$$\Delta = \{ \langle m_{jk}, \gamma_{jk}, \mu_j, \nu_j \rangle \in E_\gamma \times \Gamma \times S \times P, jk \in N_{jk} \}. \quad (1.4)$$

Выполнение каждой целевой работы ЦР<sub>*j*</sub> эквивалентно выполнению действия, под которым понимается кортеж:

$$\text{ЦР}_j \leftrightarrow y_j = \langle T_j, S_j, B_j, P_j^S, P_j^A \rangle, \quad (1.5)$$

где  $T_j$  – множество моментов времени, когда выполняется  $j$ -я ЦР;  $S_j$  – множество членов экипажа, выполняющих  $j$ -ю ЦР;  $B_j$  – множество НА, на которых выполняется  $j$ -я ЦР;  $P_j^S$  – множество режимов работы членов экипажа;  $P_j^A$  – множество режимов работы научной аппаратуры.

На проведение ЦР накладывается ряд условий их выполнения.

Таким образом, задача выбора состава ЦР и НА ПКК сводится к поиску функции:

$$F_{j,k,\gamma,m,\mu,\nu} \leftrightarrow y_{jk} = \langle m_{jk}, \gamma_{jk}, \mu_j, \nu_j \rangle, \quad (1.6)$$

удовлетворяющей набору ограничений  $C_{\text{орп} < d >}$  и определяющей показатель эффективности выполнения программы НПИ космонавтами  $W \rightarrow \max$ .

Методическая схема решения научной задачи исследований разработки методики математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава ЦР и НА перспективных научных модулей ПКК представлена на рисунке 1.9.

Решение поставленной в работе научной задачи проводимых исследований направлено на обеспечение наиболее качественного выполнения космонавтами программ ЦР на перспективных ПКК, а также на сокращение временных затрат инструкторско-преподавательского состава на планирование, подготовку и проведение тренировок на тренажерах.

При решении научной задачи по разработке математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры для перспективных ПКК, формирования программ подготовки космонавтов использовался опыт выполнения программ ЦР/КЭ на борту существовавших орбитальных пилотируемых комплексов.

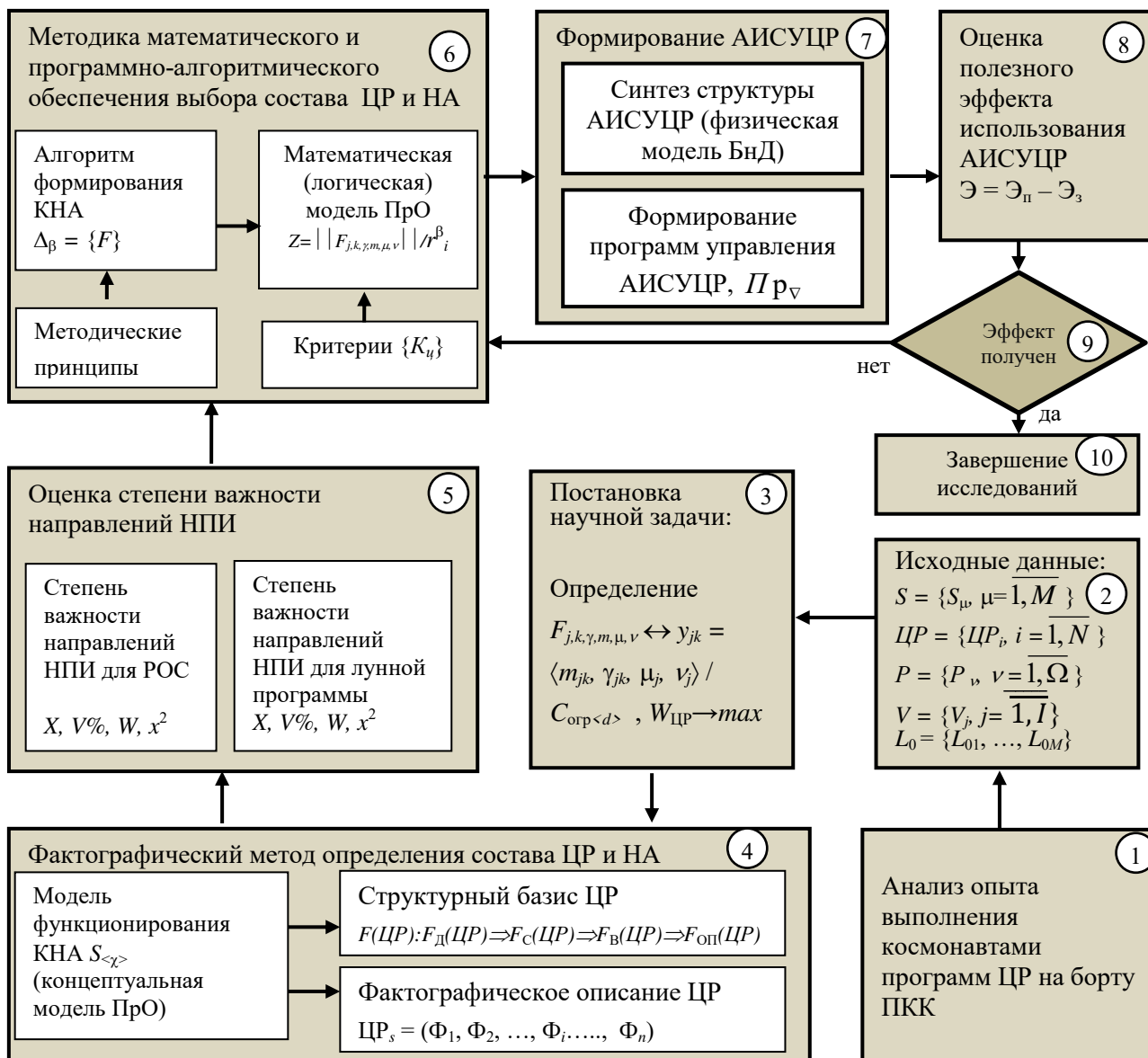


Рисунок 1.9 – Методическая схема решения научной задачи

### Выводы по разделу

1 Проведенный в данном разделе анализ направлений развития пилотируемой космонавтики показывает, что одной из основных задач создания и эксплуатации ПКК как в России, так и за рубежом является выполнение программ НПИ/ЦР (космических экспериментов). Создание перспективной Российской орбитальной станции, лунных пилотируемых комплексов потребуют формирования новых программ целевых работ и создания бортовых комплексов научной аппаратуры. Для этого необходимо максимально использовать опыт

выполнения полетов космонавтами на существовавших пилотируемых космических комплексах.

2 Опыт выполнения космических полетов российскими и зарубежными космонавтами на борту ПКК, в том числе и на МКС, показывает о целесообразности создания и использования для выполнения программ НПИ в составе космического комплекса отдельных научных модулей с комплексами НА по различным направлениям исследований.

3 Анализ выполнения программ научных исследований на борту РС МКС показывает, что космонавты в настоящее время затрачивают на выполнение программы КЭ/ЦР от 20 до 40 % своего рабочего времени, количество выполняемых экспериментов одной экспедицией составляет 40–60 экспериментов. Такие показатели по выполнению научной программы связаны, в первую очередь, с необходимостью проведения работ по материально-техническому обеспечению станции, приему грузовых кораблей, проведению разгрузочно-погрузочных работ и выполнению других видов деятельности.

4 Осуществлена постановка задачи исследования, основывающаяся на сформированных в работе предложениях по совершенствованию процесса выполнения космонавтами программ целевых работ на борту ПКК исходя из опыта полетов экипажей МКС и базирующаяся на теоретических основах проектирования автоматизированных информационных систем. Показано, что совершенствование процесса формирования комплекса научной аппаратуры перспективных ПКК с учетом необходимости обработки больших объемов информации может быть достигнуто путем разработки и использования специализированной информационной системы.

5 Выполнена математическая формализация решаемой научной задачи, которая сводится к поиску функции, которая соответствует последовательности выполняемых на борту ПКК целевых работ, удовлетворяющая набору определенных ограничений и определяющая максимум показателя эффективности выполнения программы НПИ на борту ПКК.

6 Предложена методическая схема решения научной задачи разработки методики математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных научных модулей ПКК в условиях усложнения информационных связей и увеличения объема решаемых задач на борту комплекса на основе системного подхода, что впервые позволило формализовать и алгоритмизировать процессы принятия решений в условиях изменения вектора входных параметров, действия стохастических факторов, индивидуальных особенностей членов экипажей и ограничения на ресурсы ПКК.

## Раздел 2 Разработка методического, математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК на основе системного подхода

### 2.1 Формирование метода определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК

История полетов пилотируемых комплексов в России и за рубежом в настоящее время насчитывает более 50 лет. За данный период получен значительный опыт эксплуатации космонавтами как бортовых систем, так и НА.

Для решения поставленной в работе научной задачи предложен метод определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных ПКК на основе фактографического описания бортовой ЦР с использованием аппарата дискретной математики с учетом требований к комплексу научной аппаратуры. В основу метода положено использование модели функционирования КНА на борту пилотируемого космического модуля. В интересах оптимизации процессов формирования состава ЦР и НА, формализации деятельности космонавтов необходимо дать математическое описание функционирования КНА в составе космического модуля. Пример фактографического описания нештатных ситуаций при выполнении динамических операций на борту ПКК представлен в работе [49].

Система взаимодействия экипажа ПКК с КНА в полете можно представить следующим образом (рисунок 2.1) [31].

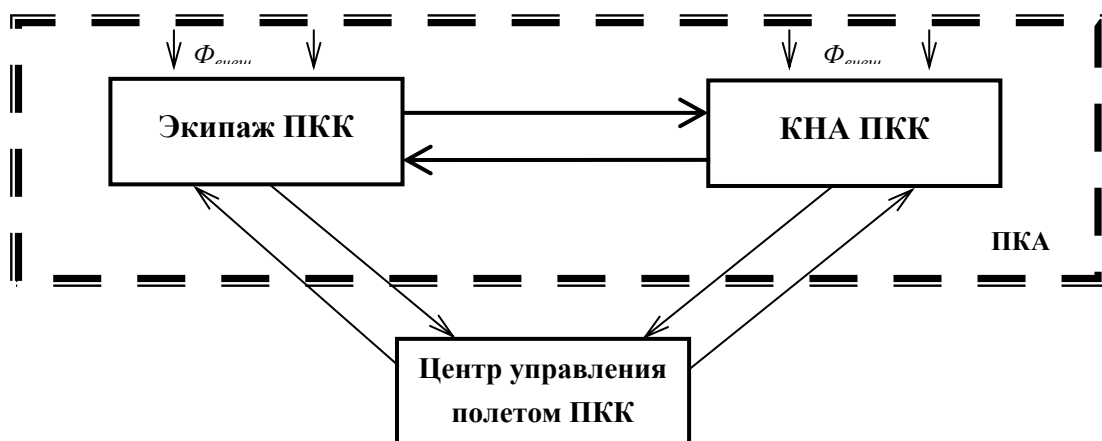


Рисунок 2.1 – Система взаимодействия экипажа ПКК с КНА ПКК

При выполнении научной программы на борту ПКК экипаж работает с комплексом научной аппаратуры по командам наземного Центра управления полетами. При этом на экипаж и сам ПКК воздействуют множество факторов, например, корректировка программы полета, негативные факторы космического полета, периодические отказы КНА и т.п.

Для определения модели функционирования КНА ПКК на рисунке 2.2 рассмотрим обобщенную модель системы ПКК [30, 49]. Как любая составная часть ПКК КНА в процессе ее эксплуатации взаимодействует с внешней средой.

Функционирование КНА выполняется за счет управлений  $U_{\langle\eta\rangle}$ , возмущений  $\Xi_{\langle\mu\rangle}$  и реакций  $Y_{\langle\nu\rangle} = [y_1, y_2, \dots, y_\nu]$  [30, 49].

Порядок преобразования  $U_{\langle\eta\rangle}$ ,  $\Xi_{\langle\mu\rangle}$ ,  $Y_{\langle\nu\rangle}$  и их взаимодействие для эксплуатации КНА представляются в виде соответствующего алгоритма  $G:U_{\langle\eta\rangle} \times \Xi_{\langle\mu\rangle} \times Z_{\langle\rho\rangle} \Rightarrow Y_{\langle\nu\rangle}$ , где  $Z_{\langle\rho\rangle}$  – изменение вектора состояния КНА. При этом при фиксированном алгоритме  $G$  само функционирование КНА можно определить набором числовых параметров комплекса  $\Psi_{\langle\xi\rangle} = [\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_\xi]$ ,  $\Psi_{\langle\xi\rangle} \in G$  [31].

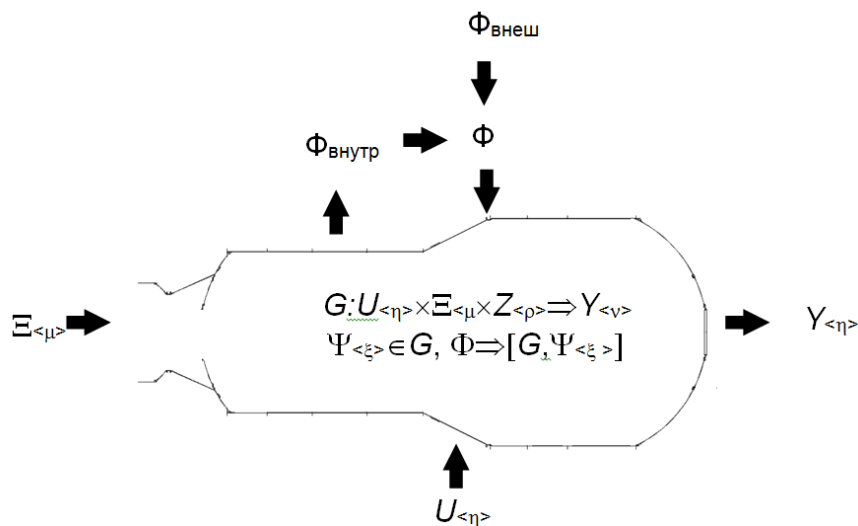


Рисунок 2.2 – Обобщенная модель системы ПКК

Выполнение существующих в полете применительно к КНА ограничений  $\Gamma:U_{\langle\eta\rangle} \in \{M_U\}$ ,  $\Xi_{\langle\mu\rangle} \in \{M_\Xi\}$ ,  $Y_{\langle\nu\rangle} \in \{M_Y\}$  на принятые значения управлений,



возмущений и реакций, действующих на ПКК и КНА, является главным критерием в штатной работе научной аппаратуры. В результате воздействия определенных внешних  $\Phi_{\text{внеш}} \subset \Phi$  и внутренних  $\Phi_{\text{внутр}} \subset \Phi$  факторов на ПКК при наличии ограничений по управлению и возмущениям ее алгоритма действия  $G$  и параметров  $\Psi_{\langle \xi \rangle}$  КНА может оказаться в нештатном режиме функционирования [30]. Существующие КНА представляют собой набор сложной НА в комплексе с универсальными рабочими местами (рисунок 2.3), отказы в работе которых могут привести к аварийным и катастрофическим последствиям на борту ПКК: короткому замыканию в системе электропитания, пожару, разгерметизации, токсичности атмосферы и пр.



1)



2)

Рисунок 2.3 – Примеры сложного научного оборудования на борту МКС:

- 1) – Glacier (NASA) – холодильник активного типа (от +4 до -160° C)
- 2) – EDR (ESA) – многофункциональная стойка (предоставляет охлаждение, питание, передачу данных, вакуум, вентиляцию и снабжение азотом)

Основным содержанием деятельности экипажа на борту научного модуля при эксплуатации комплекса научной аппаратуры является выполнение перечня последовательности различных целевых работ  $ЦР_i$ . При отсутствии нештатных ситуаций процесс эксплуатации комплекса научной аппаратуры космонавтами можно представить как последовательность выполнения набора  $ЦР_i$ ,

выполняемых экипажем станции, или автоматически по командам ЦУП [31]. Данный процесс можно описать с использованием аппарата дискретной математики, где за оперативную единицу деятельности экипажа примем полетную операцию по выполнению ЦР.

Для представления процесса эксплуатации космонавтами КНА с использованием аппарата дискретной математики рассмотрим пространственно-временную модель состояния (функционирования) КНА на борту НМ (рисунок 2.4), которая представляет собой область всех возможных состояний КНА в условиях полета. Функционирование КНА в любой момент времени можно представить как набор параметров комплекса, набор которых образует вектор состояния КНА  $S_{\langle\chi\rangle} = [s_1, s_2, \dots, s_\chi]$ .

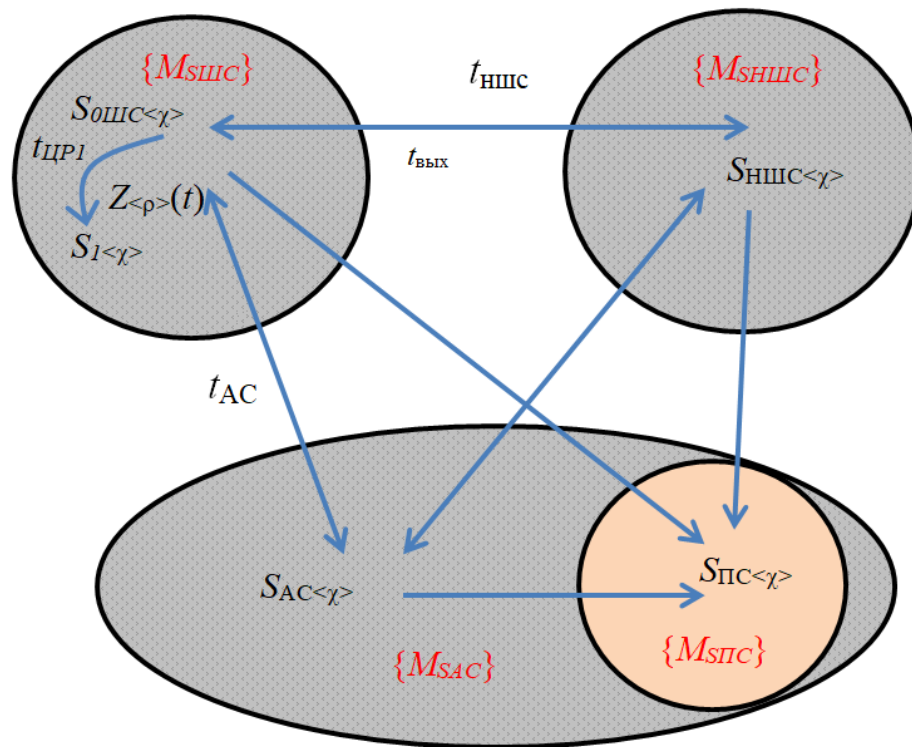


Рисунок 2.4 – Модель состояния (функционирования) КНА

Применительно к КНА комплекс значений вектора состояния КНА  $S_{\langle\chi\rangle} = [s_1, s_2, \dots, s_\chi]$  в процессе штатного и нештатного функционирования комплекса задает пространство его состояний  $\{M_S\}$ . В этом состоянии КНА на рассматриваемый момент времени  $t_T$  обозначено в виде некоторой точки  $S_{i\langle\chi\rangle}$ , условно называемой изображающей [49].

Во всех режимах эксплуатации комплекса все множество состояний КНА  $\{M_S\}$  может включать состояние: штатного состояния  $\{M_{SHIC}\}$ , нештатного состояния  $\{M_{SHIC}\}$ , аварийного состояния  $\{M_{SAC}\}$ , поглощающего состояния  $\{M_{SIC}\}$ , выход из поглощающего состояния невозможен [49].

Рассмотрение траектории изменения текущего состояния КНА при выполнении ЦР позволяет определить набор числовых параметров описывающих ЦР. Для определения траектории должны быть заданы начальные условия  $S_{0<\chi>} = [s_{01}, s_{02}, \dots, s_{0\chi}]$  функционирования КНА на момент  $t_0$  выполнения ЦР.

Если прикладываемые управляющие воздействия (управления)  $U_{<\eta>} = [u_1, u_2, \dots, u_\eta]$  принадлежат области  $\{M_U\}$  допустимых управлений  $U_{<\eta>} \in \{M_U\}$ , а действующие внешние возмущения  $\Xi_{<\mu>} = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_\mu]$  принадлежат области  $\{M_\Xi\}$  допустимых возмущений  $\Xi_{<\mu>} \in \{M_\Xi\}$ , тогда состояния КНА  $S_{i<\chi>}$  описывают траекторию  $Z_{<\rho>}(t) = [z_1(t), z_2(t), \dots, z_\rho(t)]$ , которая всегда находится в области  $\{M_{Sinc}\}$  [49].

Штатная работа КНА при отсутствии возмущений представляет собой переход из одного штатного состояния  $S_{0SHIC<\chi>}$  в другое штатное состояние  $S_{1<\chi>}$  в виде траектории перехода  $Z_{<\rho>}(t)$ .

Основным вариантом выдачи управляющих воздействий  $U_{<\eta>}$  в системы КНА является выполнение экипажем на борту модуля полетных процедур эксплуатации НА.

Другой возможный вариант выдачи управляющих воздействий  $U_{<\eta>}$  в системы КНА – запуск автоматических алгоритмов управления комплекса из ЦУПа (через средства связи при помощи средств бортового комплекса управления).

Оба варианта подразумевают выполнение процедуры ЦР. Длительность выполнения ЦР составит  $\tau_{ЦР1}$ . Состояние системы переходит из  $S_{0<\chi>}$  в  $S_{1<\chi>}$  в момент времени  $t_{ЦР1}$  в результате выполнения конкретной ЦР.

При некоторых управляющих воздействиях  $U_{<\eta>} \notin \{M_U\}$ , не входящих в область допустимых, или воздействиях внешних возмущений  $\Xi_{<\mu>} \notin \{M_\Xi\}$

траектория процесса  $Z_{\langle\rho\rangle}(t)$  имеет возможность отклоняться от штатной и устремляться к выходу из границ области  $\{M_{S_{\text{шс}}}\}$ . Состояние  $S_{\text{ншс}\langle\chi\rangle}$ , принадлежащее области нештатных ситуаций  $\{M_{S_{\text{ншс}}}\}$ , представляет собой суть возникшей НшС при работе КНА, а момент  $t_{\text{ншс}1}$  вхождения траектории процесса в область  $\{M_{S_{\text{ншс}}}\}$  определяет время возникновения НшС [31].

Основные характеристики этой части процесса можно использовать для прогнозирования НшС комплекса [31].

При выполнении набора операций по выходу из НшС путем выдачи соответствующих управляющих воздействий  $U_{\text{вых}}$  либо экипажем ПКК либо с Земли состояние КНА может вернуться в область штатного функционирования  $\{M_{S_{\text{шс}}}\}$ . Время от возникновения НшС  $t_{\text{ншс}1}$  – входа в область  $\{M_{S_{\text{ншс}}}\}$  до возвращения в штатное состояние  $t_{\text{вых}1}$  – входа в область  $\{M_{S_{\text{шс}}}\}$  является временем выхода из НшС  $\tau_{\text{вых}}$ .

Если необходимое управляющее воздействия  $U_{\text{вых}}$  по парированию НшС не будет выдано, то функционирование комплекса может стать аварийным. При этом комплекс перейдет в аварийное состояние  $S_{\text{ац}\langle\chi\rangle}$  множества  $\{M_{S_{\text{ац}}}\}$ . В некоторых случаях переход в область аварийных состояний  $\{M_{S_{\text{ац}}}\}$  осуществляется через область нештатных ситуаций  $\{M_{S_{\text{шс}}}\}$ .

В области  $\{M_{S_{\text{ац}}}\}$  аварийных ситуаций имеются поглощающие области типа  $\{M_{S_{\text{пс}}}\}$ , выход из состояния  $S_{\text{пс}\langle\chi\rangle}$  невозможен. В случае попадания траектории процесса в поглощающую область типа  $\{M_{S_{\text{пс}}}\}$ , ситуация определяется как катастрофическая.

Траектория процесса, определяющаяся отсутствием вероятности попадания в область  $\{M_{S_{\text{ац}}}\}$  и лежащая в области  $\{M_{S_{\text{ншс}}}\}$  нештатных состояний относится к категории неопасных ситуаций, что является только усложнением условий выполнения программы ЦР. При возникновении возможности перехода из области нештатных ситуаций в область аварийных состояний такая ситуация характеризуется как опасная.

Множество состояний функционирования КНА ПКК представлено на рисунке 2.5.

$S_1$	$S_2$	...	$S_n$
$S_{n+1}$	$S_{n+2}$	...	$S_m$
$S_{m+1}$	$S_{m+2}$	...	$S_l$
$S_{l+1}$	$S_{l+2}$	...	$S_f$

Обозначим:

$$\{M_{\text{ШШС}}\} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\},$$

$$\{M_{\text{ШШС}}\} = \{S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_m\},$$

$$\{M_{\text{САС}}\} = \{S_{m+1}, S_{m+2}, \dots, S_l\},$$

$$\{M_{\text{СПС}}\} = \{S_{l+1}, S_{l+2}, \dots, S_f\}.$$

Рисунок 2.5 – Множество состояний функционирования КНА

Считаем, что переходы системы от состояния  $S_i$ , к состоянию  $S_j$  описываются марковской цепью, тогда модель функционирования КНА можно представить в виде матриц вероятностей перехода (МВП) [30,31,49]:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{1,1} & q_{1,2} & \dots & q_{1,n} \\ q_{2,1} & q_{2,2} & \dots & q_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n,1} & q_{n,2} & \dots & q_{n,n} \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} q_{n+1,1} & q_{n+1,2} & \dots & q_{n+1,n} \\ q_{n+2,1} & q_{n+2,2} & \dots & q_{n+2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m,1} & q_{m,2} & \dots & q_{m,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{l,1} & q_{l,2} & \dots & q_{l,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{f,1} & q_{f,2} & \dots & q_{f,n} \end{bmatrix}, \quad (2.1)$$

где:  $Q$  – МВП ( $n \times n$ ) системы внутри штатных состояний;

$A$  – МВП ( $f \times n$ ) системы из допустимых состояний в недопустимые;

$q_{i,j}$  – вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$ .

Использование МВП для анализа состояния КНА в процессе ее эксплуатации требует учета взаимодействия всех систем комплекса при работе экипажа.

На возможности воспроизведения траекторий  $Z_{\langle p \rangle}(t)$  состояния систем КНА при штатном режиме функционирования ПКА основывается представление процесса выполнения ЦР на борту ПКК.

Это может быть достигнуто путем применения математических моделей бортовых систем КНА, по аналогии с описанием бортовых систем ПКК [49]. Для этого необходимо задать следующие условия: реакции  $Y_{\langle v \rangle}$ , управления  $U_{\langle \eta \rangle}$ ,

алгоритм  $G$ , возмущения  $\Xi_{\langle\mu\rangle}$ , параметры  $\Psi_{\langle\xi\rangle}$ , ограничения  $\Gamma$ , воздействие факторов  $\Phi \Rightarrow [G; \Psi_{\langle\xi\rangle}]$  и начальные условия  $S_{0\langle\chi\rangle}$ .

Все указанные составляющие в целом представляют собой функцию динамики выполнения ЦР<sub>*i*</sub>  $F_{\text{д}}(\text{ЦР}): [U_{\langle\eta\rangle}, \Xi_{\langle\mu\rangle}, Y_{\langle\nu\rangle}, G, \Psi_{\langle\xi\rangle}, \text{ЦР}, (\Phi \Rightarrow [G; \Psi_{\langle\xi\rangle}]), S_{0\langle\chi\rangle}]$ .

Состояние КНА относится к штатному при выполнении ЦР в штатных условиях. Назначение ЦР, может быть определено при помощи предиката ЦР  $K_{\exists}$ , которое представляет собой его логическое сказуемое (суть эксперимента). Выполнение целевой работы ЦР<sub>*i*</sub> осуществляется при наличии определенных значений признаков, характеризующих состояние системы «экипаж-ПКК-КНА», связанных с режимами работы комплекса, которые образуют релеванты  $S(\text{ЦР})$ , значения которых определяются константами  $K_S(\text{ЦР})$ . Но в тоже время ЦР<sub>*i*</sub> может быть выполнена при определенных отношениях между релевантами – релятемами  $R(\text{ЦР})$  (логических связях и условиях). Все указанное: предикат ЦР, релеванты  $S(\text{ЦР})$ , релятемы  $R(\text{ЦР})$  и константы  $K_S(\text{ЦР})$  образуют функцию состояния ЦР  $F_C(\text{ЦР}): [\text{ЦР}, S(\text{ЦР}), R(\text{ЦР}), K_S(\text{ЦР})]$  – условия выполнения ЦР.

Функция  $F_C(\text{ЦР})$  состояния ЦР определяет состояние КНА, а функция динамики  $F_{\text{д}}(\text{ЦР})$  – определяет изменение КНА, соответственно, это делает положение функции  $F_C(\text{ЦР})$  в определенной мере подчиненным по отношению к функции  $F_{\text{д}}(\text{ЦР})$ . Из этого следует соотношение  $F_{\text{д}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_C(\text{ЦР})$ .

Напрямую с функцией  $F_C(\text{ЦР})$  состояния КНА связана функция  $F_B(\text{ЦР})$ , характеризующая выполнение ЦР.

Для определения процедуры выполнения ЦР<sub>*i*</sub> необходимо знать область  $\{M_{\text{штат}}\}$  штатных состояний вектора  $S_{\langle\chi\rangle}$  наблюдаемых параметров КНА. При ошибочном выполнении ЦР<sub>*i*</sub> экипажем состояние КНА может выйти из области штатных состояний  $\{M_{\text{штат}}\}$ , что потребует устранения нештатной ситуации.

Все ЦР на борту ПКК выполняются согласно предписанию ЦУП по определенным полетным процедурам в соответствии с программой полета плана работ на день, соответственно, они имеют информационную определенность.

Полетная процедура выполнения ЦР (ППр) – это описание комплекса мероприятий / порядка выполнения определенной ЦР (утвержденное ЦУП), которое представляется в письменном виде (бортовая документация, радиограмма, сообщение по цифровому каналу или иным способом) [29].

В процессе полета может возникать информационная неопределенность ЦР<sub>i</sub>, обычно при нештатной ситуации, которая приводит к необходимости космонавта к выбору определенного варианта для выхода из нештатной ситуации и выполнения эксперимента. Это в свою очередь требует наблюдение траектории  $S_{<\chi>}(t)$  вектора наблюдаемых параметров, в виде получаемой космонавтом информации, представляющего собой отображение  $Z_{<\rho>}(t) \Rightarrow S_{<\chi>}(t)$ , приводящего в итоге к однозначному выбору порядка выполнения ЦР<sub>i</sub>.

Анализ текущего состояния КНА  $S_{i<\chi>}$  предполагает выбор членами экипажа ПКК варианта выполнения ЦР<sub>i</sub> (ППр) из существующих альтернатив. При информационной определенности альтернативы выполнения ЦР также представлены в бортовой документации при выполнении работ.

Из этого следует, что совокупность траектории  $S_{<\chi>}(t)$ , штатной области  $\{M_{Sшс}\}$ , информационной модели  $S_{i<\chi>}$ , альтернатив  $S_{i<\chi>} \Rightarrow P_{\text{вых}i}$  и алгоритма действий по выполнению ЦР<sub>i</sub>  $P_{\text{вып}i}$  образует функцию выполнения ЦР  $F_{\text{В}}(\text{ЦР}): [S_{<\chi>}(t), \{M_{Sшс}\}, S_{i<\chi>}, S_{i<\chi>} \Rightarrow P_{\text{вып}i}, P_{\text{вып}i}]$ .

С помощью ряда характеристик, определяющих различные стороны (свойства) ЦР, можно описать каждую выполняемую экипажем ЦР, связанную с определенным состоянием КНА.

Главной характеристикой ЦР<sub>i</sub> является задачи ее выполнения  $\pi_i$ , которые в совокупности обуславливают необходимость выполнения ЦР<sub>i</sub>, и могут быть описаны вектором  $\Pi_{<k>} = [\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k]$ . Задачи выполнения ЦР определяется факторами космического полета, которые исследуются в рамках исследований (невесомость, радиация, микрогравитация и т.п.) [31].

Характеристикой ЦР<sub>i</sub> также определяется и категория  $K_{<l>}$  ЦР. ЦР входят в состав одной из категорий [62,102]: научные фундаментальные исследования

(подкатегории: космическая биология и физиология; космическое материаловедение; исследование Земли из космоса; Солнечная система; внеатмосферная астрономия; физика космических лучей), технологии освоения космического пространства, практические задачи и образовательные мероприятия.

Все имеющиеся источники выполнения ЦР (состав НА) будут описаны вектором  $B_{<n>} = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n]$ . В реальности каждая ЦР выполняется на конкретной НА, размещенной в определенно отведенной для нее месте, в связи с этим ЦР может быть охарактеризована конкретной аппаратурой  $\beta_i$ . Каждая научная аппаратура имеет характеристики в виде массы НА  $M_{НА}$  и объема  $V_{НА}$ . Массовесовые характеристики НА имеют важное значение для оценки доставляемой аппаратуры.

Также необходимо рассматривать условия (ограничения) выполнения ЦР, к которым относятся: требуемый режим полета, описываемый конкретной реализацией вектора  $P_{<q>} = [p_1, p_2, \dots, p_q]$  режимов полета, промежутком проведения ЦР  $t_{ЦР}^{\mu}$ , предварительными условиями для проведения работы.

Длительность выполнения ЦР  $\tau_i$ , характеризуется временем от начала выполнения ЦР до его завершения и определяется перечнем экспедиций, которые выполняют ЦР. ЦР выполняется определенное количество раз, что и определяет требование – число сеансов выполнения эксперимента ( $N_{СЦР}$ ).

Для планирования ЦР на борту в условиях ограничений на рабочее время космонавтов целесообразным является введение таких характеристик работ, как важность (значимость) ЦР  $\alpha_{важ}$  (ЦР) для практической реализации на борту ПКК и приоритет планирования ЦР  $Пр_{ЦР}$  для формирования суточного плана деятельности. Показатель  $Пр_{ЦР}$  рассчитывается по методике ЦУП и указывается в программе НПИ на экспедицию.

Набор рассмотренных характеристик ЦР, включающих в себя: режим полета  $P_{<q>}$ , факторы  $\Pi_{<k>}$ , аппаратуру  $B_{<n>}$ , категорию  $K_{<l>}$ , длительность  $\tau_i$ , число сеансов  $N_{СЦР}$ , важность  $\alpha_{важ}$ , приоритет планирования  $Пр_{ЦР}$  составляют функцию описания ЦР  $F_{ОП}(ЦР): [P_{<q>}, \Pi_{<k>}, B_{<n>}, K_{<l>}, N_{СЦР}, \tau_i, \alpha_{важ}, Пр_{ЦР}]$ .



Для описания этой функции оптимальным является язык, построенный на фасетной классификации [3].

Так как представлением штатного состояния является функция  $F_{\text{оп}}(\text{ЦР})$ , определяемая функцией  $F_{\text{с}}(\text{ЦР})$ , то ее положение будет подчиненным по отношению к функциям  $F_{\text{с}}(\text{ЦР})$ ,  $F_{\text{в}}(\text{ЦР})$ . Отсюда следует соотношение  $F_{\text{с}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_{\text{в}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_{\text{оп}}(\text{ЦР})$ .

В совокупности взаимосвязанные функции  $F(\text{ЦР}): F_{\text{д}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_{\text{с}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_{\text{в}}(\text{ЦР}) \Rightarrow F_{\text{оп}}(\text{ЦР})$  образуют структурный базис  $\text{ЦР}_i$  (рисунок 2.6).

С точки зрения получения результатов для формирования автоматизированных информационных систем описание ЦР относится к жесткоструктурированной информации, которая отображает в той или иной степени динамику функционирования КНА НМ. Для работы с жесткоструктурированной информацией наиболее удобны фактографические банки данных [3]. Фактографические сведения представляют собой записи, состоящие из наименования объекта рассматриваемого рода и присущих объекту свойств (признаков, зачастую имеющих численные выражения). Для разрабатываемой информационной системы рекомендуется использование фасетной системы классификации, которая позволяет выбирать признаки классификации независимо как друг от друга, так и от семантического содержания классифицируемого объекта. Признаки классификации называются фасетами. Один фасет ( $\Phi_i$ ) включает в себя набор значений данного классификационного признака. Значения одного классификационного признака могут находиться в фасете в определенном порядке, хотя допускается и их произвольное расположение. Схема построения фасетной системы классификации в виде таблицы представлена на рисунке 2.7.

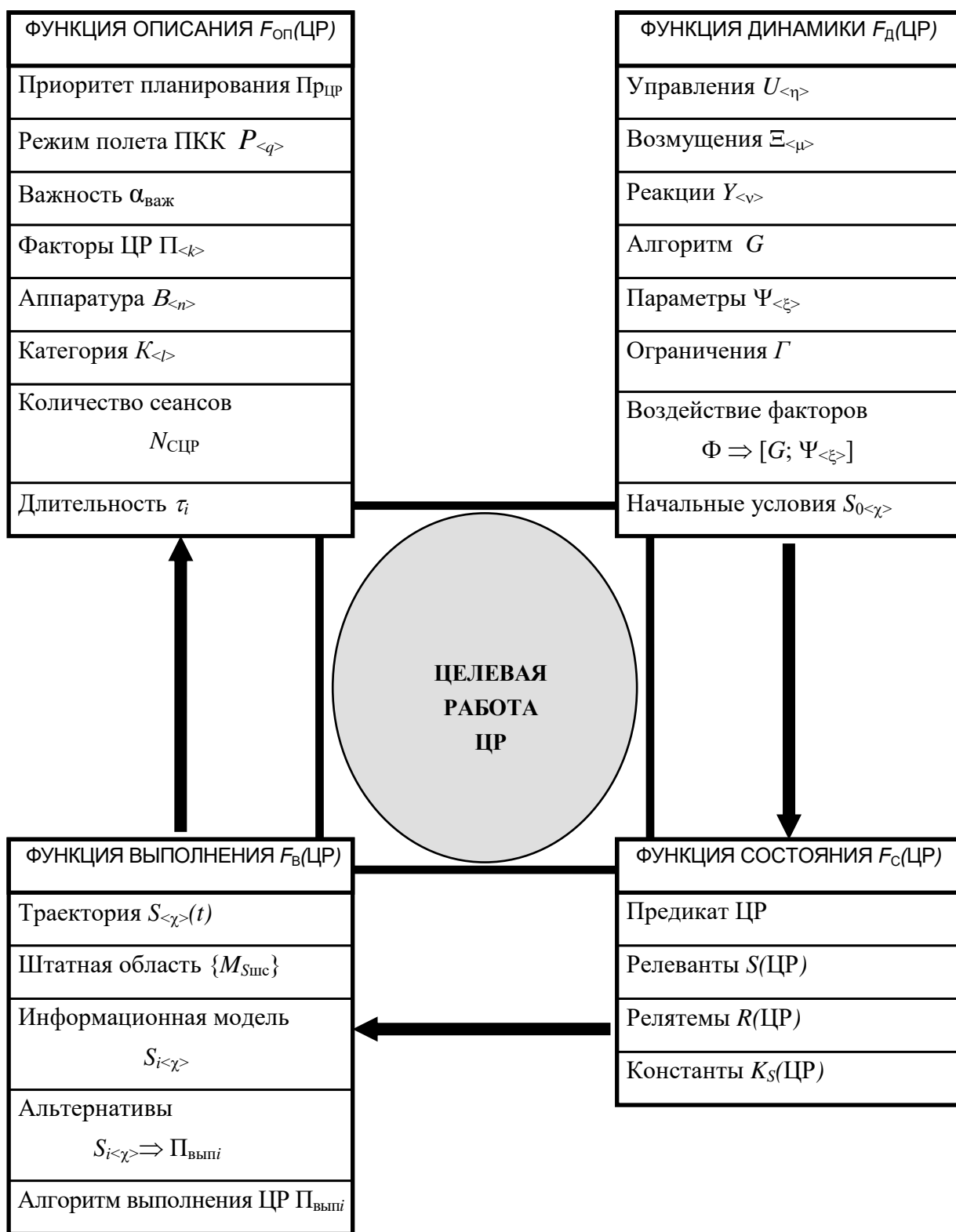


Рисунок 2.6 – Структурный базис ЦР

Существует три метода классификации объектов: иерархический, фасетный, дескрипторный, которые могут применяться для создания информационных систем [80]. Эти методы различаются разной стратегией применения классификационных признаков. Процесс классификации состоит в присвоении каждому объекту определенных значений из фасетов. При этом могут использоваться не все фасеты.

Для каждой ЦР можно задать набор фасетов в виде структурной формулы, отражающей их последовательность:

$$K_s = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_n),$$

где  $\Phi_i$  –  $i$ -ый фасет;

$n$  – количество фасетов.

Достоинства фасетной системы классификации [80]:

- возможность создания большой емкости классификации, т.е. использования большого числа признаков классификации и их значений для создания группировок;
- возможность простой модификации всей системы классификации без изменения структуры существующих группировок.

Недостатком фасетной системы классификации является сложность ее построения, так как необходимо учитывать все многообразие и взаимосвязь классификационных признаков [80].

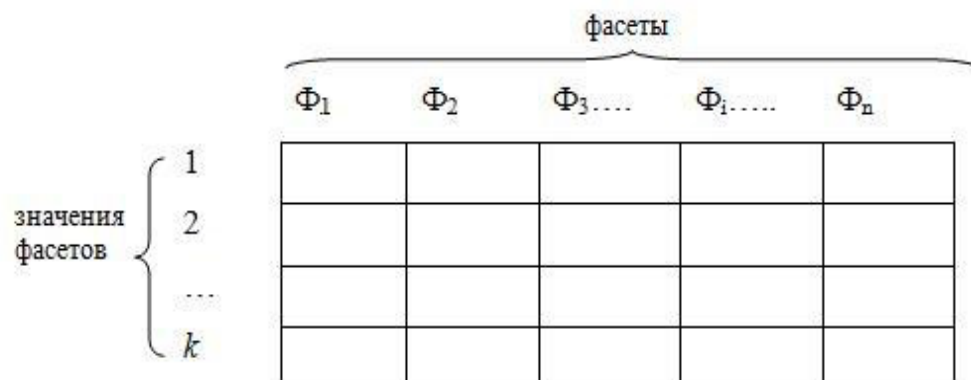


Рисунок 2.7 – Фасетная система классификации

Фасетная формула может быть представлена в виде вектора  $V_{\langle h \rangle}$  признаков ЦР, каждый из которых представляет собой пару  $(d, \{v_d\})$ , где  $d$  – имя признака, а  $\{v_d\}$  – непустое множество его значений. За основу фасетной классификации может быть взята функция  $F_{\text{оп}}(\text{ЦР})$  описания ЦР, число компонентов которой может быть дополнено признаками, необходимость включения которых в фасетную формулу обуславливается конкретным прикладным применением данных фактографического описания целевой работы. Принимая это во внимание, базовая фасетная формула  $V_{\langle h \rangle}$  должна включать в себя следующие компоненты  $d$  (фасеты): номер ЦР, содержание ЦР, источник выполнения ЦР (НА), масса НА, объем НА, категория ЦР, факторы космического полета для ЦР, число сеансов выполнения ЦР, важность (значимость) ЦР, приоритет планирования ЦР, взаимосвязь ЦР с программой полета (накладываемые ограничения), длительность выполнения ЦР, способ выполнения ЦР, принадлежность ЦР к модулю ПКК, экипажи, выполняющие ЦР.

Фасет «Номер ЦР<sub>*i*</sub>». Номер  $I_{\text{ЦР}}$  является основным ключом и служит для уникальной идентификации одной записи (кортежа). Множество значений этого признака определяется объемом хранимой информации (количеством ЦР). Количество ЦР на борту космической станции может достигать нескольких сотен. Наиболее целесообразная форма представления значения указанного признака – десятичное число.

Фасет «Содержание ЦР<sub>*i*</sub>». В нем находит отражение конкретное проявление (содержательный смысл) ЦР, представляющее собой ни что иное, как предикат ЦР<sub>*i*</sub>. Учитывая уникальность формы проявления каждого ЦР, множество значений этого признака соответствует по объему количеству ЦР, а наиболее целесообразной формой представления информации о нем является текстовая запись.

Фасет «Источник выполнения ЦР<sub>*i*</sub> (состав НА)». Состав источников выполнения КЭ (НА) характеризуется вектором  $B_{\langle n \rangle}$ , компоненты  $\beta_j$  которого включают в себя НА, а также членов его экипажа. Множество значений этого признака зависит от детализации рассмотрения состава НА и конструкции ПКК и

должно выбираться в зависимости от целевого назначения данных фактографического описания ЦР. Состав НА ПКА должен быть стандартизован по их целевым задачам.

Фасет «Масса НА  $M_{НА}$ ». В фасет заносятся данные о массе НА, используемой для данной ЦР. Множество значений этого признака может быть реализовано за счет десятичной формы его представления, размерность представления в килограммах.

Фасет «Объем НА  $V_{НА}$ ». В фасет заносятся данные об объеме НА, используемой для данной ЦР. Множество значений этого признака может быть реализовано за счет десятичной формы его представления, размерность представления в метрах кубических.

Фасет «Категория ЦР<sub>i</sub>». Для целевых работ вектор  $K_{<l>}$  категорий ЦР может иметь следующие составляющие в соответствии с существующей классификацией целевых работ на МКС: научные фундаментальные исследования (подкатегории: космическая биология и физиология; космическое материаловедение; исследование Земли из космоса; Солнечная система; внеатмосферная астрономия; физика космических лучей), технологии освоения космического пространства, практические задачи и образовательные мероприятия.

Фасет «Неблагоприятные факторы ЦР<sub>i</sub>». Множество значений этого признака отражает состав влияющих на выполнение ЦР неблагоприятных факторов и описывается вектором  $\Phi_{<m>}$ , в состав компонентов  $\varphi_k$  которого могут входить: невесомость, давление общее, давление парциальное, температура, радиация, перегрузка, токсические вещества, разгерметизация, шум, вибрация. Целевая работа может характеризоваться как одиночным значением признака, так и их комбинацией.

Фасет «Частота выполнения (число сеансов) ЦР<sub>i</sub>». В фасет заносятся данные, определяющие необходимое число повторений (сеансов) ЦР. Данный параметр может определяться числом выполнения сеансов ЦР в процессе полета  $N_{СЦР}$ . Множество значений этого признака может быть реализовано за счет

десятичной формы его представления с указанием порядка и размерности значения.

Фасет «Важность ЦР<sub>i</sub>». Важность  $\alpha_{\text{важ}}(\text{ЦР}_i)$ , целевой работы, отражающая в количественной форме степень ее влияния на результаты выполнения программы научных исследований на борту, наилучшим образом может быть представлена в виде десятичного числа с интервалом значений от 0 до 1. Определение уровня важности ЦР представлено в разделе 3.

Фасет «Приоритет планирования ЦР Пр<sub>ЦР</sub>». Приоритет планирования Пр<sub>ЦР</sub> целевой работы, отражающая в количественной форме очередность планирования в суточной программе выполнения работ на борту. Для определения приоритета планирования при формировании программы НПИ на экспедицию используется соответствующая методика ГОГУ. Пр<sub>ЦР</sub> представляется в виде десятичного числа с интервалом значений от 0 до 1.

Фасет «Ограничения на выполнение ЦР<sub>i</sub>». Указанный фасет содержит три субфасета: «Вид ограничения», «Название ограничения», «Значение ограничения». Вектор  $S_{\text{огр}<d>}$  видов ограничений имеет следующие компоненты: баллистические ограничения  $S_{\text{Б}<f>}$ , ограничения по ресурсам  $S_{\text{Р}<g>}$ , динамические ограничения  $S_{\text{Д}<p>}$ , временные ограничения  $S_{\text{В}<r>}$ , методические ограничения  $S_{\text{М}<v>}$ . Каждый из видов ограничений характеризуется соответствующим ему вектором названий ограничений:  $S_{\text{Б}<f>}$  – параметры орбиты, зоны света и тени, зоны сеансов связи, трасса полета,  $S_{\text{Р}<g>}$  – запасы рабочего тела, электроэнергии, продуктов питания, воды, кислорода,  $S_{\text{Д}<p>}$  – точность ориентации, ее продолжительность, положение ориентации, предельные характеристики движения вокруг центра масс и в пространстве, характеристики относительного движения ПКА,  $S_{\text{В}<r>}$  – время начала выполнения ЦР, продолжительность, продолжительность полета, резервы времени на выполнение ЦР,  $S_{\text{М}<v>}$  – количество одновременно работающих членов экипажа, состав выполняемых ЦР, кратность и условия их выполнения. Для представления значений ограничений целесообразно использовать словесные и цифровые описания.

Фасет «Длительность выполнения ЦР<sub>i</sub> (Время выполнения ЦР)». Для каждой ЦР определена длительность выполнения эксперимента (сеанса эксперимента)  $\tau_i$ . При наличии резерва времени может указываться его нижнее  $\tau_{\text{pmin}}$  и верхнее  $\tau_{\text{pmax}}$  значения, а также размерность (сутки, часы, минуты, секунды).

Фасет «Способ выполнения ЦР<sub>i</sub>». Способ выполнения ЦР представляется в данном фасете в точном соответствии с документацией или реально использованным способом выполнения ЦР и имеет конкретное описание применительно к каждому ЦР<sub>i</sub>. Наилучшей формой его представления являются текстовые записи совместно с символами, принятыми в документации.

Фасет «Принадлежность ЦР<sub>i</sub> к модулю ПКК». Данные этого фасета указывают, на каком модуле ПКК данная ЦР выполняется. Множество значений указанного признака определяется числом модулей, составляющих данный вид ПКК. Для представления информации в данном фасете может использоваться словесная или буквенно-цифровая запись (название или индекс полетного модуля).

Фасет «Экипажи выполнения ЦР<sub>i</sub> N<sub>ПКК</sub>». В данном фасете указываются номера экипажей, которые планируются к выполнению данной ЦР. Наилучшей формой его представления являются текстовые записи совместно с символами, определяющими номер экспедиции.

Описание ЦР с использованием аппарата дискретной математики позволяет использовать данный подход и при формировании автоматизированных информационных систем обеспечения подготовки космонавтов к выполнению программы научно-прикладных исследований на борту ПКК [31]. Предложенная базовая фасетная формула (за исключением способов выполнения ЦР, которые представлены в бортовой документации по каждой ЦР) использована для фактографического описания 151 целевой работы по МКС (Приложение А к работе).

## 2.2 Математическое и программно-алгоритмического обеспечение выбора состава целевых работ и научной аппаратуры специализированных научных модулей пилотируемого космического комплекса

### 2.2.1 Факторы, влияющие на формирование программы целевых работ на борту ПКК

Программа научно-прикладных исследований и экспериментов экспедиции на борту ПКК включает в себя перечень  $\{ЦР_i\}$  целевых работ и порядок  $\{ЦР_i \succ ЦР_j\}$  их выполнения. При этом каждая целевая работа  $ЦР_i$  связана с определенным режимом полета  $P_v$ , и набором нештатных ситуаций  $\{A_j\}$ , которые относятся к конкретной ЦР.

Длительность полета  $T_n$  экипажа космической станции является ограниченной, поэтому и количество экспериментов, выполняемых экипажем в полете является ограниченным и зависит от ряда факторов. В настоящее время длительность полета экипажа основной экспедиции Международной космической станции принята около 6 месяцев, что связано с ресурсом транспортного корабля «Союз» [52-53].

Массив выполняемых в процессе полета ПКК операций насчитывает десятки тысяч разнообразных полетных процедур, проводятся сотни сеансов ЦР, в большинстве из которых в той или иной степени принимает участие экипаж комплекса, что обусловлено большим количеством решаемых на борту задач и выполняемых режимов полета [73-76].

Одним из важных факторов, влияющих на выполнения программы ЦР является уровень подготовленности экипажа  $L_0$  по научной программе. Уровень подготовленности членов экипажа также зависит от наличия опыта полетов. На борту МКС в настоящее время определены следующие должности [29]:

- командир экипажа;
- бортинженер;
- участник космического полета (исследователь).



В соответствии с функциональными обязанностями членов экипажей МКС определены три классификационных уровня их ответственности за эксплуатацию бортовых систем станции. Члены экипажа экспедиции МКС могут иметь следующие квалификации:

- пользователь;
- оператор;
- специалист;
- испытуемый.

Процесс формирования программы ЦР экипажей пилотируемых комплексов должен учитывать набор факторов [49]:

1. Организационные:

- число членов экипажа ПКК –  $S$ ;
- функциональные обязанности членов экипажа на борту ПКК при выполнении космического полета;

2. Временные:

- продолжительность общего времени полета экипажа –  $T_{п}$ ;
- значение величины промежутка времени между сеансами проведения экспериментов  $\tau_{пр.}$ ;
- продолжительность рабочего времени экипажа –  $T_{РВ}$ . (длительность рабочего времени составляет  $T_{РВ} - 8$  часов).

3. Технические:

- состав комплекса научной аппаратуры ПКК –  $N_{НА}$ ;
- возможность проведения  $i$ -ой ЦР во время полета экспедиции –  $V_{ЦРi}$ .

4. Методические:

- программа экспедиция на ПКК –  $Ц_{п}$ ;
- множество выполняемых ЦР –  $\{ЦР_i\}$ ;
- множество возможных НшС –  $\{A_j\}$ ;
- множество выполняемых режимов полета ПКК –  $\{P_v\}$ ;
- начальный уровень подготовки по научной программе –  $L_0$ ;
- члены экипажа с опытом выполнения полетов –  $M_o$ .

### 5. Баллистические:

- параметры орбиты (высота  $H$ , наклонение  $i$ , период обращения  $T_{\theta}$ );
- зоны света и тени –  $\{t_{Ti}^n, t_{Ti}^k\}$ ;
- зоны сеансов связи –  $\{t_{Cci}^n, t_{Cci}^k\}$ ;
- трасса полета, номера витков –  $n_z$ .

### 6. Ресурсные:

- масса комплекса научной аппаратуры –  $M$ ;
- занимаемый объем в модуле комплексов научной аппаратуры –  $V$ ;
- определенный на полет запас рабочего тела –  $V_{PT}$ ;
- определенный на полет запас электроэнергии –  $V_{\mathcal{E}}$ .

## 2.2.2 Методические принципы формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК

Формирование программ НПИ (ЦР) космических экипажей проводится на основе определенных методических принципов. Данные методические принципы определяют правила и особенности организации и проведения деятельности экипажей на борту. Методические принципы формирования программ НПИ экипажей ПКК должны учитывать требования оптимизации деятельности космонавтов, повышение результативности выполнения программы НПИ, повышения уровня подготовленности к полету, снижения затрат на обеспечение работоспособности станции и деятельности космонавтов.

Как показывает опыт, сроки  $T$ , отводимые на выполнение каждой ЦР, являются, как правило, ограниченными. Как уже отмечалось, существуют определенные значения величины  $\tau_{\text{пр}}$  промежутка времени между двумя повторными сеансами проведения экспериментов, зависящее от текущего времени полета и обеспечивающее наибольшую эффективность экспериментального исследования. При этом допускаются определенные изменения  $\tau_{\text{пр}}$  от нижнего значения  $\tau_{\text{пр}}^{\text{H}}$  до верхнего  $\tau_{\text{пр}}^{\text{B}}$  без существенного влияния на результаты эксперимента. Все это вводит ограничения на количество

ЦР, которые можно выполнить за космический полет одного экипажа  $T_{п}$ . Отсюда вытекает методический принцип *учета располагаемых возможностей по числу проводимых целевых работ на борту*. Существующая возможность некоторого изменения величины промежутка между соседними сеансами экспериментов обуславливает наличие методического принципа *регулирования частоты проведения целевых работ в зависимости от дефицита времени экипажа*, реализация которого обеспечивает возможность изменения степени удовлетворения потребностей исследований по длительности полета.

При выполнении программы НПИ элементом деятельности космонавта является выполнение сеанса целевой работы ЦР<sub>*i*</sub>. Для получения необходимого результата сеансы должны быть выполнены экипажем не менее  $n(\text{ЦР}_i)$  раз (нормативного числа сеансов выполнения). Нормативное число сеансов ЦР определяет объем выполняемой программы НПИ, при условии, что уменьшение нормативных повторений недопустимо. Отсюда следует методический принцип *определения требований к необходимому числу сеансов ЦР*.

Объем внутри ПКК ограничен, также накладываются ограничения на возможный объем рабочего времени экипажа, которое может быть затрачено на выполнение программы НПИ, что обуславливает методический принцип *предварительной классификации целевых работ по уровню важности для отработки и определения нормативного числа их повторений в полете*.

Как показывает практика, требования к объему программы НПИ в полете могут вступить в противоречие с имеющимися возможностями. В этом случае возникает задача снижения требований к подготовке на борту к выполнению ЦР при условиях минимального снижения количества проведенных сеансов. Такой подход может быть применен для космонавтов, имеющих опыт выполнения космических полетов. Этим определяется использование при планировании программы полета методического принципа *учета при определении времени на борту на подготовку к целевой работе и нормативного числа повторений целевых работ величин временных интервалов от предыдущей подготовки к полету или полета*.

При формировании программы ЦР должна учитываться возможность доставки НА на борт (наличия на борту) ПКК. Это связано с ограничениями доставки по массе НА и допустимому объему ПКК. Это обуславливает использование методического принципа *прогноза наличия бортовой научной аппаратуры на борту ПКК*.

Принцип *использования «главной узловой точки» при размещении ЦР по программе полета*. Размещение на временной оси программы полета планируемых ЦР осуществляется после расстановки на ней основных динамических режимов полета и баллистической информации по виткам  $n_z$ . В основу размещения ЦР закладывается принцип выбора «главной узловой точки»  $R_\mu$ . На режимах стыковки со станцией точкой является момент касания  $T_{кас}$ , для проведения медицинских экспериментов – начало сброса медицинской телеметрии, для экспериментов ВИН – момент пролета над исследуемым объектом, для экспериментов по биотехнологии – время доставки биоматериалов на борт ПКК и т.д.. «Главная узловая точка» ЦР «привязывается» к программе полета экспедиции. Характер «привязки» определяется видом ЦР.

Относительно «главных узловых точек» размещаются элементы ЦР, связь которых с «главной узловой точкой» определена бортовыми инструкциями, логикой выдачи команд управления бортовыми системами ПКК, справочной документацией.

Принцип *выбора фиксированных временных интервалов планирования целевых работ* при составлении циклограммы полета экспедиции  $Ц_{п}$ . Выбор временных интервалов планирования непосредственно влияет на степень детализации разработки циклограммы  $Ц_{п}$  и удобство пользования ею. Известны три вида задания временных интервалов [73]:

- постоянный шаг планирования в пределах отдельных этапов полета и отдельных ЦР;
- переменный шаг планирования в зависимости от требуемой детализации анализа на разных фазах полета;

– метод «узловых точек», при использовании которого время полета делится на интервалы, в течение которых сеансы ЦР и режимы работы НА постоянны.

Для различных типов объектов подбирается вид временных интервалов, удовлетворяющий требованиям технологического процесса проведения тренировок. Так, экспериментов ВИН, с точки зрения вычислительной процедуры, наиболее подходящим будет метод «узловых точек» в сочетании с равномерным дроблением времени полета на витки  $n_z$  обращения ПКК вокруг Земли.

С целью выполнения требования непрерывности проведения научных исследований на борту ПКА должно выполняться методическое требование *обеспечения преемственности ЦР*, которое обеспечивается учетом выполнения сеансов ЦР предыдущим экипажем, т.е. неразрывность полетной циклограммы.

В настоящее время длительность полета основной экспедиции ПКК составляет около 200 суток. Проведенные исследования показывают, что, если операция повторно не выполняется космонавтом в течение месяца, то начинается утрата имеющихся навыков [29].

Необходимость поддержания заданного уровня навыков выполнения ЦР в процессе полета обязывает учитывать время на восстановление навыка перед выполнением ЦР на борту путем изучения бортовой документации либо практическим ознакомлением с аппаратурой [34,37,54]. В совокупности с необходимостью выдерживания последовательности выполнения сеансов ЦР разными экипажами этим обуславливается появление методического принципа *увеличения времени на подготовку и проведению целевых работ для восстановления навыка*.

Наличие на борту ПКК специализированного научного оборудования, используемого для нескольких ЦР (стерильные камеры, виброплатформы, многофункциональные печи, системы вакуумирования и др.) требует учета методического принципа *отсутствия наложения экспериментов, использующих общую научную аппаратуру*.

Таким образом, процесс определения программы ЦР и, соответственно, комплекса НА экипажа ПКК основывается на использовании разработанных методических принципах формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Методические принципы формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК

№	Название методического принципа
1	Учет располагаемых возможностей по числу проводимых ЦР на борту
2	Регулирование частоты проведения ЦР в зависимости от дефицита времени экипажа
3	Определение требований к необходимому числу сеансов ЦР
4	Предварительная классификация ЦР по уровню важности для отработки и определение нормативного числа их повторений в полете
5	Учет при определении времени на борту на подготовку к ЦР и нормативного числа повторений ЦР величин временных интервалов от предыдущих подготовки к полету или полета
6	Прогноз наличия бортовой научной аппаратуры на борту ПКК
7	Использование «главной узловой точки» при размещении ЦР по программе полета
8	Выбор фиксированных временных интервалов планирования ЦР
9	Обеспечение преемственности ЦР
10	Увеличение времени на подготовку и проведению ЦР для восстановления навыка
11	Отсутствие наложения ЦР, использующих общую научную аппаратуру

Разработанные в рамках данной информационной технологии методические принципы положены в основу алгоритма для автоматизированного формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК.

### 2.2.3 Математическая модель процесса формирования программы целевых работ и научной аппаратуры пилотируемого космического комплекса

Проектирование комплекса НА модулей ПКК зависит от формирования программы НПИ (ЦР) на борту, что является очень сложной задачей, связанной с обработкой большого объема информации, с учетом множества противоречивых требований и ограничений, критериев при соблюдении ряда методических принципов, представленных в п.2.2.2. Результат этой работы – программа ЦР на базе комплекса научной аппаратуры – должен обеспечивать требуемый уровень выполнения программы научных исследований на борту ПКК [16, 62].

В результате планирования программы ЦР может быть сформировано несколько вариантов (проектов) программ, удовлетворяющих предъявляемым требованиям. Полученные проекты программ будут иметь различные акценты в зависимости от направлений исследований. Из полученных проектов программ необходимо выбрать наиболее оптимальный итоговый вариант программы по определенным критериям. При этом задача формирования программы НПИ для ПКК может быть рассмотрена в следующей постановке:

Может быть сформировано определенное количество проектов программ НПИ  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ , каждый из них должен удовлетворять предъявляемым требованиям, и характеризуется набором значений показателей оценки  $OЦ = \{f_1, f_2, \dots, f_l\}$ .

Требуется оценить полученные проекты программ НПИ в соответствии предложенным показателем эффективности (1.1).

Эта задача может быть решена с использованием математического аппарата многокритериальной оптимизации [4,57-60]. Для чего:

- на основе разработанного алгоритма формируется набор проектов  $V$ ;
- формируется набор критериев оценки  $OЦ$ .

Набор проектов планов  $v_i$  разрабатывается соответствующими специалистами по предложенному в работе алгоритму на основе сформированных требований (ограничений) к программе НПИ/ЦР ПКК [29].

Оценка качества проектов программ не может быть основана на анализе результатов полета ПКК, т.к. ее необходимо провести до начала создания ПКК. Поэтому в работе предлагается способ, при котором показатели качества программы НПИ характеризуют степень ее соответствия методическим принципам планирования (п.2.2.2), вытекающим из опыта выполнения космических полетов на борту МКС и ОК «Мир».

В предыдущем разделе данной работы разработаны методические принципы формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК.

В общем виде решаемая задача формирования программы ЦР и комплекса НА планирования можно быть представлена в виде последовательности оптимизационных задач, когда решения принимаются руководителем на основе сформированных критериев. В данном пункте представлены математические формулировки описания процесса формирования программы ЦР ПКК, взаимосвязь составляющих данного процесса представлена при разработке алгоритма формирования программы ЦР в п. 2.2.4 данной работы.

Решение частных оптимизационных задач целесообразно выполнять в режиме диалога, что обусловлено значительным количеством обрабатываемой информации: количество рассматриваемых ЦР, необходимость учета предъявляемых требований и ограничений  $g_i$ , учитываемых при планировании программы НПИ для выполнения космического полета или подготовки космонавтов. Предлагается использование подхода, применяемого при планировании программ подготовки космонавтов при отработке полетных операций [29].

Имеется:

1 Множество целевых работ, предполагаемых к включению в программу полета ПКК – ЦР:

$$\text{ЦР} = \{\text{ЦР}_j, j \in N\}, N = \{1, \dots, n\}.$$



Множество ЦР разбивается на подмножества:

- пар ЦР, связанных отношением предшествования

$g_{np} = \langle \text{ЦР}, G_{np} \rangle$ , где  $G_{np} \subseteq \text{ЦР} \times \text{ЦР}$ , при этом  $G_{np} = \{ \langle \text{цр}_i, \text{цр}_j \rangle / \text{цр}_i \prec \text{цр}_j \}$ ,  $i, j \in N$ , где знак “ $\prec$ ” обозначает, что  $\text{ЦР}_i$  предшествует  $\text{ЦР}_j$ ;

- несовместных ЦР например, ЦР выполняемые на одном оборудовании

$\text{ЦР}^H \subseteq \text{ЦР} = \{ \text{цр}_j, j \in J \subseteq N \}$ ,  $J = \{ 1, \dots, q \}$ ;

- пар ЦР, связанных отношением смежности

$g_{cm} = \langle \text{ЦР}, G_{cm} \rangle$ , где  $G_{cm} \subset \text{ЦР} \times \text{ЦР}$ ,

при этом  $G_{cm} = \{ \langle \text{цр}_i, \text{цр}_j \rangle / \text{цр}_i \text{ смежна } \text{цр}_j \}$ ,  $i, j \in N$ .

2 Множество типов режимов полета, связанных с суточной программой выполнения ЦР:

$$P = \{ P_\nu, \nu \in L \}, L = \{ 1, \dots, d \},$$

где каждый  $\nu$ -й режим описывается кортежем:

$$P_\nu = \langle \text{цр}_{j\nu}, t_{j,\nu}^H, \tau_{j\nu}, t_\nu^H, \tau_\nu \rangle, \nu \in \Omega, j \in N,$$

где  $\text{цр}_{j\nu}$  –  $j$ -я целевая работа, выполняемая в  $\nu$ -м режиме;  $t_{j\nu}^H$  – момент начала выполнения  $j$ -ой ЦР в  $\nu$ -м режиме;  $\tau_{j\nu}$  – продолжительность выполнения  $j$ -ой ЦР в  $\nu$ -м режиме;  $t_\nu^H$  – момент начала  $\nu$ -го режима;  $\tau_\nu$  – продолжительность  $\nu$ -го режима.

3 Множество членов экипажа ПКК:

$$S = \{ S_\mu, \mu \in M \}, M = \{ 1, \dots, p \}.$$

4 Множество запланированных полетов экипажей ПКК  $\Gamma = \{ \gamma \}$ , каждому полету соответствует множество временных тактов:

$$\gamma \leftrightarrow E_\gamma = \{ m \}.$$

5 Множество диапазонов полетов экипажей ПКК:

$$V = \{ \nu_\gamma, \gamma \in \Gamma \}, I = \{ 1, \dots, \delta \}.$$

Каждая экспедиция ПКК задается парой  $\nu_\gamma = \langle t_\gamma^H, t_\gamma^K \rangle$ ,  $\gamma \in \Gamma$ , где  $t_\gamma^H, t_\gamma^K$  – моменты начала и конца полета экипажа ПКК.

В соответствии с формулой 1.4 выполнение каждой ЦР<sub>*j*</sub> эквивалентно действию, под которым понимается кортеж

$$\text{ЦР}_j \leftrightarrow y_j = \langle T_j, S_j, B_j, P_j^S, P_j^A \rangle.$$

На ЦР, как и на полетную операцию [49], накладывается ряд условий их выполнения. Множество условий обозначается  $C_j$ .

Для каждой ЦР набор условий для формирования программы НПИ:

$$C_j = \langle C_{j1}, \dots, C_{j15} \rangle, j \in N, \quad (2.2)$$

где  $C_{j1}$  – важность ЦР;  $C_{j2}$  – продолжительность ЦР;  $C_{j3}$  – директивность ЦР;  $C_{j4}$  – время суток (признак);  $C_{j5}$  – номер суток;  $C_{j6}$  – отношение следования ЦР;  $C_{j7}$  – смежность ЦР;  $C_{j8}$  – совместность выполнения;  $C_{j9}$  – количество выполняющих космонавтов;  $C_{j10}$  – член экипажа;  $C_{j11}$  – необходимость динамической операции;  $C_{j12}$  – категория ЦР;  $C_{j13}$  – частота выполнения (число сеансов) ЦР;  $C_{j14}$  – масса научной аппаратуры;  $C_{j15}$  – объем доставляемой научной аппаратуры.

Существует набор вариантов выполнения ЦР<sub>j</sub>.

При этом,

$$y_j = \langle U_k(Q_{jk}^h, Q_{jk}^k), S_j, B_j \rangle, \quad (2.3)$$

где  $(Q_{jk}^h, Q_{jk}^k)$  – интервал планирования ЦР<sub>j</sub>;  $k$  – множество моментов времени  $k \in W$ .

Вводится упорядочение по экипажам:

$$U_k(Q_{jk}^h, Q_{jk}^k) = U_k(t_\gamma^h, t_\gamma^k, \gamma_{jk}). \quad (2.4)$$

При этом,

$$y_j = \langle U_k(t_\gamma^h, t_\gamma^k, \gamma_{jk}), S_j, B_j \rangle. \quad (2.5)$$

В этом случае,

$$y_j = U_k \langle (t_{jk}^h, t_{jk}^k, \gamma_{jk}), S_j, B_j \rangle = U_k y_{jk}. \quad (2.6)$$

Если ввести временные такты  $\{m\}$ , то каждому моменту начала  $t_{jk}^h$  и продолжительности  $\tau_{jk}$  выполнения ЦР будут соответствовать определенные временные такты  $m$ .

Тогда выражение для действия  $y_{jk} = \langle m_{jk}, \gamma_{jk}, \mu_j, \nu_j \rangle$ , где  $m_{jk}$  – номер временного такта выполнения  $j$ -ой ЦР на  $k$ -м интервале. Кортеж  $\langle j, k, \gamma, m \rangle$  соответствует продолжительности ЦР  $\langle j, k, \gamma, m \rangle \rightarrow \tau_{jk}$ .

Потенциальные возможности выполнения действий  $y_{jk}$  описываются

множеством  $\Delta$  (1.3), которому соответствует функция:

$$F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} : \Delta \rightarrow \{0,1\}. \quad (2.7)$$

Тогда формирование программы НПИ и КНА может быть представлено в следующем виде:

$$F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} \leftrightarrow y_{jk} = \langle m_{jk}, \gamma_{jk}, \mu_j, v_j \rangle. \quad (2.8)$$

Тогда каждая программа выполнения программы НПИ определяется в виде конечномерного вектора:

$$Z = //F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} //, j \in N, k \in W, \gamma \in \Gamma, m \in E_p, \mu \in M, v \in L. \quad (2.9)$$

Множество альтернатив  $\Delta$  соответствует множеству векторов  $Z$ . Множество допустимых альтернатив:

$$\Delta_\beta = \{Z = //F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} // / r_i^\beta, I = \overline{1,8}\}, \quad (2.10)$$

где  $\{r_i^\beta, i = \overline{1,8}\}$  – множество ограничений.

Ниже приведен перечень ограничений:

1 Обязательное включение в программу ЦР, имеющих наиболее приоритетное значение для научных исследований:

$$\beta 1: \sum_{k,\gamma,m,\mu,v} F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} = I_1 / j \in J_1, \quad j \leftrightarrow (\gamma, m, k, \mu), \quad (2.11)$$

где  $J_1$  – подмножество приоритетных ЦР,  $J_1 \subseteq N$ .

2 Длительность полета экипажа ПКК ограничена и, соответственно, суммарный временной ресурс каждого члена экипажа на выполнение всех ЦР ограничен:

$$\beta 2: \sum_{k,\gamma,m,\mu,v} F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} \cdot \tau_{j,k,\gamma,m} \leq b_\mu, \forall \mu \in M, \quad (2.12)$$

3 ЦР  $j_l$  может быть выполнена только при условии выполнения ЦР  $j_n$ :

$$\beta 3: F_{j_n, k_n, \gamma_n, m_n, \mu_n, v_n} - F_{j_l, k_l, \gamma_l, m_l, \mu_l, v_l} \leq 0 \quad (2.13)$$

для  $\forall k_i, \gamma_i, m_i, \mu_i, v_i, i = n, l, j_n < j_l, j_n, j_l \in G_{np}$ .

4 Каждый член экипажа в каждый момент времени может выполнять не более одной ЦР:

$$\beta 4: \sum_{k,\gamma,m,\mu,v} F_{j,k,\gamma,m,\mu,v} \leq 1, \forall \mu, \gamma, m. \quad (2.14)$$

5 Ограничение на совместность выполнения некоторых ЦР:

$$\beta 5: \sum_{j \in \text{ЦР}^H} F_{j,k,\gamma,m,\mu,\nu} \leq 1, \forall \mu, \gamma, m. \quad (2.15)$$

6 Ограничение на кратность выполнения  $j$ -ой ЦР в течение космического полета:

$$\beta 6: \sum_{k,\gamma,m,\mu,\nu} F_{j,k,\gamma,m,\mu,\nu} \leq C_{j13}, \forall j, \gamma. \quad (2.16)$$

7 Ограничение на суммарную массу НА на борту ПКК:

$$\beta 7: \sum_j F_j \cdot C_{j14} \leq M_{\text{НА}\gamma}, \quad (2.17)$$

где  $M_{\text{НА}\gamma}$  – допустимая масса НА на борту ПКК.

8 Ограничение на суммарный объем НА на борту ПКК:

$$\beta 8: \sum_j F_j \cdot C_{j15} \leq V_{\text{НА}\gamma}, \quad (2.18)$$

где  $V_{\text{НА}\gamma}$  – допустимый объем НА на борту ПКК.

Критерии оценки плана:

1 Включение в программу максимального числа из отобранных с учетом представленных ограничений ЦР:

$$f_1(Z) = \sum_{k,\gamma,m,\mu,\nu} F_{j,k,\gamma,m,\mu,\nu} \rightarrow \max, \forall j \in \text{ЦР}_{\text{от}}, \quad (2.19)$$

где  $\text{ЦР}_{\text{от}}$  – множество ЦР, отобранных с учетом ограничений  $\beta_1 \dots \beta_8$ .

2 Включение в программу наиболее важных ЦР:

Все ЦР, имеющие наибольший уровень важности для научно-прикладных исследований с учетом представленных ограничений, должны быть включены в программу НПИ.

Для важных ЦР:

$$f_2(Z) = \sum_j F_j \cdot C_{j1} \rightarrow \max. \quad (2.20)$$

Из полученных с учетом последовательного применения ограничений  $\beta_1 \dots \beta_4, \beta_6 \dots \beta_8$  вариантов программ выполнения ЦР специалист, принимающий решения, по критериям  $f_1(Z)$  и  $f_2(Z)$  на основе методов многокритериальной оптимизации [11,60,65] выбирает условно-оптимальную программу.

## **2.2.4 Методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных научных модулей ПКК с использованием автоматизированной информационной системы учета целевых работ**

В предыдущих пунктах раздела данной работы разработаны методические принципы и математическая модель формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК.

При постановке задач исследований указана необходимость разработки алгоритма формирования программы ЦР и соответственно комплекса НА ПКК, который должен основываться на методических принципах формирования программы ЦР и учитывать опыты полетов экипажей ПКК. Алгоритм формирования программы ЦР и КНА определяет последовательность действий специалистов при формировании программы ЦР и, соответственно, КНА и позволяет учитывать весь перечень факторов и ограничений, влияющих на этот процесс, с использованием автоматизированной информационной системы учета целевых работ. Данный автоматизированный алгоритм является основой методики программно-алгоритмического обеспечения выбора облика и состава комплексов научной аппаратуры перспективных ПКК.

Алгоритм формирования программы ЦР (КНА) для ПКК представлен на рисунке 2.8. Разработка программы начинается с формирования полного состава  $\{ЦР_{jп}\}$  космических экспериментов для перспективного ПКК. Формирование состава  $\{ЦР_{jп}\}$  проводится путем рассмотрения всех ЦР, предлагаемых организациями-постановщиками ЦР.

После этого идет формирование разделов и направлений исследований на борту ПКК в соответствии с Положением по формированию программы ЦР на борту ПКК (Положение ЦР) [62]. Перечень ЦР  $\{ЦР_{jп}\}$  разбивается по разделам и направлениям исследований на борту.

Оценка возможности и целесообразности проведения каждой ЦР<sub>j</sub> на борту ПКК определяется соответствующими секциями Координационного научно-технического совета (КНТС) Государственной корпорации по космической деятельности (ГК) «Роскосмос» и организацией-разработчиком ПКК. В случае определения возможности проведения ЦР<sub>j</sub> на борту ПКК он вносится в автоматизированную систему АИСУЦР.

Приоритетность включения ЦР<sub>j</sub> в программу полета определяется уровнем важности  $V_j$  данного эксперимента для проведения исследований на борту ПКК [100].

Методика определения уровня важности ЦР может использовать определенные параметры оценки, либо основываться на экспертных оценках компетентных специалистов космической отрасли (раздел 3 данной работы).

Ограничения ПКК требуют оценки соответствия массы, объема, характеристик КНА ЦР<sub>j</sub>, возможности модулей ПКК. Определение суммарной массы и объемов НА достигается запросом в АИСУЦР. Оценка массы и объемов НА может осуществляться для конкретного модуля ПКК или всего ПКК. В случае превышения допустимых параметров необходимо корректировать состав КНА и перечень {ЦР<sub>j</sub>}.

Следующим ограничением на формирование состава {ЦР<sub>j</sub>} является суммарная длительность проведения ЦР. В данном случае рассчитывается как затрачиваемое членами экипажа время на проведение исследований, так и временные ресурсы эксплуатации ПКК. В случае ограничения возможности проведения всех запланированных ЦР из-за временных ресурсов требуется корректировка КНА и состава {ЦР<sub>j</sub>}.

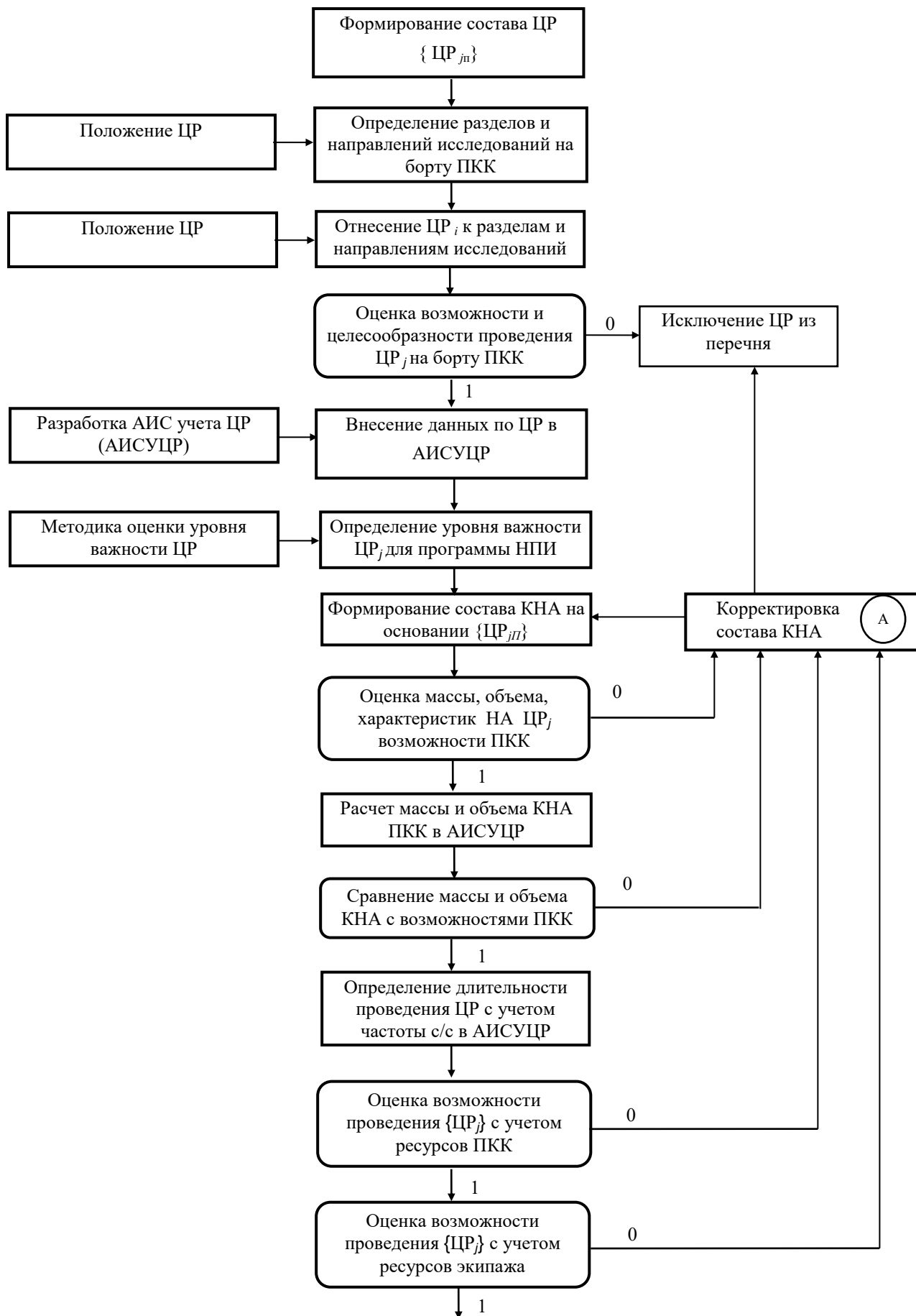


Рисунок 2.8 – Алгоритм формирования программы ЦР и КНА (начало)

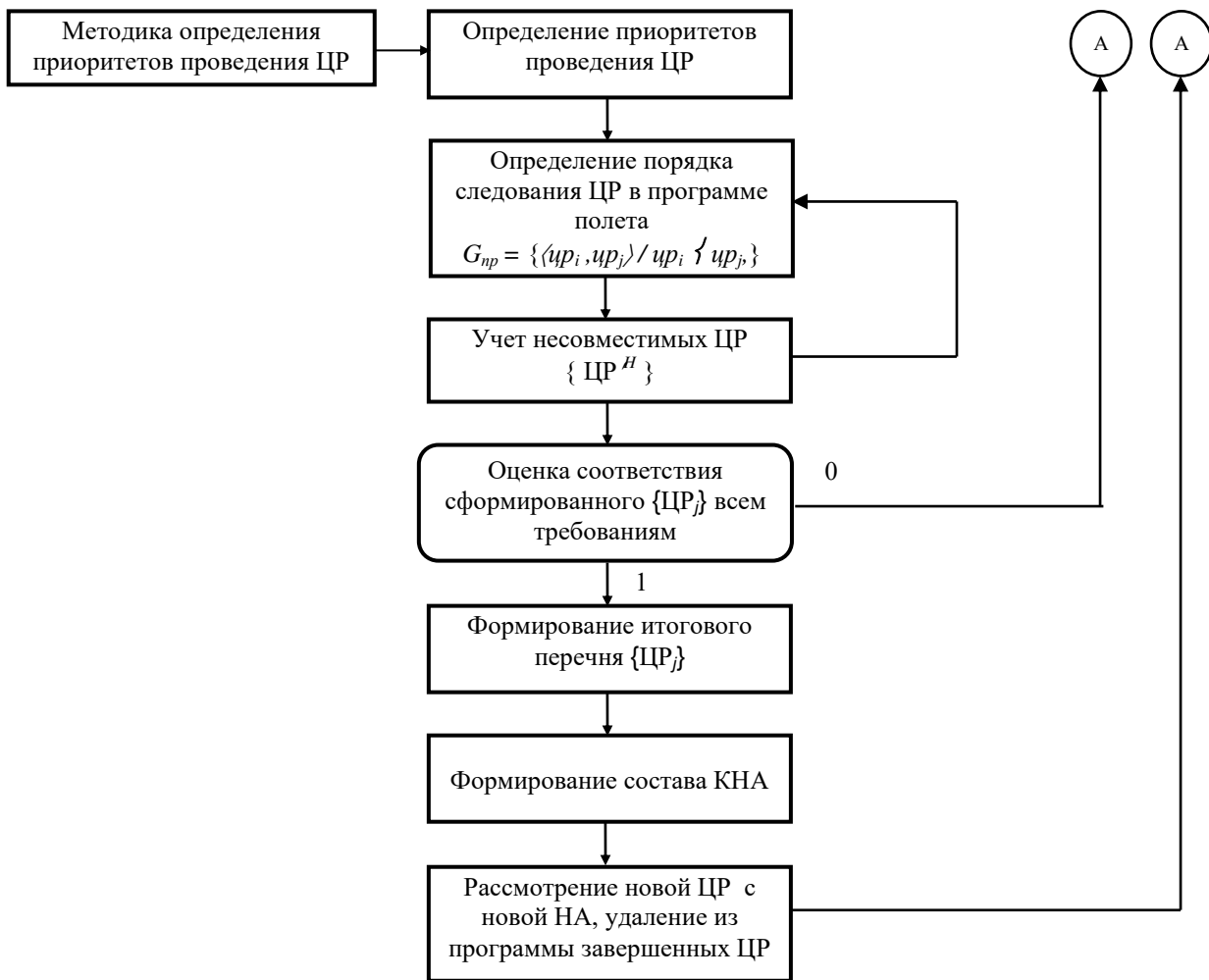


Рисунок 2.8 – Алгоритм формирования программы ЦР и КНА (продолжение)

Определение приоритетов проведения ЦР на борту ПКК осуществляется специалистами Центра управления полета по определенным методикам с учетом различных критериев: срочность проведения ЦР<sub>j</sub>, важность исследований, сроки доставки НА и прочее.

Для формирования программы ЦР требуется определение порядка следования ЦР в привязке к программе полета, учет несовместимых ЦР. В случае соответствия перечня {ЦР<sub>j</sub>} и состава КНА всем требованиям и ограничениям формируется итоговая программа {ЦР<sub>j</sub>} и определяется состав КНА. В процессе выполнения программы полета ПКК программа ЦР постоянно корректируется и дорабатывается с учетом представленных ограничений.



**Выводы по разделу:**

1 Сформирован новый метод к определению состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых космических комплексов на основе фактографического описания бортовой целевой работы с учетом требований к комплексу научной аппаратуры. Для фактографического описания бортовой целевой работы впервые предложена пространственно-временная модель состояния (функционирования) КНА как в нештатных, так и в штатных ситуациях, которая позволила впервые создать математическую модель состояния КНА с использованием аппарата дискретной математики, теории множеств и теории вероятностей.

2 Законы штатного функционирования КНА, содержание целевых работ описаны путем использования логических и параметрических признаков, комплекса инвариантов (последовательности, интервала, длительности постоянства, роста, снижения, знака, кратности, режима) и отношений между ними, представляемых на языке исчисления предикатов.

3 На основе пространственно-временной модели состояния комплекса научной аппаратуры и обобщенной модели системы ПКК впервые разработан структурный базис описания целевой работы, который представляет собой комплекс взаимосвязанных функций: функцию динамики ЦР, функцию состояния ЦР, функцию выполнения ЦР и функцию описания ЦР.

4 Определено, что с точки зрения получения результатов для формирования автоматизированных информационных систем поддержки деятельности специалистов при разработке комплексов НА фактографическое описание целевой работы относится к жесткоструктурированной информации. Разработана детальная структура фактографического описания целевой работы, которая может содержать 15 фасетов, позволяющих обеспечить запись, хранение и извлечение данных в автоматизированных информационных системах учета ЦР и НА.

5 Определена базовая фасетная формула для любого типа целевых работ, включающая в себя следующие компоненты (фасеты): номер ЦР, содержание ЦР, источник выполнения ЦР (НА), масса НА, объем НА, категория ЦР, факторы

космического полета для ЦР, число сеансов выполнения ЦР, важность (значимость) ЦР, приоритет планирования ЦР, взаимосвязь ЦР с программой полета (накладываемые ограничения), длительность выполнения ЦР, способ выполнения ЦР, принадлежность ЦР к модулю ПКК, экипажи, выполняющие ЦР.

6 Выявлены 151 ЦР для РС МКС, выполнено их фактографическое описание для использования в автоматизированных информационных системах управления процессом подготовки. Базовое фасетное описание данных целевых работ по МКС представлено в приложении А.

7 Разработана методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава ЦР и научной аппаратуры перспективных научных модулей, основывающаяся: на выявленных факторах, влияющих на формирование программы целевых работ на борту ПКК, сформулированных методических принципах формирования программы ЦР и комплекса НА на борту ПКК, разработанных математической модели и алгоритме формирования программы целевых работ и комплекса научной аппаратуры модуля пилотируемого космического комплекса.

8 Разработанная математическая модель формирования программы целевых работ и комплекса научной аппаратуры пилотируемого космического комплекса предназначена для решения задачи планирования с использованием математического аппарата дискретной математики, многокритериальной оптимизации и представляет собой последовательность частных оптимизационных задач, анализ и отбор вариантов решений которых осуществляет руководитель на основе представленных критериев.

9 Предложен автоматизированный алгоритм формирования программы целевых работ и комплекса научной аппаратуры модуля пилотируемого космического комплекса, включающий основные компоненты данного технологического процесса (планирование, перепланирование, формирование программ целевых работ и комплекса научной аппаратуры модуля ПКК с учетом представленных ограничений).

### **Раздел 3 Оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных ПКК**

#### **3.1 Подход к определению степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных ПКК**

Для определения степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК применительно к РОС и лунной программе составлен опросный лист (Приложения Б, В). За основу анкетирования взята методика, предложенная В.А. Рвачевым [70]. КНТС ГК «Роскосмос» определяет 8 направлений НПИ на борту ПКК [102]. Каждое из 8 направлений включает в себя несколько разделов направлений [102], определенных секциями КНТС (дата обращения 15.09.2022). Направления и разделы направлений включены в опросный лист. Использовалась следующая шкала оценки степени важности направлений НПИ на борту перспективных ПКК (балл): 1 – очень низкий; 2-3 – низкий; 4-6 – средний; 7-8 – высокий; 9-10 – очень высокий [70].

Цель опросного листа заключалась в определении степени важности перспективных направлений (разделов) выполнения НПИ на борту перспективных ПКК применительно к перспективной РОС и к пилотируемый лунным комплексам на основе опыта эксплуатации орбитальных станций «САЛЮТ», ОК «МИР», МКС.

В ходе исследования (таблица 3.1) опрошены четыре группы экспертов: специалисты по подготовке космонавтов по космическим экспериментам ( $n = 5$ ), специалисты по научно-исследовательской работе ( $n = 6$ ), специалисты организаций ГК «Роскосмос» по формированию программ НПИ и разработке научной аппаратуры ( $n = 4$ ) и профессиональные космонавты ( $n = 5$ ).

В группе экспертов «профессиональные космонавты» на вопросы отвечали действующие Герои РФ, совершившие один и более космических полетов. Опрос проходил с сентября 2022 года по ноябрь 2022 года. Из 20 экспертов, участвовавших в опросе: 4 человека – сотрудники ведущих организаций ГК «Роскосмос» (ПАО «РКК-Энергия» и АО ЦНИИмаш), 5 космонавтов Отряда космонавтов ГК «Роскосмос» и 11 человек – специалисты Центра подготовки космонавтов, кроме двоих, все эксперты мужского пола. Средний возраст экспертов составил 53,6 года, средний стаж работы в космической отрасли 21 год, что показывает довольно большой опыт работы в отрасли. Должности экспертов: 4 главных научных сотрудника (ГНС), 2 ведущих научных сотрудников (ВНС), 2 старших научных сотрудника (СНС), начальник управления, заместитель начальника исследовательского центра, 1 начальник отдела, 2 зам. начальника отдела, 5 действующих космонавтов-испытателей (осень 2022 года), 2 специалиста по подготовке космонавтов. Ученые степени: 3 доктора технических наук, 1 доктор психологических наук, 1 доктор политических наук, 2 кандидата военных наук, 4 кандидата технических наук, 1 кандидат экономических наук, 1 кандидат педагогических наук. Звания: 3 профессора, 3 доцента, 5 Героев РФ.

Таблица 3.1 – Таблица экспертов, участвующих в опросе

Эксперт	Возраст	Пол	Стаж работы в космической отрасли	Должность	Ученая степень, звание
1	2	3	4	5	6
Специалисты по подготовке космонавтов по КЭ					
1	38	М	12	СНС	к.п.н., доцент
2	36	М	29	ВНС	к.т.н.
3	48	М	25	Заместитель начальника отдела	–
4	41	Ж	10	Специалист по подготовке космонавтов	–
5	38	Ж	14	Специалист по подготовке космонавтов	–

продолжение таблицы 3.1

Эксперт	Возраст	Пол	Стаж работы в космической отрасли	Должность	Ученая степень, звание	
Специалисты по научно-исследовательской работе						
6	51	М	22	Начальник отдела	к.в.н.	
7	65	М	10	ВНС	к.в.н., доцент	
8	56	М	34	Начальник управления	д.т.н., доцент	
9	78	М	55	ГНС	д.т.н.	
10	64	М	5	ГНС	д.п.н., профессор	
11	53	М	11	ГНС	д.т.н., профессор	
Специалисты организаций ГК «Роскосмос»						
12	64	М	39	Заместитель начальника отдела	к.т.н.	
13	65	М	42	Заместитель начальника НИЦ	к.т.н.	
14	65	М	43	ГНС	д.п.н., профессор	
15	67	М	35	СНС	к.т.н.	
Профессиональные космонавты						
Эксперт	Возраст	Пол	Стаж работы в космической отрасли (в отряде космонавтов)	Должность	Ученая степень, звание	Космический полёт / выходы в открытый космос
16	40	М	12	Космонавт-испытатель	–	1/1
17	52	М	19	Космонавт-испытатель	к.э.н.	3/8
18	50	М	19	Космонавт-испытатель	к.т.н.	4/3
19	51	М	16	Космонавт-испытатель	–	2/1
20	44	М	10	Космонавт-испытатель	–	1/4

По итогам обработки опросного листа направлений (разделов) НПИ применительно к Российской орбитальной станции были получены среднее арифметическое значение степени важности, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент конкордации (сравнение экспертов) по всем разделам направлений НПИ применительно к РОС ( $n = 46$ ).

Аналогично по итогам обработки опросного листа направлений НПИ применительно к лунной программе были получены среднее арифметическое значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент конкордации (сравнение экспертов) всех разделов НПИ ( $n = 47$ ).

Обработка полученных данных производилась с использованием электронных таблиц Excel из пакета Microsoft Office.

В процессе обработки данных проведены следующие расчеты: среднее арифметическое значение –  $X$ , стандартное отклонение –  $S$ , коэффициент вариации –  $V\%$ , коэффициент конкордации (согласованность мнений экспертов) –  $W$  и достоверность коэффициента конкордации –  $\chi^2$  по каждой группе экспертов [103, 104].

Коэффициент конкордации является мерой согласованности мнений экспертов и определялся по формуле [103]:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \quad (3.1)$$

$$\text{где } T_i = \frac{1}{12} \sum_{l=1}^{L_i} (t_l^3 - t_l),$$

$L_i$  – число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках  $i$ -го эксперта,  $t_l$  – количество элементов в  $l$ -й связке для  $i$ -го эксперта (количество повторяющихся элементов),

$m$  – количество оцениваемых вариантов,

$n$  – количество экспертов.

Для определения достоверности коэффициента конкордации исчисляется критерий  $\chi^2$  (Пирсона) с числом степеней свободы  $n-1$ .

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1) + \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^m T_i} \quad (3.2)$$

Результаты измерений в зависимости от величины коэффициента вариации ( $V\%$ ) можно считать небольшой вариативностью (0-30%), средней (30-50%) и большой ( $v>50\%$ ).

### 3.2 Экспертная оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту Российской орбитальной станции

Результаты опроса экспертов о степени важности перспективных направлений (разделов) НПИ [102] на борту РОС представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Оценка степени важности перспективных направлений (разделов) НПИ на борту РОС

<b>Направления (разделы) научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V%</b>	
<b>Космическая биология и физиология</b>	1	получение новых биообъектов с нужными свойствами для использования их в интересах медицины, ветеринарии и биотехнологии	<u>9,3</u>	0,6	7
	2	исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции с целью разработки базовых технологий получения биопродукции в условиях космоса	<u>9,1</u>	0,6	7
	3	технико-экономическое обоснование целесообразности производства биотехнологической продукции в условиях космоса	<u>7,8</u>	0,6	8
	4	проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования для проведения исследований по космической биотехнологии	<u>8,8</u>	0,8	9
	5	отработка условий и оборудования для обеспечения проведения биотехнологических исследований на пилотируемых космических станциях в асептических условиях	<u>8,4</u>	0,6	7
	6	изучение биodeградирующего действия микроорганизмов, находящихся в воздухе пилотируемых космических станций, на конструкционные элементы станции и находящееся в гермообъеме оборудование	<u>7,4</u>	0,8	11
	7	информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья, психоэмоционального статуса членов экипажа, их работоспособности	6,9	0,9	12



<b>Направления (разделы) научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V</b> <b>%</b>	
	8	совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания, профилактики возможных нарушений и лечения заболеваний	<u>8,1</u>	0,7	9
	9	совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов, разработка психофизиологических мер, направленных на оптимизацию самочувствия и профессиональной деятельности космонавтов	<u>8,1</u>	0,7	9
	10	разработка фундаментальных проблем космической медицины	<u>8,8</u>	0,6	7
	11	решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полётов на Луну, Марс и другие планеты	<u>8,3</u>	0,7	8
	12	развитие бортовой телекоммуникационной медицины, связанной, как с расширением возможностей медицинского контроля за состоянием здоровья человека в полете, так и оказанием консультативной диагностики и лечения в случае возникновения заболеваний	<u>8,0</u>	0,8	10
	13	внедрение разработанных средств, аппаратуры, оборудования и технологий, используемых в космонавтике, в здравоохранение и народное хозяйство	<u>9,4</u>	0,7	7
Космическое материаловедение	14	рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков	<u>9,3</u>	0,9	9
	15	синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на МКС универсальной автоматизированной минифабрики по производству ряда материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии	<u>8,8</u>	0,9	10
	16	создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой	<u>8,9</u>	0,9	10
	17	решение задач управления конвективными потоками в жидкостях и проблем создания новых теплообменных аппаратов для нужд космической техники	<u>8,3</u>	0,6	6
	18	физика низких температур для изучения явлений на межфазной поверхности	<u>7,4</u>	0,8	11
Исследование Земли из космоса	19	изучение характеристик системы «океан-атмосфера»	<u>8,3</u>	0,7	9
	20	исследование стихийных бедствий и экологических зон	<u>9,0</u>	0,8	9
	21	развитие новых технологий для методологического, методического и аппаратурного обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса.	<u>9,5</u>	0,6	6
	22	пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на земной поверхности, зон экологических бедствий	6,9	0,7	11
	23	предложения по аппаратурному составу специализированных космических аппаратов для решения	<u>7,8</u>	0,7	9



Направления (разделы) научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА		X	S	V %	
	конкретных задач дистанционного зондирования				
Солнечная система	24	изучение геофизических процессов из космоса, включая процессы, протекающие в верхней атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве	<u>8</u>	1,0	13
	25	исследование Солнца	<u>7,2</u>	0,9	12
	26	исследований межпланетного вещества контактными методами (масс-спектрометрические и физико-химические методы анализа)	6,6	0,8	11
	27	исследований планет и малых тел Солнечной системы, их дифференциация с космическим мусором	6,3	0,6	9
	28	отработка аппаратуры для исследований Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами	<u>7,7</u>	1,0	14
	Внеатмосферная астрономия	29	измерение фоновых и вспыхивающих потоков линейчатого гамма-излучения	<u>7,6</u>	1,1
30		мониторинг неба	<u>7,3</u>	1,3	18
Физика космических лучей	31	исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей	<u>7,2</u>	1,1	15
	32	исследования химического состава и энергетического спектра космических лучей	6,2	1,2	19
	33	исследования потоков высокоэнергичных заряженных частиц (нейтронов, линейчатого гамма-излучения и высокоэнергичного гамма-излучения во время солнечных вспышек)	<u>7,1</u>	1,1	16
	34	исследования электронов высокой энергии	<u>8,4</u>	1,1	13
Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	35	исследований условий длительного орбитального полета МКС и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов и узлов КА (включая их стойкость к такого рода воздействиям)	<u>9,1</u>	0,8	9
	36	получение практической информации, служащей исходными данными для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем	<u>8,9</u>	0,6	7
	37	выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на РОС	<u>7,9</u>	0,8	10
	38	изучение и оценку эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных (в том числе ремонтных) операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту	<u>9,6</u>	0,5	5

<b>Направления (разделы) научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V%</b>	
	39	совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА, их систем и бортового оборудования в условиях космического полета	<u>9,5</u>	0,7	7
	40	изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем, разработанных с использованием новых физических и технических принципов	<u>9,6</u>	0,6	6
	41	экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения, включая крупногабаритные и робототехнические космические конструкции и системы	<u>9,6</u>	0,7	7
	42	исследования в области гидрогазодинамики и теплообмена (с целью разработки систем жизнеобеспечения нового поколения для экипажей пилотируемых космических комплексов, а также обеспечения их безопасности)	<u>8,7</u>	0,8	9
Космическое образование	43	использование возможностей РОС для наглядной демонстрации физических законов и явлений	6,6	1,0	15
	44	создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций	4,8	0,9	18
	45	развитие у детей и подростков интереса к научно-техническому творчеству, исследованию космоса, изучению истории и перспектив развития космонавтики и ракетной техники	5,9	1,1	19
	46	педпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований	<u>7,4</u>	1,0	13
Примечание – подчеркнуты средние X значения оценок степени важности по шкале «высокий» и «очень высокий».					

Как видно из таблицы 3.2 и представленных диаграмм 3.1–3.8, полученных в ходе экспертной оценки, в целом, при низком уровне вариативности мнений (V%) к наиболее важным разделам направлений НИИ на борту перспективных ПКА применительно к РОС относятся следующие:

В направлении «Космическая биология и физиология» ( $W = 0,53$  и  $\chi^2 = 127,31$ ) (рисунок 3.1):

- получение новых биообъектов с нужными свойствами  $X = 9,3 \pm 0,6$  при  $V\% = 7$ ;
- исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции  $X = 9,1 \pm 0,6$  при  $V\% = 7$ ;
- проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования  $X = 8,8 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ ;
- разработка фундаментальных проблем космической медицины  $X = 8,8 \pm 0,6$  при  $V\% = 7$ ;
- решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полётов на Луну, Марс и другие планеты  $X = 8,3 \pm 0,7$  при  $V\% = 8$ ;
- внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство  $X = 9,4 \pm 0,7$  при  $V\% = 10$ .



Рисунок 3.1 – Диаграмма средних оценок экспертов по направлению НИИ «Космическая биология и физиология»

В направлении «Космическое материаловедение» ( $W = 0,5$  и  $x^2 = 39,86$ ) (рисунок 3.2):

– рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков  $X = 9,3 \pm 0,9$  при  $V\% = 9$ ;

– синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания минифабрики по производству материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии  $X = 8,8 \pm 0,9$  при  $V\% = 10$ ;

– создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой  $X = 8,9 \pm 0,9$  при  $V\% = 10$ .

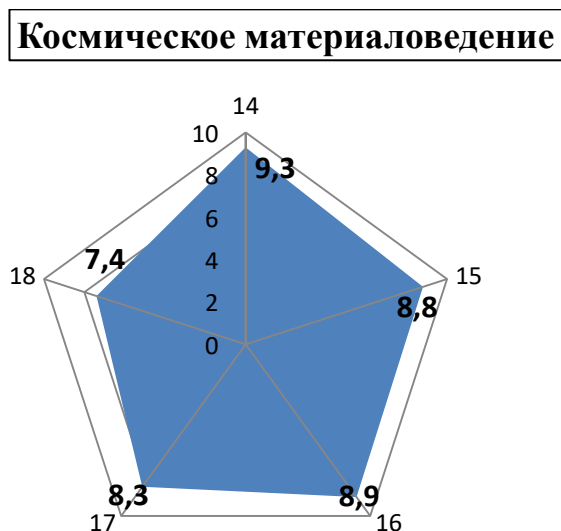


Рисунок 3.2 – Диаграмма средних оценок экспертов по направлению НИИ «Космическое материаловедение»

В направлении «Исследование Земли из космоса» ( $W = 0,86$  и  $x^2 = 68,88$ ) (рисунок 3.3):

– исследование стихийных бедствий и экологических зон  $X = 9,0 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ ;

– развитие новых технологий для обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса  $X = 9,5 \pm 0,6$  при  $V\% = 6$ .

### Исследование Земли из космоса

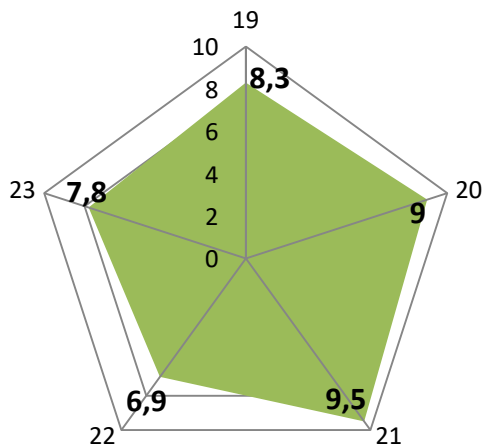


Рисунок 3.3 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НИИ «Исследование Земли из космоса»

В направлении «Солнечная система» ( $W = 0,61$  и  $\chi^2 = 48,55$ ) (рисунок 3.4):

– изучение геофизических процессов из космоса  $X = 8,0 \pm 1,0$  при  $V\% = 13$ ;

### Солнечная система

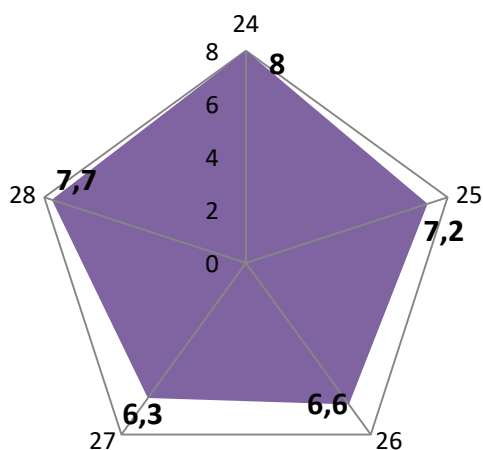


Рисунок 3.4 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НИИ «Солнечная система»



– отработка аппаратуры для исследований Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами  $X = 7,7 \pm 1,0$  при  $V\% = 14$ .

В направлении «Внеатмосферная астрономия» ( $W = 0,27$  и  $\chi^2 = 5,44$ ) (рисунок 3.5):

– измерение фоновых и вспышечных потоков линейчатого гамма-излучения  $X = 7,6 \pm 1,1$  при  $V\% = 15$ ;

– мониторинг неба  $X = 7,3 \pm 1,3$  при  $V\% = 18$ .

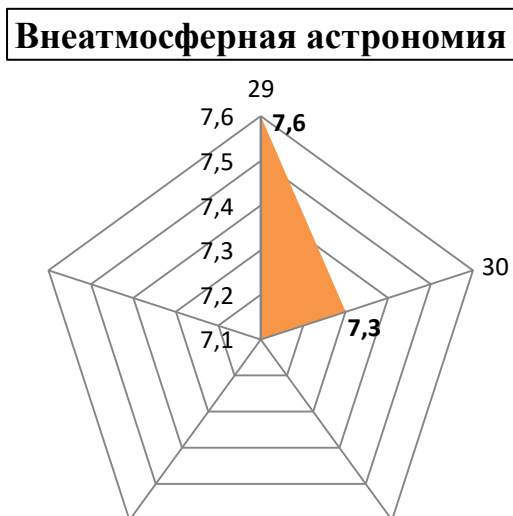


Рисунок 3.5 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НИИ «Внеатмосферная астрономия»

В направлении «Физика космических лучей» ( $W = 0,86$  и  $\chi^2 = 51,33$ ) (рисунок 3.6):

– исследования электронов высокой энергии  $X = 8,4 \pm 1,1$  при  $V\% = 13$ .

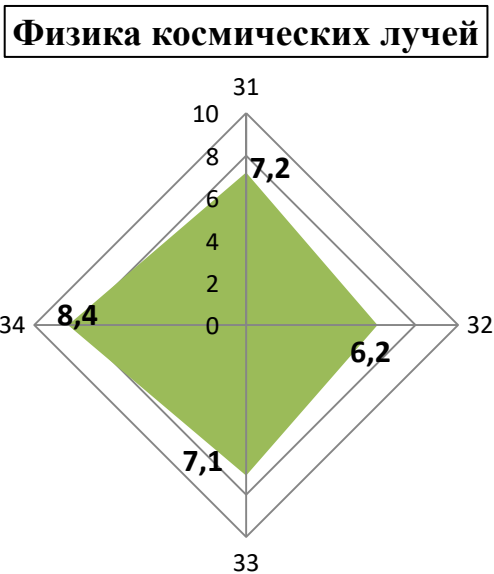


Рисунок 3.6 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ  
«Физика космических лучей»

В направлении «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов» ( $W = 0,52$  и  $x^2 = 72,12$ ) (рисунок 3.7):

- исследования условий длительного орбитального полета МКС и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов  $X = 9,1 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ ;

- получение практической информации для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем  $X = 8,9 \pm 0,6$  при  $V\% = 7$ ;

- изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту  $X = 9,6 \pm 0,5$  при  $V\% = 5$ ;

- совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА в условиях космического полета  $X = 9,5 \pm 0,7$  при  $V\% = 7$ ;

**Технические исследования и технологии  
пилотируемых космических полетов**

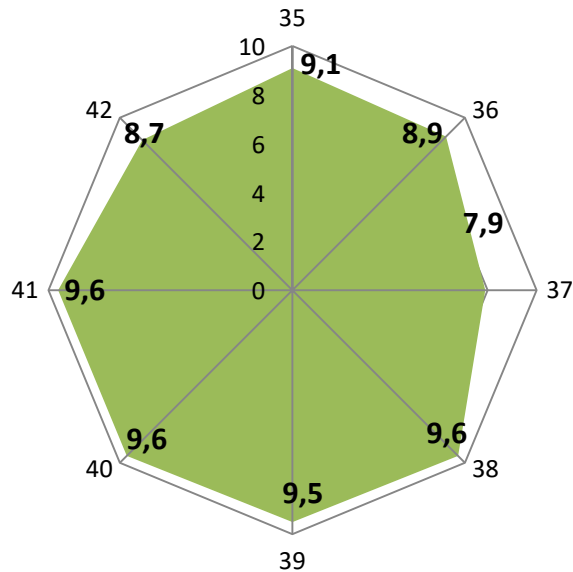


Рисунок 3.7 – «Технические исследования и технологии пилотируемых  
космических полетов»

- изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем  $X = 9,6 \pm 0,6$  при  $V\% = 6$ ;
- экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения  $X = 9,6 \pm 0,7$  при  $V\% = 7$ ;
- исследования в области гидрогазодинамики и теплообмена  $X = 8,7 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ .

В направлении «Космическое образование» ( $W = 0,85$  и  $x^2 = 50,75$ ) (рисунок 3.8):

- предпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований  $X = 7,4 \pm 1,0$  при  $V\% = 13$ .



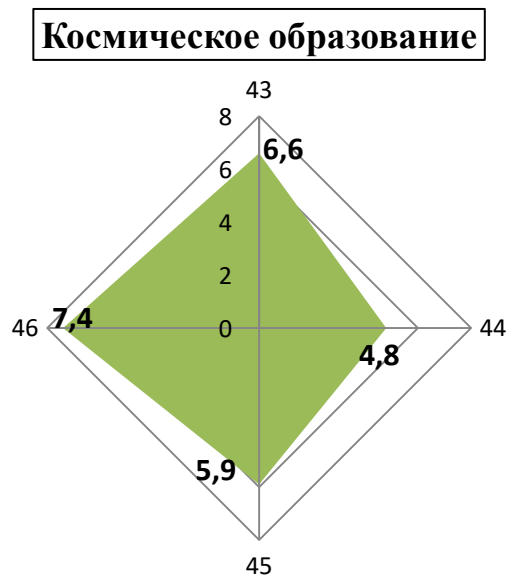


Рисунок 3.8 – «Космическое образование»

Таблица 3.3 – Коэффициенты конкордации и оценка достоверности коэффициента конкордации групп специалистов о важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА применительно к РОС

Группы направлений НИИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по научно-исследовательской работе (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессиональные космонавты (n = 5)		$W_{cp}$	$\chi^2_{cp}$
	W	$\chi^2$	W	$\chi^2$	W	$\chi^2$	W	$\chi^2$		
Космическая биология и физиология	0,52	31,03	0,61	43,66	0,58	27,64	0,77	46,43	0,53	127,31
Космическое материаловедение	0,55	11,0	0,5	11,9	0,66	10,28	0,65	13,0	0,5	39,86

продолжение таблицы 3.3

Группы направлений НИИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по научно-исследовательской работе (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессиональные космонавты (n = 5)		W <sub>ср</sub>	x <sup>2</sup> <sub>ср</sub>
	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>		
Исследование Земли из космоса	0,79	15,76	0,93	22,25	0,83	13,21	0,93	18,67	0,86	68,88
Солнечная система	0,84	16,74	0,56	13,52	0,73	36,5	0,64	12,8	0,61	48,55
Внеатмосферная астрономия	0,9	4,5	0,75	4,5	1,13	4,5	0,97	5,33	0,27	5,44
Физика космических лучей	0,97	14,54	0,73	13,12	0,9	10,8	0,96	15,94	0,86	51,33
Технические исследования и технологии ПКП	0,76	26,45	0,5	20,79	0,64	18,95	0,56	19,6	0,52	72,12
Космическое образование	0,85	12,77	0,9	18,06	0,89	10,69	0,84	12,6	0,85	50,75

В результате анализа приведенных в таблицах 3.2 и 3.3 данных можно отметить:

– к наиболее важным направлениям исследований в целом на борту перспективной пилотируемой РОС по мнению экспертов можно отнести: *Технические исследования и технологии ПКП*  $X_{ср} = 9,1$ ; *Космическое материаловедение*  $X_{ср} = 8,5$ ; *Космическая биология и физиология* и *Исследование Земли из космоса*  $X_{ср} = 8,3$ ;

– к менее важным направлениям исследований на борту перспективной РОС по мнению экспертов можно отнести: *Внеатмосферная астрономия*  $X_{cp} = 7,2$ ; *Солнечная система*  $X_{cp} = 7,1$ ; *Космическое образование*  $X_{cp} = 6,2$ ;

– к наиболее важным разделам направлений исследований на борту перспективной РОС по мнению экспертов относятся: *Изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем, Экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения, Изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту*  $X = 9,6$ ; *Развитие новых технологий для обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса*  $X = 9,5$ ; *Совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта космических аппаратов в условиях космического полета*  $X = 9,5$ ; *Внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство*  $X = 9,4$ ; *Получение новых биообъектов с нужными свойствами*  $X = 9,3$ ; *Рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков*  $X = 9,3$ .

### **3.3 Экспертная оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для реализации на борту перспективных лунных ПКК**

Результаты опроса экспертов о степени важности перспективных направлений (разделов) НПИ применительно к выполнению лунной программы представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Степень важности перспективных направлений (разделов) выполнения НИИ на борту перспективных лунных ПКА (в том числе, лунных баз)

<b>Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V%</b>
Космическая биология и физиология	1. получение новых биообъектов с нужными свойствами для использования их в интересах медицины, ветеринарии и биотехнологии	<u>7,6</u>	0,8	10
	2. исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции с целью разработки базовых технологий получения биопродукции в условиях космоса	<u>7,1</u>	0,8	11
	3. технико-экономическое обоснование целесообразности производства биотехнологической продукции в условиях космоса	5,5	1,1	19
	4. проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования для проведения исследований по космической биотехнологии	<u>7,5</u>	0,9	12
	5. отработка условий и оборудования для обеспечения проведения биотехнологических исследований на пилотируемых космических станциях в асептических условиях	6,2	1,1	17
	6. изучение биodeградирующего действия микроорганизмов, находящихся в воздухе пилотируемых космических аппаратов, на конструкционные элементы ПКА и находящиеся в гермообъеме оборудование	<u>7,6</u>	0,6	8
	7. информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья, психоэмоционального статуса членов экипажа, их работоспособности	<u>8,2</u>	1	12
	8. совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания, профилактики возможных нарушений и лечения заболеваний	<u>8,5</u>	0,9	11
	9. совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов, разработка психофизиологических мер, направленных на оптимизацию самочувствия и профессиональной деятельности космонавтов	<u>8,2</u>	1,3	16
	10. разработка фундаментальных проблем космической медицины	5,1	0,8	16
	11. решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полётов на Луну	<u>7,8</u>	0,9	11
	12. развитие бортовой телекоммуникационной медицины, связанной, как с расширением возможностей медицинского контроля за состоянием здоровья человека в	<u>8,0</u>	0,6	8

продолжение таблицы 3.4

<b>Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V%</b>
	полете, так и оказанием консультативной диагностики и лечения в случае возникновения заболеваний			
	13 внедрение разработанных средств, аппаратуры, оборудования и технологий, используемых в космонавтике, в здравоохранение и народное хозяйство	<u>7,7</u>	1	11
Космическое материаловедение	14 рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков	<u>6,8</u>	1,2	17
	15 синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на лунных ПКА универсальной автоматизированной минифабрики по производству ряда материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии	<u>8,0</u>	1	12
	16 создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой	<u>7,6</u>	0,8	11
	17 решение задач управления конвективными потоками в жидкостях и проблем создания новых теплообменных аппаратов для нужд космической техники	<u>6,9</u>	1	14
	18 физика низких температур для изучения явлений на межфазной поверхности	<u>5,2</u>	1,1	22
Исследование Луны из космоса	19 изучение характеристик лунного грунта	<u>9,5</u>	0,7	7
	20 исследование поверхности Луны	<u>9,5</u>	0,6	6
	21 развитие новых технологий для методологического, методического и аппаратурного обеспечения решения задач дистанционного зондирования Луны из космоса	<u>8,4</u>	0,8	9
	22 пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на лунной поверхности	<u>9,2</u>	0,7	7
	23 предложения по аппаратурному составу специализированных космических аппаратов для решения конкретных задач дистанционного зондирования Луны	<u>8,5</u>	0,8	9
Солнечная система	24 изучение геофизических процессов из космоса, включая процессы, протекающие в верхней атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве	<u>7,6</u>	0,7	9
	25 исследование Солнца	<u>7,8</u>	0,8	10
	26 исследований межпланетного вещества контактными методами (масс-спектрометрические и физико-химические методы анализа)	<u>7,8</u>	0,9	12
	27 исследований планет и малых тел Солнечной системы, их дифференциация с космическим мусором	<u>6,9</u>	1,2	18
	28 отработка аппаратуры для исследований Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами	<u>7,3</u>	0,8	11
Внеатмосферная астрономия	29 измерение фоновых и всплывающих потоков линейчатого гамма-излучения	<u>6,8</u>	1,0	14
	30 мониторинг неба (околоземного пространства)	<u>7,5</u>	1,1	14



<b>Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<i>X</i>	<i>S</i>	<i>V%</i>	
Физика космических лучей	31	исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей	<u>7,8</u>	0,6	8
	32	исследования химического состава и энергетического спектра космических лучей	<u>7</u>	0,7	9
	33	исследования потоков высокоэнергичных заряженных частиц (нейтронов, линейчатого гамма-излучения и высокоэнергичного гамма-излучения во время солнечных вспышек)	<u>8,4</u>	0,6	7
	34	исследования электронов высокой энергии	<u>8,2</u>	0,7	8
Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	35	исследований условий длительного орбитального полета к Луне и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов и узлов КА (включая их стойкость к такого рода воздействиям)	<u>7,4</u>	0,9	12
	36	получение практической информации, служащей исходными данными для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем	<u>8,2</u>	0,7	8
	37	выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на Луне и лунном ПКА	<u>9</u>	0,8	9
	38	изучение и оценку эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных (в том числе ремонтных) операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту лунного ПКА	<u>9,2</u>	0,8	8
	39	совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА, их систем и бортового оборудования в условиях космического полета и напланетной деятельности	<u>8,5</u>	0,5	6
	40	изучение особенностей функционирования в условиях космического полета лунного ПКА сложных технических систем, разработанных с использованием новых физических и технических принципов	<u>8,4</u>	0,9	11
	41	экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения, включая крупногабаритные и робототехнические космические конструкции и системы	<u>9,6</u>	0,6	6
	42	исследования в области гидрогазодинамики и теплообмена (с целью разработки систем жизнеобеспечения нового поколения для экипажей лунных ПКА, а также обеспечения их безопасности)	<u>9,5</u>	0,7	7
	43	Экспериментальная отработка лунных роверов и робототехнических систем	<u>9,7</u>	0,5	5

продолжение таблицы 3.4

<b>Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА</b>		<b>X</b>	<b>S</b>	<b>V%</b>	
Космическое образование	44	использование возможностей лунного ПКА для наглядной демонстрации физических законов и явлений	<u>7,2</u>	0,9	12
	45	создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций	5,4	0,8	14
	46	развитие у детей и подростков интереса к научно-техническому творчеству, исследованию космоса, изучению истории и перспектив развития космонавтики и ракетной техники	<u>7,1</u>	0,9	13
	47	предпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований	<u>7,6</u>	0,8	11
Примечание – подчеркнуты средние X значения оценок степени важности по шкале «высокий» и «очень высокий».					

Как видно из таблицы 3.3 и представленных диаграмм 3.9–3.16, полученных в ходе экспертной оценки, в целом, при низком уровне вариативности мнений (V%) наиболее перспективными направлениями научно-прикладных исследований и экспериментов (НПИ) на борту перспективных ПКА применительно к лунной программе являются:

В направлении «Космическая биология и физиология» ( $W = 0,57$  и  $\chi^2 = 137,24$ ) (рисунок 3.9):

- получение новых биообъектов с нужными свойствами  $X = 7,6 \pm 0,8$  при  $V\% = 10$ ;
- изучение биodeградирующего действия микроорганизмов  $X = 7,6 \pm 0,6$  при  $V\% = 8$ ;
- информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья  $X = 8,2 \pm 1,0$  при  $V\% = 12$ ;
- совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания  $X = 8,5 \pm 0,9$  при  $V\% = 11$ ;

- совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов  $X = 8,2 \pm 1,3$  при  $V\% = 16$ ;
- решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полётов на Луну  $X = 7,8 \pm 0,9$  при  $V\% = 11$ ;
- развитие бортовой телекоммуникационной медицины  $X = 8 \pm 0,6$  при  $V\% = 8$ ;
- внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство  $X = 7,7 \pm 1,0$  при  $V\% = 11$ .

### Космическая биология и физиология

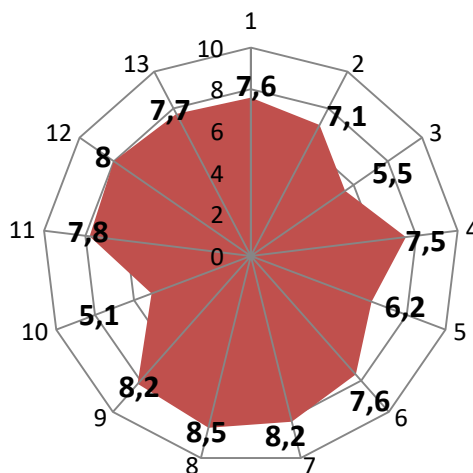


Рисунок 3.9 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НИИ  
«Космическая биология и физиология»

В направлении «Космическое материаловедение» ( $W = 0,7$  и  $x^2 = 56,39$ ) (рисунок 3.10):

- синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на лунных ПКА универсальной автоматизированной минифабрики по производству материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии  $X = 8,0 \pm 1,0$  при  $V\% = 12$ ;



– создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой  $X = 7,6 \pm 0,8$  при  $V\% = 11$ .

**Космическое материаловедение**

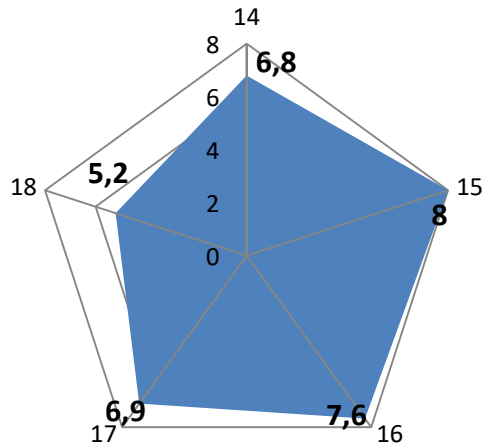


Рисунок 3.10 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НИИ «Космическое материаловедение»

В направлении «Исследование Луны из космоса» ( $W = 0,59$  и  $\chi^2 = 46,82$ ) (рисунок 3.11):

- изучение характеристик лунного грунта  $X = 9,5 \pm 0,7$  при  $V\% = 7$ ;
- исследование поверхности Луны  $X = 9,5 \pm 0,6$  при  $V\% = 6$ ;
- развитие новых технологий для обеспечения решения задач дистанционного зондирования Луны из космоса  $X = 8,4 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ ;
- пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на лунной поверхности  $X = 9,2 \pm 0,7$  при  $V\% = 7$ ;
- предложения по аппаратурному составу специализированных космических аппаратов для решения конкретных задач дистанционного зондирования Луны  $X = 8,5 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ .

### Исследование Луны из космоса

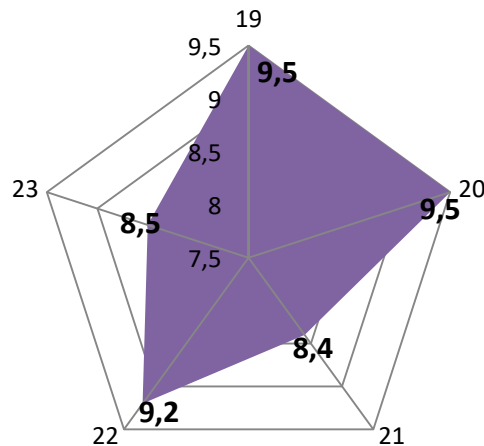


Рисунок 3.11 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Исследование Луны из космоса»

В направлении «Солнечная система» ( $W = 0,36$  и  $\chi^2 = 29,16$ ) (рисунок 3.12):

- изучение геофизических процессов из космоса  $X = 7,6 \pm 0,7$  при  $V\% = 9$ ;
- исследование Солнца  $X = 7,8 \pm 0,8$  при  $V\% = 10$ ;
- исследование межпланетного вещества контактными методами  $X = 7,8 \pm 0,9$  при  $V\% = 12$ .

### Солнечная система

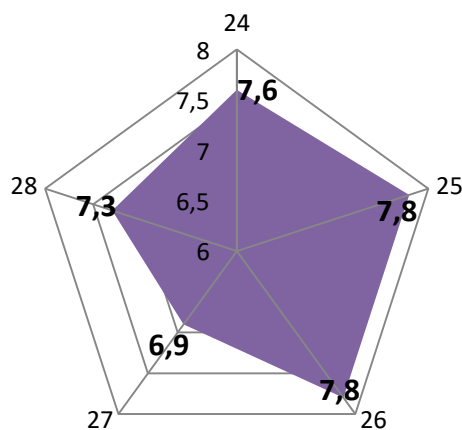


Рисунок 3.12 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Солнечная система»

В направлении «Внеатмосферная астрономия» ( $W = 0,89$  и  $\chi^2 = 17,82$ ) (рисунок 3.13):

- мониторинг неба  $X = 7,5 \pm 1,1$  при  $V\% = 14$ .

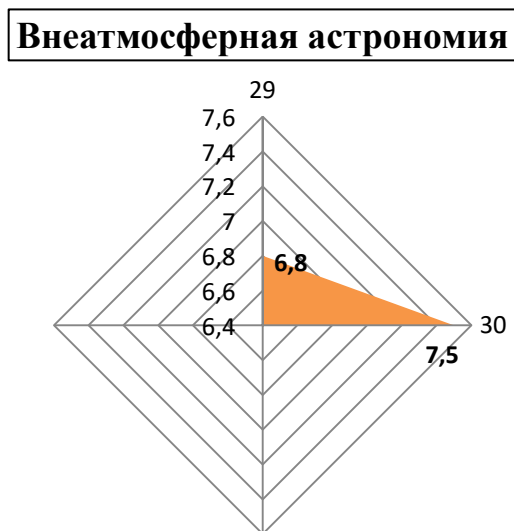


Рисунок 3.13 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Внеатмосферная астрономия»

В направлении «Физика космических лучей» ( $W = 0,62$  и  $\chi^2 = 37,11$ ) (рисунок 3.14):

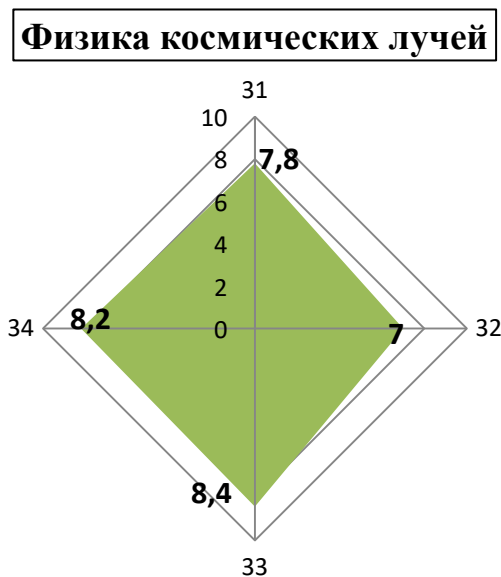


Рисунок 3.14 – Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Физика космических лучей»

– исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей  $X = 7,8 \pm 0,6$  при  $V\% = 8$ ;

– исследования потоков высокоэнергичных заряженных частиц  $X = 8,4 \pm 0,6$  при  $V\% = 7$ ;

– исследования электронов высокой энергии  $X = 8,2 \pm 0,71$  при  $V\% = 8$ .

В направлении «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов» ( $W = 0,55$  и  $x^2 = 87,6$ ) (рисунок 3.15):

– исследования условий длительного орбитального полета к Луне и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов  $X = 7,4 \pm 0,9$  при  $V\% = 12$ ;

– получение практической информации для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем  $X = 8,2 \pm 0,7$  при  $V\% = 8$ ;

– выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на Луне и лунном ПКА  $X = 9 \pm 0,8$  при  $V\% = 9$ ;

– изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту лунного ПКА  $X = 9,2 \pm 0,8$  при  $V\% = 8$ ;

– совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА в условиях космического полета  $X = 8,5 \pm 0,5$  при  $V\% = 6$ ;

– изучение особенностей функционирования в условиях космического полета лунного ПКА сложных технических систем  $X = 8,4 \pm 0,9$  при  $V\% = 11$ ;

– экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения  $X = 9,6 \pm 0,6$  при  $V\% = 6$ ;

- исследования в области гидрогазодинамики и тепломассообмена  $X = 9,5 \pm 0,7$  при  $V\% = 7$ ;
- экспериментальная отработка роверов и робототехнических систем  $X = 9,7 \pm 0,5$  при  $V\% = 5$ .

**Технические исследования и технологии  
пилотируемых космических полетов**

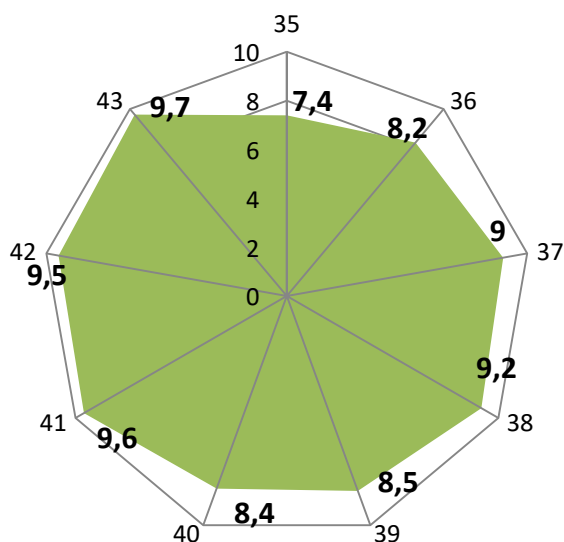


Рисунок 3.15 – «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов»

В направлении «Космическое образование» ( $W = 0,54$  и  $x^2 = 32,44$ ) (рисунок 3.16):

- использование возможностей лунного ПКА для наглядной демонстрации физических законов и явлений  $X = 7,2 \pm 0,9$  при  $V\% = 12$ ;
- развитие у детей и подростков интереса к научно-техническому творчеству, исследованию космоса  $X = 7,1 \pm 0,9$  при  $V\% = 13$ ;
- педпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований  $X = 7,6 \pm 0,8$  при  $V\% = 11$ .



Рисунок 3.16 – «Космическое образование»

Таблица 3.5 – Коэффициенты конкордации и оценка достоверности коэффициента конкордации групп специалистов о важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА применительно к лунной программе

Группы направлений НИИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по научно-исследовательской работе (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессиональные космонавты (n = 5)		W <sub>ср</sub>	x <sup>2</sup> <sub>ср</sub>
	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>		
Космическая биология и физиология	0,58	34,61	0,69	49,43	0,63	30,44	0,59	35,67	0,57	137,24
Космическое материаловедение	0,82	16,34	0,66	15,88	0,83	13,33	0,82	16,31	0,7	56,39
Исследование Луны из космоса	0,67	13,42	0,72	17,3	0,72	11,5	0,63	12,53	0,59	46,82
Солнечная система	0,48	9,55	0,55	13,32	0,65	10,44	0,52	10,48	0,36	29,16

продолжение таблицы 3.5

Группы направлений НИИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по научно-исследовательской работе (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессиональные космонавты (n = 5)		W <sub>ср</sub>	x <sup>2</sup> <sub>ср</sub>
	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>	W	x <sup>2</sup>		
Солнечная система	0,48	9,55	0,55	13,32	0,65	10,44	0,52	10,48	0,36	29,16
Внеатмосферная астрономия	0,97	5,33	0,89	5,33	0,9	4,0	0,8	4,0	0,89	17,82
Физика космических лучей	0,62	9,3	0,73	13,09	0,82	9,83	0,53	7,92	0,62	37,11
Технические исследования и технологии ПКП	0,72	26,72	0,55	26,6	0,80	25,68	0,51	20,47	0,55	87,6
Космическое образование	0,87	13,0	0,67	12,06	0,86	10,35	0,91	15,0	0,54	32,44

В результате анализа приведенных в таблицах 3.4 и 3.5 данных можно отметить:

– к наиболее важным направлениям исследований в целом на борту перспективных лунных ПКК (в том числе, лунных баз) по мнению экспертов можно отнести: *Исследование Луны из космоса*  $X_{ср} = 9,0$ ; *Технические исследования и технологии ПКП*  $X_{ср} = 8,8$ ; *Физика космических лучей*  $X_{ср} = 7,9$ ; *Солнечная система*  $X_{ср} = 7,5$ ;

– к менее важным направлениям исследований на борту перспективных ПКК (в том числе, лунных баз) по мнению экспертов можно отнести: *Космическая биология и физиология*  $X_{ср} = 7,3$ ; *Внеатмосферная астрономия*  $X_{ср} = 7,2$ ; *Космическое материаловедение*  $X_{ср} = 6,9$ ; *Космическое образование*  $X_{ср} = 6,8$ ;

– к наиболее важным разделам направлений исследований на борту перспективной лунных ПКК (в том числе, лунных баз) по мнению экспертов относятся: *Экспериментальная отработка роверов и робототехнических систем*  $X = 9,7$ ; *Экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения*  $X = 9,6$ ; *Изучение характеристик лунного грунта, Исследование поверхности Луны, Исследования в области гидрогазодинамики и теплообмена*  $X = 9,5$ ; *Изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту лунного ПКА, Пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на лунной поверхности*  $X = 9,2$ ; *Выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на Луне и лунном ПКА*  $X = 9$ ; *Совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания*  $X = 8,5$ .

#### **Выводы по разделу:**

1 Для формирования методики математического и программно-алгоритмического обеспечения процесса выбора состава научной аппаратуры специализированных научных модулей для перспективных пилотируемых космических комплексов в условиях ограничения ресурсов выполнения ЦР необходимым является выявление степени важности разделов направлений космических НИИ применительно к разным видам перспективных ПКК. С целью определения степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК применительно к РОС и лунной программе проведен экспертный опрос четырех групп экспертов космической отрасли, в одну из групп входили профессиональные космонавты с опытом выполнения космического полета.



2 Оценка результатов опроса экспертов космической отрасли показывает, что применительно к перспективной российской орбитальной станции к наиболее важным направлениям исследований можно отнести:

- технические исследования и технологии ПКП;
- космическое материаловедение;
- космическая биология и физиология;
- исследование Земли из космоса;

к наиболее важным разделам направлений исследований можно отнести:

- изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем;
- экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения;
- изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту;
- развитие новых технологий для обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса;
- совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА в условиях космического полета;
- внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство;
- получение новых биообъектов с нужными свойствами;
- рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков.

3 Оценка результатов опроса экспертов космической отрасли показывает, что применительно к перспективным лунным пилотируемым комплексам (в том числе, лунным базам) к наиболее важным направлениям исследований можно отнести:

- исследование Луны из космоса

- технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов;

- физика космических лучей;

- Солнечная система;

к наиболее важным разделам направлений исследований можно отнести:

- экспериментальная отработка роверов и робототехнических систем;

- экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения;

- изучение характеристик лунного грунта,

- исследование поверхности Луны,

- исследования в области гидрогазодинамики и тепломассообмена;

- изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту лунного ПКА;

- пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на лунной поверхности;

- выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на Луне и лунном ПКА;

- совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания.

4 Полученные коэффициенты конкордации и оценка достоверности коэффициентов конкордации согласованности мнений групп специалистов о важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА с использованием критерия  $\chi^2$  (Пирсона) показывают высокую достоверность полученных результатов опросов.

## **Раздел 4 Научно-технические основы синтеза структуры автоматизированной информационной системы учета целевых работ для обеспечения выполнения программ целевых работ на борту перспективных ПКК**

### **4.1 Структура автоматизированной информационной системы учета целевых работ пилотируемых космических комплексов**

При разработке комплексов научной аппаратуры перспективных ПКК основными элементами данного процесса, подлежащими формализации, являются:

- разработка программ ЦР;
- разработка перечня НА КНА;
- определение соответствия массы и объема НА допускам;
- учет НА в существующих модулях ПКК;
- учет длительности выполнения ЦР;
- определение важности ЦР применительно к программам полетов;
- определение порядка отработки ЦР в полете;
- учет важности ЦР для формирования программ подготовки экипажей ПКК;
- разработка программ подготовки космонавтов по ЦР.

Основная причина, обуславливающая необходимость формализации этих операций, заключается в требовании учета больших объемов информации, а также в больших затратах времени на их проведение. Использование автоматизированной информационной системы учета целевых работ (КЭ) АИСУЦР позволяет сократить время на выполнение данных операций путем привлечения для этой цели соответствующих обрабатывающих программ, диалоговых систем информационной базы данных.

На рисунке 4.1 представлен внешний вид АИСУЦР (главный формат). Формат представляет собой совокупность нескольких окон: окно перечня ЦР; окна описания ЦР, окно формирования отчетов.

КЭ	Категория	Изделие	Модуль ПКА	Начал	Оконч	Приор	Кол.сеанс	Важн	Состояние	Длит.сеа	Описание КЭ
Бактериофаг (Исследование воздействия)	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2013	2016						
Бар (Выбор и отработка методов и средств)	Технические исследования	МКС	СМ	2008	2012						
БИМС (Исследование процессов информац	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2011	2020						
Биодеградация (Начальные этапы биодегр	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2002	2024						
Биокард (Ц+ДПЦР) (Исследование электро	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2014	2021	1,0	15	0,4	Завершен	2	1.docx
БИОМАГ-М (Ц+ДПЦР) (Исследование влияя	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2016	2025	0,5	10	0,4	Активный	2	2.docx
Биомасса (Ц+ДПЦР) (Исследование влияни	Космическая биология и фи:	МКС	МИМ 1	2018	2020	0,5	1	0,4	Завершен	5	3.docx
Биопленка (Исследование закономерност	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2015	2023						
Биополимер (Разработка методов получе	Технологии освоения косми	МКС	СМ	2002	2025						
Биориск (Исследование влияния факторо	Космическая биология и фи:	МКС	СМ	2002	2024						

Рисунок 4.1 – Главный формат АИСУЦР

На рисунке 4.2 представлена схема данных АИСУЦР, где:

- формат List KE – формат перечня ЦР;
- формат EquipmScience – формат перечня научной аппаратуры;
- формат Factors\_KP – формат учета факторов космического полета;
- формат Expedition – формат учета экспедиций, выполнявших ЦР;
- формат SPR\_Condition – формат перечня ПКК;
- формат SPR\_Product\_PKA – формат учета текущего состояния ЦР;
- формат SPR\_Category\_KE – формат учета категорий ЦР;
- формат SPR\_Module\_PKA – формат перечня модулей ПКК;
- формат SPR\_Equipment – формат описания НА;
- формат SPR\_Expedition – формат представления номера экспедиции ПКК;
- формат SPR\_Factors\_KP – формат представления факторов космического полета.

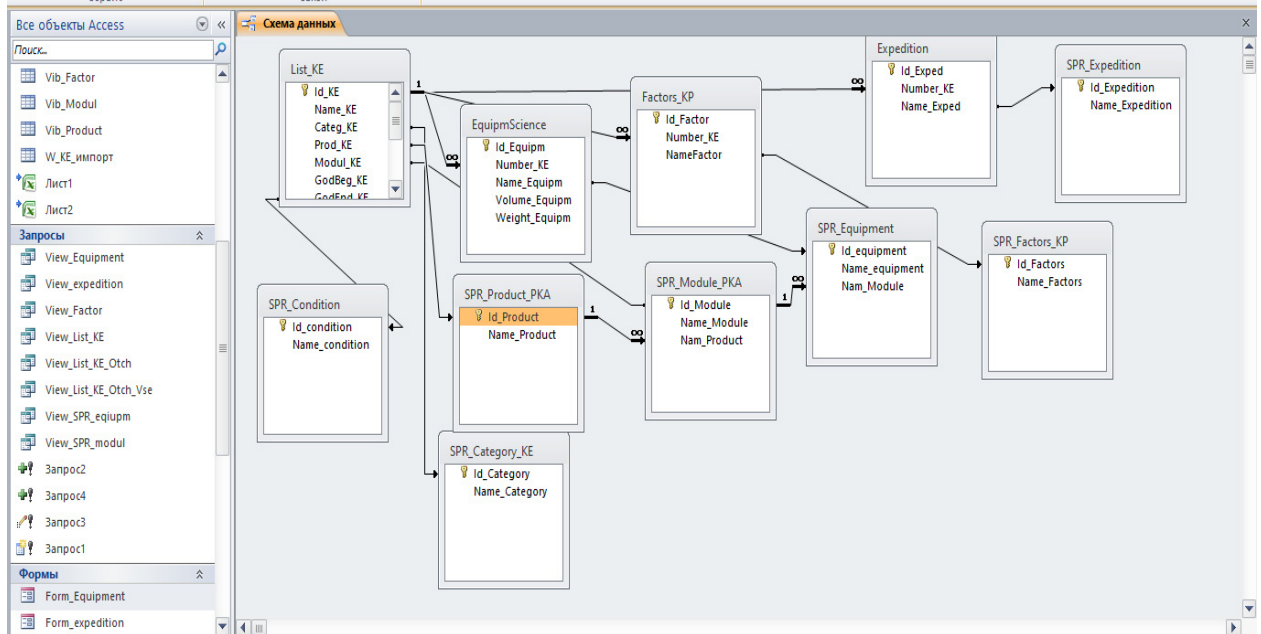


Рисунок 4.2 – Схема данных АИСУЦР

Порядок взаимодействия составных частей АИСУЦР в процессе функционирования зависит от осуществляемого запроса в зависимости от типа решаемой задачи и представляется в следующем виде.

Формирование состава целевых работ для программы полета (проведения подготовки космонавтов). Осуществление данного запроса  $Pr_{ЦР}$  проводится по названию ПКК или модуля ПКК через окно формирования отчетов, запуская при этом определенный элемент программы (Приложение Г) в соответствии с алгоритмом на рисунке 2.8 раздела 2, используя БД по ЦР.

Формирование перечня НА КНА ПКК. Формирование перечня происходит путем внесения в систему данных по каждой ЦР в соответствии с представленными фасетами.

Определение соответствия массы и объема НА ПКК. Осуществление данного запроса  $Pr_{MV}$  проводится по набору ЦР, названию ПКК или модуля ПКК через окно формирования отчетов, запуская при этом определенный элемент программы (Приложение Г) в соответствии с алгоритмом на рисунке 2.8 раздела 2, используя БД по ЦР. Данные формируются в отчете для выбранной НА.

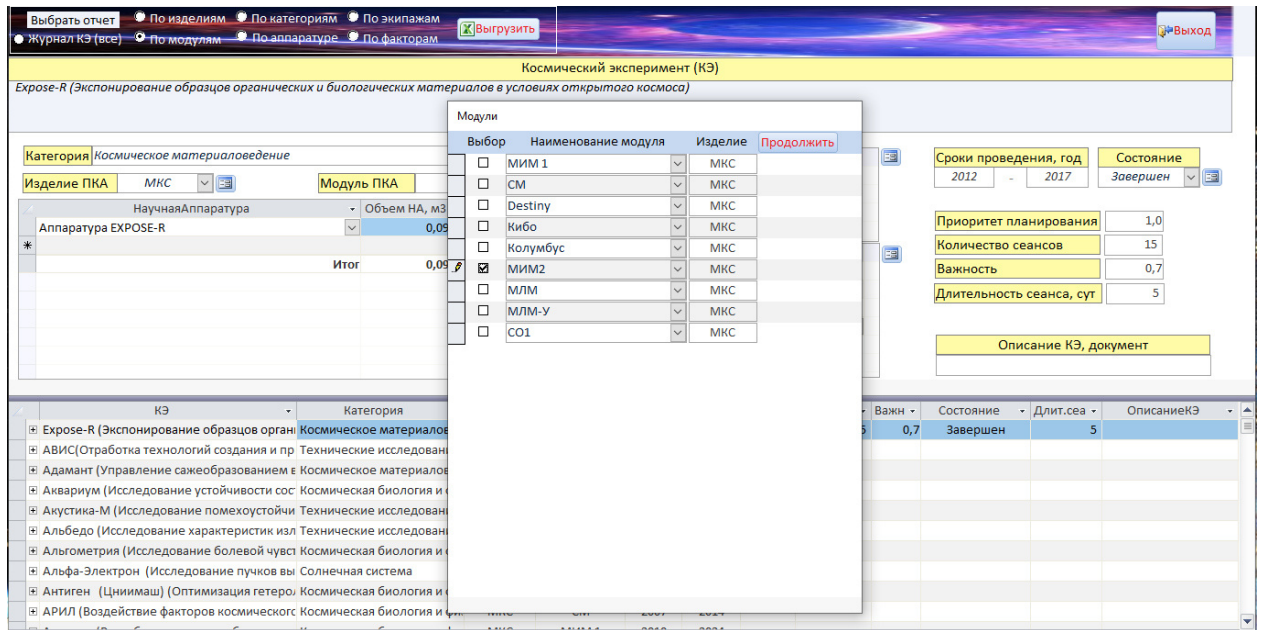


Рисунок 4.3 – Образец формирования отчета по выборке ЦР для конкретного модуля МКС

Учет НА в существующих модулях ПКК. Обращение в АИСУЦР к обрабатывающей программе этого запроса осуществляется специалистом через окно формирования отчетов по соответствующему идентификатору  $Pr_{НА}$ . Программа в процессе обработки взаимодействует с базами данных ЦР применительно к конкретному ПКК или модулю ПКК.

Учет длительности выполнения ЦР. Осуществление данного запроса  $Pr_T$  проводится конкретным ЦР, по названию ПКК или модуля ПКК через окно формирования отчетов, запуская при этом определенный элемент программы (Приложение Г) в соответствии с алгоритмом на рисунке 2.8 раздела 2, используя БД по ЦР. Данные формируются в отчете для выбранных ЦР или ПКК.

Определение важности ЦР применительно к программам полетов (подготовке космонавтов). Осуществление данного запроса  $Pr_B$  проводится по конкретным ЦР из перечня в АИСУЦР, запуская при этом определенный элемент программы (Приложение Г) в соответствии с алгоритмом на рисунке 2.8 раздела 2, используя БД по ЦР. Данные формируются в отчете для выбранных ЦР указанного ПКК. Затем выбранные ЦР ранжируются по степени важности для формирования программы НПИ или программы подготовки космонавтов.

Определение порядка обработки ЦР в полете. Обращение в АИСУЦР к обрабатывающей программе этого запроса  $Pr_{\Pi}$  осуществляется специалистом через окно формирования отчетов. Последовательность определяется с учетом приоритета проведения ЦР. Программа в процессе обработки взаимодействует с базами данных ЦР применительно к конкретному ПКК или модулю ПКК.

В основу построения АИСУЦР входит компьютерная база данных, которая и является основным хранилищем информации. Она включает в себя таблицы, которые хранятся в одном файле с определенным названием совместно с другими объектами, включая формы, отчеты, макросы и модули [105]. Разработанная на основании проведенных в работе исследований данная автоматизированная система создана с использованием реляционной системы управления базами данных (СУБД) Access корпорации Microsoft. Данная СУБД входит в состав пакета Microsoft Office. Имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Благодаря встроенному в Access языку VBA можно писать приложения для работ с БД. Для построения полноценных клиент-серверных приложений на базе MS Access рекомендуется использовать в качестве движка базы данных СУБД MS SQL Server. При этом имеется возможность совместить с присущей MS Access простотой инструменты для управления БД и средства разработки.

Преимущества использования Microsoft Access [105]:

- 1) Реляционная база данных является комплексом взаимосвязанных двухмерных таблиц.
- 2) СУБД позволяет создавать и обрабатывать локальные базы данных, а также применяется, как клиентское приложение, обеспечивающее доступ к удаленным и распределенным базам данных коллективного использования с SQL Server или Oracle.
- 3) Базы данных, формы, запросы и отчеты формируются и используются по единой технологии.

4) Опция совместной работы базы данных со сторонними источниками информации такими, как базы данных с СУБД Access и других типов СУБД, электронная таблица Excel, текстовые файлы.

5) Возможность использования средств разработки пользовательских приложений для работы с другими СУБД, включая MS SQL Server, Oracle, в роли интегрированной среды разработки приложений, использующих для хранения данных базы с различными СУБД.

6) Отсутствует опция создания приложения в виде исполняемого файла и одновременной непосредственной работы с несколькими базами с помощью окна базы.

7) Собственный язык программирования не предусмотрен, используется Visual Basic.

8) Возможность использования запроса наравне с таблицами, как источника записей для отчетов, форм и запросов.

9) Базы данных, включая все объекты в виде таблиц, запросов, форм, отчетов, макросов, модулей, хранятся в одном файле.



## 4.2 Методика оценки эффективности использования автоматизированной информационной системы учета целевых работ пилотируемых космических комплексов

Для оценки эффективности применения разработанной АИСУЦР введем показатель эффективности, который рассчитывается как разность между полученным экономическим эффектом от использования системы  $\mathcal{E}_n$  и затратами  $\mathcal{E}_3$  на систему в годовом исчислении  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_3$  [49].

### 4.2.1 Полезный эффект АИСУЦР

Полезный эффект может формироваться в процессе подготовки экипажей ПКК, в процессе проектирования КНА перспективных ПКК и при выполнении программы полета ПКК.

Полезный эффект  $\mathcal{E}_n$  использования разработанной АИСУЦР складывается из следующих составляющих (рисунок 4.4):

1 Эффект от сокращения затрат времени специалистов при создании средств подготовки космонавтов (СПК) ПКК  $\mathcal{E}_1$ .

2 Эффект от сокращения затрат времени инструкторского состава на подготовку и проведение тренировок экипажей ПКК по НПИ  $\mathcal{E}_2$ .

3 Эффект от сокращения затрат времени специалистов при проектировании КНА перспективных ПКК  $\mathcal{E}_3$ .

4 Эффект от повышения уровня подготовленности экипажей к выполнению целевых работ и действиям в нештатных ситуациях при выполнении программы полета  $\mathcal{E}_4$ .

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4. \quad (4.1)$$

1 Эффект от сокращения затрат времени специалистов при создании СПК ПКК  $\mathcal{E}_1$  будет достигаться за счет следующих составляющих:

А) Автоматизации процесса формирования перечня НА в составе СПК ПКК –  $\mathcal{E}_{\text{НА}}$ .

Использование автоматизированной системы позволяет обеспечить специалиста необходимой информацией при разработке средств подготовки космонавтов, таких как комплексные полномасштабные тренажеры, специализированные тренажеры для подготовки космонавтов по отдельным ЦР.

Повышение степени соответствия средств подготовки космонавтов [77], приводит к повышению качества подготовки экипажей ПКК на величину  $K_{\text{ПЭ}}$ , соответственно, к повышению вероятности выполнения ЦР на определенную величину  $\Delta P_{\text{ЦР}}$  и уменьшению затрат времени на ЦР на борту ПКК  $\Delta t$ .

Б) Автоматизация учета состава НА для ПКК применительно к СПК –  $\mathcal{E}_y$ .

Использование АИСУЦР при эксплуатации и доработке средств подготовки космонавтов по ЦР позволяет сократить время формирования СПК с учетом ограничений, предъявляемых к тренажерам и моделирующим средствам с учетом важности и необходимости подготовки по конкретной НА.

Показатель  $\mathcal{E}_y$ , характеризующий уменьшение затрат времени специалистов по подготовке космонавтов путем автоматизации процесса формирования СПК по ЦР будет равен:

$$\mathcal{E}_y = K_{\text{СПК}} \Delta \tau_{\text{СПК}} C_{\text{спец}} \quad (4.2)$$

где:  $K_{\text{СПК}}$  – количество создаваемых средств подготовки космонавтов;

$\Delta \tau_{\text{СПК}}$  – сокращение затрат времени разработку конструкторской документации;

$C_{\text{спец}}$  – стоимости часа работы одного специалиста по подготовке космонавтов.

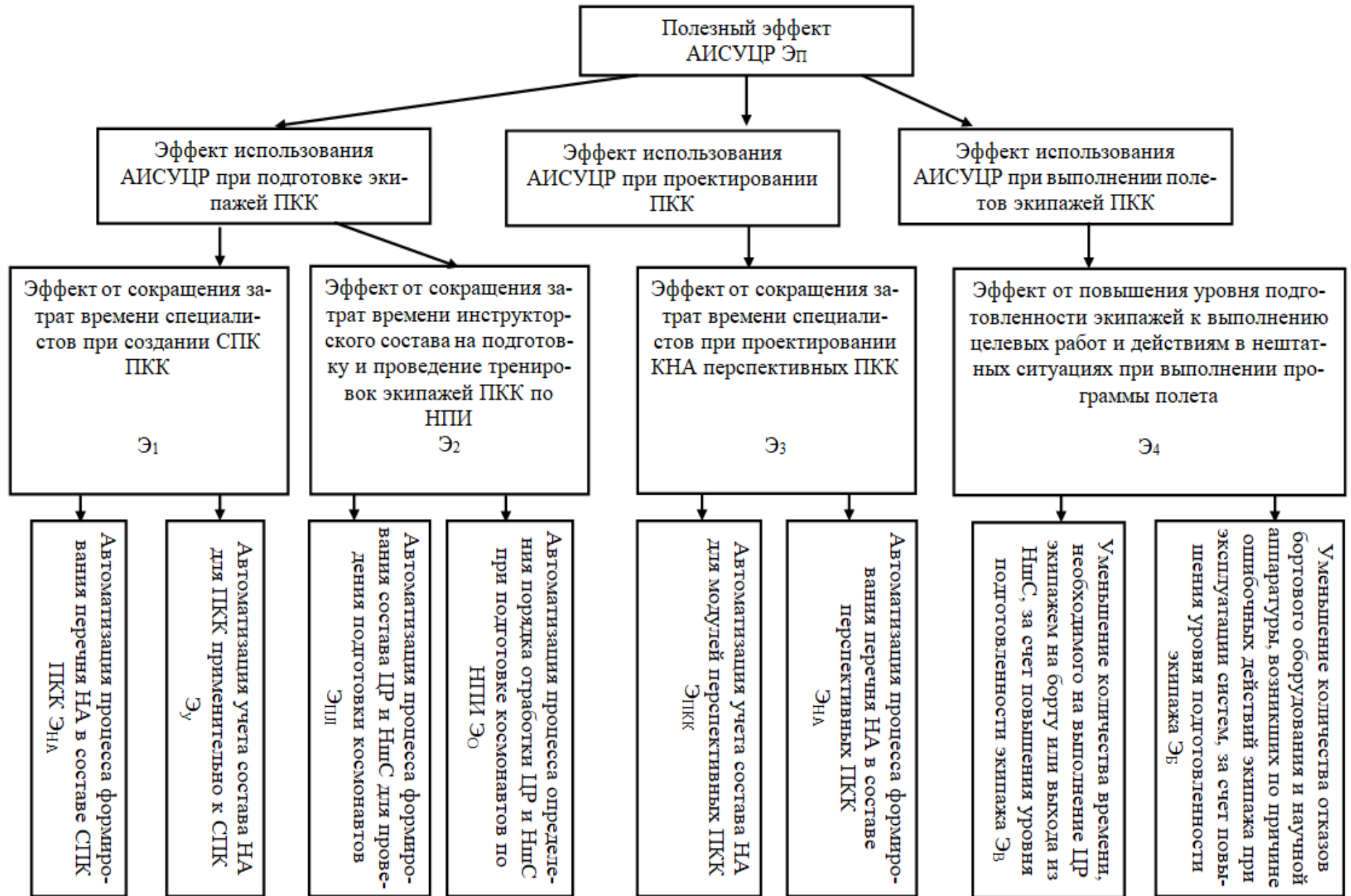


Рисунок 4.4 – Составляющие полезного эффекта при использовании АИСУЦР

2 Эффект от сокращения затрат времени инструкторского состава на подготовку и проведение тренировок экипажей ПКК по НПИ  $\mathcal{E}_2$  будет достигаться за счет следующих составляющих:

А) Автоматизация процесса формирования состава ЦР и НшС для проведения подготовки космонавтов –  $\mathcal{E}_{\text{ПЛ}}$ . Данный показатель, учитывающий сокращение затрат времени специалистов по подготовке космонавтов на формирование состава ЦР и НшС при формировании программ тренировок для экипажей ПКК за счет использования АИСУЦР равен:

$$\mathcal{E}_{\text{ПЛ}} = \lambda_3 \Delta \tau_{\text{ПЛ}} C_{\text{ин}}, \quad (4.3)$$

где  $\lambda_3$  – количество экипажей, находящихся на подготовке в течение года;

$\Delta \tau_{\text{ПЛ}}$  – сокращение затрат времени на планирование одного экипажа;

$C_{\text{ин}}$  – средняя стоимость одного часа работы инструктора по подготовке космонавтов в руб.

Б) Автоматизация процесса определения порядка отработки ЦР и НшС при подготовке космонавтов по НПИ –  $\mathcal{E}_0$ . Данный показатель, учитывающий сокращение затрат времени инструкторского состава на подготовку и проведение тренировок в течение года за счет автоматизации процесса определения порядка отработки ЦР равен:

$$\mathcal{E}_0 = \lambda_3 K_{\text{ТР}} \Delta \tau_{\text{п.тр}} C_{\text{ин}}. \quad (4.4)$$

где  $K_{\text{ТР}}$  – количество тренировок одного экипажа по НПИ;

$\lambda_3$  – количество экипажей ПКК, находящихся на подготовке;

$\Delta \tau_{\text{п.тр}}$  – сокращение затрат времени на планирование одной тренировки.

3 Эффект от сокращения затрат времени специалистов при проектировании КНА перспективных ПКК –  $\mathcal{E}_3$  будет достигаться за счет следующих составляющих:

А) Автоматизация учета состава НА для модулей перспективных ПКК –  $\mathcal{E}_{\text{ПКК}}$ . Данный показатель, учитывающий сокращение затрат времени специалистов по проектированию модулей ПКК в течение года за счет автоматизации процесса обработки информации по планируемым на ПКК ЦР равен:

$$\mathcal{E}_{\text{ПКК}} = \lambda_{\text{ЦР}} N_{\text{НА}} \Delta \tau_{\text{НА}} C_{\text{спец.пр}}. \quad (4.5)$$

где  $\lambda_{\text{ЦР}}$  – количество ЦР, планируемых на ПКК;

$N_{\text{НА}}$  – количество специалистов, участвующих в разработке КНА ПКК;

$\Delta\tau_{\text{НА}}$  – сокращение затрат времени на обработку информации для одного специалиста;

$C_{\text{спец.пр}}$  – средняя стоимость одного часа работы специалиста.

Б) Автоматизация процесса формирования программы ЦР и перечня НА для экипажей перспективных ПКК –  $\mathcal{E}_{\text{НА}}$ . Данный показатель, учитывающий сокращение затрат времени специалистов для формирования программ ЦР и перечня НА для экипажей ПКК в течение года за счет автоматизации процесса обработки информации по планируемым на ПКК ЦР равен:

$$\mathcal{E}_{\text{ПКК}} = \lambda_{\text{ЦР}} N_{\text{ЭК}} \Delta\tau_{\text{ЦР}} C_{\text{спец.пр}} \quad (4.6)$$

где  $\lambda_{\text{ЦР}}$  – количество ЦР, планируемых на ПКК;

$N_{\text{ЭК}}$  – количество экипажей, планируемых на ПКК в течение года;

$\Delta\tau_{\text{ЦР}}$  – сокращение затрат времени на обработку информации.

4 Эффект от повышения уровня подготовленности экипажей к выполнению космических экспериментов и действиям в нештатных ситуациях при выполнении программы полета –  $\mathcal{E}_4$  будет достигаться за счет следующих составляющих:

А) Уменьшение количества времени, необходимого на выполнение ЦР экипажем на борту или выхода из НшС, за счет повышения уровня подготовленности экипажа  $\mathcal{E}_B$ :

$$\mathcal{E}_B = T_{\text{экс}} K_{\text{ПЭ}} C_{\text{ЭК}} \quad (4.7)$$

где,  $T_{\text{экс}}$  – количество времени, планируемое на выполнение ЦР на борту ОПК в течение года;

$K_{\text{ПЭ}}$  – коэффициент повышения качества подготовки экипажей ПКК;

$C_{\text{ЭК}}$  – стоимость одного часа полетного времени экипажа.

Б) Уменьшение числа отказов бортовых систем и научной аппаратуры, возникающих по вине экипажа при выполнении ЦР, за счет повышения качества подготовки экипажа  $\mathcal{E}_B$ .

$$\mathcal{E}_B = \mathcal{E}_{\text{рем}} + \mathcal{E}_d \quad (4.8)$$

где,  $\mathcal{E}_{\text{рем}}$  – эффект, полученный за счет уменьшения времени ремонта отказавшей НА на борту ПКК, если  $T_{\text{рем}}$  – время, затрачиваемое на ремонт НА, отказавшей из-за ошибочных действий экипажа, то  $\mathcal{E}_{\text{рем}}$  равен:

$$\mathcal{E}_{\text{рем}} = T_{\text{рем}} K_{\text{ПЭ}} C_{\text{эк}}. \quad (4.9)$$

$\mathcal{E}_{\text{д}}$  – эффект от сокращения массы направляемой на борт ПКК научной аппаратуры за счет повышения качества работы членов экипажа ПКК равен:

$$\mathcal{E}_{\text{д}} = M_{\text{рем}} K_{\text{ПЭ}} C_{\text{кг}} N_{\text{ТГК}}, \quad (4.10)$$

где  $M_{\text{рем}}$  – вес доставляемой на борт ПКК НА для замены из-за ошибок экипажа;

$C_{\text{кг}}$  – стоимости килограмма доставляемого груза на борт ПКК;

$N_{\text{ТГК}}$  – количество стартов транспортных грузовых кораблей в год.

#### 4.2.2 Затраты на использование системы

Так как информационная часть АИСУЦР разрабатывается на основе использования современных персональных вычислительных машин, то затраты на использование системы включают в себя затраты на эксплуатацию  $\mathcal{E}_{\text{зэ}}$  и затраты на поддержание работоспособности системы  $\mathcal{E}_{\text{зпр}}$ .

Затраты на эксплуатацию системы включают затраты на разработку системы  $\mathcal{E}_{\text{зс}}$ , затраты на стоимость компьютеров и создания системы  $\mathcal{E}_{\text{к}}$ .

$$\mathcal{E}_{\text{з}} = \mathcal{E}_{\text{зэ}} + \mathcal{E}_{\text{зпр}} \quad (4.11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{зэ}} = \mathcal{E}_{\text{зс}} + \mathcal{E}_{\text{к}} \quad (4.12)$$

$$\mathcal{E}_{\text{зпр}} = \tau_{\text{с}} * C_{\text{спец.пр.}} \quad (4.13)$$

где,  $\tau_{\text{с}}$  – время, затрачиваемое специалистами на обслуживание АИСУЦР в течение года.

### 4.3. Внедрение результатов исследований

Результаты проведенных исследований использованы при выборе программ ЦР и состава НА перспективных пилотируемых космических комплексов в рамках проведения научно-исследовательских работ по заказу ГК «Роскосмос», в которых автор являлся соисполнителем, в части разработки эргономических требований к модулям РОС с учетом опыта эксплуатации космонавтами РС МКС, и в части разработки предложений по развитию перспективных средств и технологий в части отбора, подготовки и реабилитации космонавтов для реализации российских пилотируемых программ до 2040 года.

Также полученные автором результаты использованы при проведении исследований направлений целевых работ и космических экспериментов на начальных этапах освоения Луны в интересах подготовки космонавтов, проводимых в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Результаты внедрены в процесс подготовки экипажей для формирования наиболее оптимальных программ подготовки экипажей МКС по НПИ путем учета важности ЦР для подготовки космонавтов, а также использованием для формирования программ подготовки космонавтов, проведения научно-исследовательских работ и формирования состава средств подготовки космонавтов автоматизированной информационной системы учета целевых работ. Автор является исполнителем 16-ти организационно-методических документов по подготовке космонавтов. Для оценки эффективности выполнения подготовки экипажей МКС к выполнению программы НПИ используется показатель (1.2):

$$W_{\text{подг}} = \sum_{j=1}^V P(\text{ЦР}_j) \alpha_{\text{эп}}(\text{ЦР}_j),$$

где  $P(\text{ЦР}_j)$  рассчитывается по результатам проведения занятий с экипажами МКС по методикам, разработанным в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина» [38].

Использование разработанной АИСУЦР позволяет в полной мере учитывать весь состав ЦР в процессе подготовки космонавтов и при создании средств подготовки космонавтов.

Результаты исследований прошли апробацию при проведении междуна-

родных экспериментальных исследований с участием человека «SIRIUS 21» на базе ГНЦ РФ - ИМБП РАН в 2021-2022 годах. Задачами участия специалистов ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина» в изоляционном эксперименте с участием человека «SIRIUS 21» в соответствии с утвержденной программой являлись: отработка технологии удаленного обучения космонавтов с ограниченным использованием средств связи с имитацией работы в длительном межпланетном перелете и оценка качества выполняемых работ. Для проведения данных исследований была сформирована программа научно-прикладных исследований для экспериментального экипажа (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Выполнение программы НИИ экипажем «SIRIUS 21»

Программа экспериментов, сформированная специалистами ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина» (с непосредственным участием соискателя), для проведения экспериментальных исследований включала в себя 6 направлений (23 эксперимента) [106], которые отражают программу научных исследований в длительном межпланетном полете, определен набор научной аппаратуры и последовательность выполнения экспериментов.

Сведения о практическом использовании полученных в диссертационном исследовании научных результатов представлены в 2-х актах внедрения в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А.Гагарина» и 1-м акте внедрения в ГНЦ РФ - ИМБП РАН.



### **Выводы по разделу:**

1 Впервые разработана структура и порядок использования автоматизированной информационной системы учета целевых работ, позволяющей сократить время на выполнение операций путем привлечения для этой цели соответствующих обрабатывающих программ, диалоговых систем информационной базы данных.

Основными элементами, подлежащими формализации являются:

- разработка программ ЦР;
- разработка перечня НА КНА;
- определение соответствия массы и объема НА допускам;
- учет НА в существующих модулях ПКК;
- учет длительности выполнения ЦР;
- определение важности ЦР применительно к программам полетов;
- определение порядка отработки ЦР в полете;
- учет важности ЦР для формирования программ подготовки экипажей ПКА;
- разработка программ подготовки космонавтов по ЦР.

2 Предложен порядок взаимодействия составных частей автоматизированной информационной системы учета целевых работ в процессе функционирования в зависимости от типа решаемой задачи. Сформулировано 7 основных задач-запросов.

3 Впервые разработанная на основании проведенных в работе исследований автоматизированная система учета целевых работ создана с использованием реляционной СУБД Access корпорации Microsoft, которая входит в состав пакета Microsoft Office, которая имеет широкий набор функций. Для построения полноценных клиент-серверных приложений на базе MS Access рекомендуется использовать в качестве движка базы данных СУБД MS SQL Server.

4 Впервые разработана методика технико-экономического обоснования использования автоматизированной информационной системы учета целевых работ, в основу которой положен интегральный показатель эффективности, исчисляе-

мый как годовой экономический эффект от использования системы, представляющий собой разность между получаемым в течение года полезным эффектом и затратами на создание и эксплуатацию системы в годовом исчислении.

5 Выявлен полезный эффект использования АИСУЦР, включающий в себя: эффект от сокращения затрат времени специалистов при создании СПК ПКК; эффект от сокращения затрат времени инструкторского состава на подготовку и проведение тренировок экипажей ПКК по НПИ;

эффект от сокращения затрат времени специалистов при проектировании КНА перспективных ПКК;

эффект от повышения уровня подготовленности экипажей к выполнению целевых работ и действиям в нештатных ситуациях при выполнении программы полета.

6 Показано, что затраты на эксплуатацию информационной части АИСУЦР включают затраты на разработку аппаратно-программной части системы, затраты на стоимость компьютеров и создания самой системы.

7 Показано, что результаты исследований внедрены:

при выборе программ ЦР и состава НА перспективных пилотируемых космических аппаратов в рамках проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе, по заказу ГК «Роскосмос» (3 работы);

подготовке экипажей МКС для формирования программ подготовки и создания технических средств подготовки космонавтов;

проведении международных экспериментальных исследований с участием человека «SIRIUS 21» на базе ГНЦ РФ - ИМБП РАН в 2021-2022 годах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований решена научная задача по разработке математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых космических аппаратов на основе опыта эксплуатации существовавших орбитальных пилотируемых комплексов в условиях изменения вектора входных параметров, действия стохастических факторов и ограничения на ресурсы для повышения качества выполнения космонавтами программ целевых работ на борту перспективных пилотируемых комплексов.

Проведенные в работе исследования находятся в русле требований Федеральной космической программы, предусматривающих создание после окончания эксплуатации МКС Российской пилотируемой орбитальной станции и формирование научно-технических заделов в интересах создания перспективных пилотируемых комплексов для будущих полетов к Луне и в дальний космос.

По итогам решения поставленных в работе задач можно сделать следующие выводы:

1) Проведен системный анализ процесса выполнения космонавтами программ НПИ/ЦР на борту существовавших и современных ПКК, разработаны предложения по совершенствованию данного процесса. Формализована и поставлена математическая задача исследований.

2) Предложен метод определения состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых космических комплексов на основе системного подхода и фактографического описания бортовой целевой работы с использованием аппарата дискретной математики с учетом требований, предъявляемых к комплексу научной аппаратуры.

3) С целью формирования автоматизированных информационных систем поддержки деятельности специалистов при разработке комплексов научной аппаратуры выполнено фактографическое описание и определена базовая фасетная формула целевой работы применительно к функционированию

пилотируемого космического комплекса с использованием аппарата дискретной математики, для чего впервые разработаны пространственно-временная модель состояния (функционирования) комплекса научной аппаратуры и структурный базис описания целевой работы.

4) Разработанная математическая модель для формирования наиболее оптимальной программы ЦР и комплекса НА ПКК представляет собой последовательность частных оптимизационных задач, анализ и отбор вариантов решений которых осуществляет руководитель на основе представленных критериев с учетом выявленных ограничений.

5) Предложена методика математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых комплексов, основывающаяся: на выявленных факторах, влияющих на формирование программы космических экспериментов на борту ПКК, сформулированных методических принципах формирования программы ЦР и комплекса НА ПКК, разработанных математической модели и автоматизированном алгоритме принятия решений.

6) Предложенный автоматизированный алгоритм формирования состава целевых работ и научной аппаратуры пилотируемого космического комплекса, включающий основные компоненты данного технологического процесса (планирование, перепланирование, формирование программ ЦР и комплекса научной аппаратуры модуля ПКК с учетом представленных ограничений), базируется на использовании автоматизированной информационной системы учета ЦР.

7) Определены количественные показатели степени важности существующих направлений и разделов направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК применительно к РОС и лунной программе. Рассчитаны коэффициенты конкордации и проведена оценка достоверности коэффициентов конкордации согласованности мнений групп специалистов о важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК с использованием критерия  $\chi^2$

(Пирсона), которые показывают высокую достоверность полученных результатов опросов.

8) Разработана автоматизированная информационная система учета целевых работ с применением задач-запросов, позволяющая сократить время на выполнение расчётных операций путем привлечения для этой цели соответствующих обрабатывающих программ, диалоговых систем информационной базы данных.

Результаты исследований внедрены:

при выборе программ ЦР и состава НА перспективных пилотируемых космических комплексов в рамках проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (3 работы);

подготовке экипажей МКС для формирования программ подготовки и создания технических средств подготовки космонавтов;

проведении международных экспериментальных исследований с участием человека «SIRIUS 21» на базе ГНЦ ИМБП РАН в 2021-2022 годах.

Реализация составляющих математического и программно-алгоритмического обеспечения выбора состава научной аппаратуры ПКК позволяет:

- решать с использованием АИСУЦР оптимальные задачи по формированию планирования, учету и контролю подготовки и деятельности экипажей ПКК при заданных начальных условиях: длительности подготовки  $T_{п}$ , программе полета  $\Pi_{п}$ , составе экипажа  $S$  с учетом начального уровня подготовленности членов экипажа  $L_0$ ;

- повысить качество подготовки и деятельности в полете за счет учета и отработки всех целевых работ;

- снизить трудозатраты специалистов и инструкторско-преподавательского состава при работе с базами перечней ЦР за счет сокращения времени на обработку информации;

- формировать требования по разработке новых и совершенствованию существующих технических средств подготовки космонавтов.

Дальнейшие исследования в рамках сформулированной в диссертации научной задачи целесообразно проводить в направлении использования для

моделирования процессов деятельности космонавтов идей и способов теории искусственного интеллекта.

Полученные результаты соответствуют пунктам 2, 4, 5, 12 паспорта научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки), в ней рассматривается решение задачи системного анализа по выбору наиболее оптимального состава целевых работ и научной аппаратуры перспективных пилотируемых космических комплексов с использованием компьютерных методов обработки информации.

Цель работы достигнута, поставленные в работе задачи исследований решены полностью. Достоверность полученных результатов подтверждается опытом выполнения космических полетов на борту ПКК, использованием реальных данных на основе программ НПИ/ЦР экипажей МКС, а также результатами проведенных экспериментальных исследований с участием ведущих специалистов космической отрасли, космонавтов Отряда космонавтов Госкорпорации по космической деятельности «Роскосмос».

**Словарь терминов**

- Алгоритм** – Предписание, задающее на основе системы правил последовательность действий, точное выполнение которых позволяет решать задачи определенного класса
- Бортовая документация** – Документы, непосредственно регламентирующие деятельность экипажа на борту пилотируемого космического аппарата [29]
- Замечание** – Отклонение измеренного значения эксплуатационного параметра от заданного значения; отклонение от штатной схемы работы, допущенное персоналом управления или экипажем
- Информационная система** – Взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки и выдачи информации в интересах достижения поставленной цели [3]
- Информационная технология** – Процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта) [3]
- Комплексный режим полета** – Совокупность полетных операций, направленных на достижение цели программы полета, предусматривающая взаимодействие различных систем ПКК
- Космический эксперимент** – Комплекс взаимосвязанных операций, проводимых в условиях космического полета по заданной программе (с привлечением при необходимости наземных средств), с целью получения и регистрации новой полезной научной и/или технической, образовательной информации, которую невозможно получить в иных условиях [12]

- Космонавт Российской Федерации (далее – «космонавт»)** – Гражданин Российской Федерации, выразивший желание участвовать в космических полетах, соответствующий профессиональным и медицинским требованиям, прошедший конкурсный отбор и подготовку к выполнению пилотируемых космических полетов и по результатам аттестации принятый на должность космонавта-испытателя или космонавта-исследователя для осуществления профессиональной деятельности [64]
- Наземный комплекс управления** – Совокупность средств, привлекаемых для обеспечения управления космическим комплексом или аппаратом [76]
- Нештатная ситуация** – Ситуация, сложившаяся в результате появления замечаний или отказов, приводящих к изменению штатной программы полета [96]
- Полетная операция** – Совокупность действий экипажа, бортовой автоматики, наземного комплекса управления и работы комплекса бортовых систем станции, приводящая к выполнению определенной задачи [96]
- Полетная процедура** – Перечень и последовательность выдачи управляющих воздействий, передаваемых в бортовую вычислительную систему из центра управления полетами или экипажем с бортовых пультов, описание действий экипажа, а также последовательность контроля параметров работы бортовых систем (телеметрической информации и пультовых) и их ожидаемые значения [96]
- Программа полета штатная** – Принятые состав, последовательность и временная привязка операций полета, обеспечивающие выполнение основных задач полета орбитального пилотируемого комплекса с учетом временного и функционального резервирования [76]



### Список сокращения и условных обозначений

АИС	–	автоматизированная информационная система
АИСУЦР	–	автоматизированная информационная система учета целевых работ
АС	–	аварийные ситуации
АС МКС	–	американский сегмент Международной космической станции
БД	–	база данных
БнД	–	банк данных
ГК	–	Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»
«Роскосмос»	–	«Роскосмос»
КА	–	космический аппарат
КНА	–	комплекс научной аппаратуры
КНТС	–	координационный научно-технический совет
КЭ	–	космический эксперимент
МКС	–	Международная космическая станция
НА	–	научная аппаратура
НАСА	–	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (США)
НИР	–	научно-исследовательская работа
НшС	–	нештатная ситуация
НПИ	–	научно-прикладные исследования
ОК	–	орбитальный комплекс
ПВМ	–	пространственно-временная модель
ПКА	–	пилотируемый космический аппарат
ПКК	–	пилотируемый космический комплекс
РОС	–	Российская орбитальная станция
РС МКС	–	российский сегмент Международной космической станции
СПК	–	средства подготовки космонавтов
ЦПК	–	Центр подготовки космонавтов
ЦР	–	целевая работа
ЦУП	–	Центр управления полетами

### Список литературы

1. Авдуевский, В.С. Космическая индустрия / В.С. Авдуевский, Г.Р. Успенский. – М.: Машиностроение, 1989. – 568 с.
2. Акофф, А. Основы исследования операций / А. Акофф, М. Сасиени., перевод с англ., Москва, Мир, 1971. – 533 с.
3. Акулов, О.А. Информатика: базовый курс: Учебник для студентов вузов / О.А. Акулов, Н.В. Медведев – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Омега-Л, 2008. – 574 с. – ISBN 978-5-365-00901-1.
4. Алешин, А.В. Нештатные ситуации космических полетов. Математическое моделирование. Прикладные аспекты / А.В. Алешин, Д.К. Дедков, Б.И. Крючков, А.Д. Рудченко, Ю.Б. Сосюрка, В.И. Ярополов. Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина, 1998. – 244 с.
5. Аткинсон, Р. Введение в математическую теорию обучения / Р. Аткинсон, Г. Бауэр, Э. Кротерс., перевод с англ., Москва, Мир, 1969. – 483 с.
6. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
7. Банных, Н.О. Проектирование процесса профессиональной подготовки операторов к деятельности в аварийных ситуациях (на основе подобия психологических систем деятельности) / Н.О. Банных. Диссертация на соискание уч. ст. канд. психолог. наук. - М.: ИПАН СССР, 1985. – 280 с.
8. Биллиг, В.А. Основы объектного программирования на C# (C# 3.0, Visual Studio 2008) – М.: Интернет-Университет Информационных технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 582 с. – ISBN 978-5-9963-0259-8.
9. Боднер, В.А. Авиационные тренажеры / В.А. Боднер, Р.А. Закиров, И.И. Смирнова. – М.: Машиностроение, 1978. – 192 с.
10. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – Москва, Наука, 1967. – 607 с.
11. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – Москва, Наука, 1988. – 206 с.

12. ГОСТ Р 52017-2023. Комплексы космические пилотируемые. Порядок подготовки и проведения космического эксперимента и целевой работы.
13. Демин, Л.С. Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Л.С. Демин, Ю.Г. Жуковский, А.П. Семенин, под ред. В.Е. Шукшунова. – М.: Машиностроение, 1986 – 240 с.
14. Кемени, Д. Введение в конечную математику / Д. Кемени, Д. Снелл, Д. Томпсон, перевод с англ., Москва, Иностранная литература, 1963. – 485 с.
15. Дж.О’Брайен, Х. Ван Котт и др. Человеческий фактор, перевод с англ., Москва, «Мир», 1991. – 487 с. – ISBN 5-03-001815-8.
16. Дубинин, В.И. К вопросу качественной оценки реализации долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на борту российского сегмента международной космической станции / В.И. Дубинин, И.Ю. Репин, В.Н. Чикирев // Космонавтика и ракетостроение. – 2019. – № 5 (110). – С. 64-69.
17. Егоров, А.И. Основы теории управления. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 504 с. – ISBN 978-5-9221-0543-9.
18. Емельянов, В.В. Имитационное моделирование систем: учеб. пособие / В.В. Емельянов, С.И. Ясиновский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 584 с. – ISBN 978-5-7038-3238-7.
19. Зинченко, В.П. Эргономические основы организации труда / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов, Г.Н. Смолян. – Москва, Экономика, 1974. – 279 с.
20. Зинченко, В.П. Основы эргономики / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов. – Москва, Издательство Московского университета, 1979. – 339 с.
21. Информатика: базовый курс: учеб. для студентов вузов / О.А. Акулов, Н.В. Медведев. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Омега-Л, 2008. – 574 с. – ISBN 978-5-365-00901-1.
22. Ковинский, А.А. Физическая подготовка непрофессиональных космонавтов на предполетном этапе к выполнению космического полета: дис... кан. пед. наук: 13.00.04 / Ковинский Александр Андреевич. – М., 2018. – 203 с.

23. Кодекс поведения экипажа Международной космической станции. Утвержден Правительством РФ. – М., 2001. – 10 с.
24. Кононенко, О.Д. Совершенствование профессиональной деятельности космонавтов / О.Д. Кононенко // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 2 (43). – С. 6-18.
25. Красильщиков, М.Н. Обучаемый интеллектуальный помощник пилота. Анализ вариантов реализации / М.Н. Красильщиков, В.Н. Жидков, М.В. Жидков // Полет. – № 4. – С. 25-33.
26. Кубасов, В.Н. Профессиональная подготовка космонавтов / В.Н. Кубасов. Москва, Машиностроение, 1985. – 97 с.
27. Кузнецов, В.Е. Представление в ЭВМ неформальных процедур: производственные системы / С послесловием Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1989. – 160 с.
28. Купер, А. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия / А. Купер, Р. Рейман, Д. Кронин. – СПб.: Символ-плюс, 2010. – 688 с.
29. Курицын, А.А. Система подготовки космонавтов в Российской Федерации / А.А. Курицын, М.М. Харламов, В.П. Хрипунов // ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А.Гагарина», 2020. – ISBN 978-5-9908008-3-0. – 317 с.
30. Курицын, А.А. Пространственно-временная модель состояния орбитального пилотируемого комплекса / А.А. Курицын, В.И. Ярополов // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 3(12). – С. 47-52.
31. Курицын, А.А. Подход к формированию комплексов научной аппаратуры перспективных пилотируемых научных модулей с использованием аппарата дискретной математики / А.А. Курицын, И.В. Кутник, Н.А. Чуб // Космонавтика и ракетостроение. – 2021. № 4 (121). – С. 66-81.
32. Курицын, А.А. Особенности проведения и контроля подготовки экипажей МКС из шести человек / А.А. Курицын, М.М. Харламов, А.В. Темеров // Пилотируемые полеты в космос. – 2012. – № 2 (4). – С. 36-43.

33. Курицын, А.А. Автоматизация управления технологическим процессом комплексной подготовки экипажей орбитальных пилотируемых комплексов / А.А. Курицын, М.М. Харламов // Пилотируемые полеты в космос. – 2011. – № 1 (1). – С. 87-94.
34. Курицын, А.А. Пути повышения эффективности деятельности космонавтов при выполнении программ научно-прикладных исследований / А.А. Курицын, И.В. Кутник, Е.С. Юрченко // В книге: XLVII Академические чтения по космонавтике 2023. Сборник тезисов, посвященный памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства. – М., 2023. – С. 404-405.
35. Курицын, А.А. Системный подход к выбору целевой аппаратуры перспективных пилотируемых космических аппаратов / А.А. Курицын, И.В. Кутник // В книге: К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке. Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга, 2021. – С. 158-161.
36. Кутник, И.В. Развитие комплекса функционально-моделирующего стенда «ФМС Наука» при выполнении задач подготовки космонавтов по научно-прикладным исследованиям и экспериментам в космосе / И.В. Кутник, Е.В. Попова // Идеи и новации. – 2020. – Т. 8. – № 3-4. – С. 88 - 91.
37. Кутник, И.В. Использование основ системы менеджмента качества для совершенствования подготовки космонавтов к выполнению программы научно-прикладных исследований на борту РС МКС / И.В. Кутник // В книге: Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского. Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. – Калуга, 2019. – С. 320-323.
38. Кутник, И.В. Методы оценки тренированности космонавтов при проведении подготовки экипажей Международной космической станции / И.В. Кутник, А.А. Курицын, В.И. Ярополов, А.А. Ковинский, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 2 (31). – С. 44-62.
39. Кутник, И.В. Эмпирическая оценка степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКК /

- И.В. Кутник // В сборнике: Идеи К.Э. Циолковского в теориях освоения космоса. Материалы 58-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга, 2023. – С. 192-195.
40. Кутник, И.В. Особенности деятельности космонавтов при выполнении программ научно-прикладных исследований на борту орбитальных пилотируемых комплексов / И.В. Кутник, А.А. Курицын, Е.В. Попова, Н.А. Чуб // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва: сб. тезисов. В 4 т. – М., 2021. – Т. 3. – С. 65-66.
41. Матвеев, Л.А. Компьютерная поддержка решений: Учебник / Л.А. Матвеев. – СПб: «Специальная Литература», 1998. – 472 с.
42. Межведомственный перечень технологий создания и использования перспективных космических средств различного целевого назначения, направленных на реализацию приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ на 2013-2016 годы.
43. Меморандум о взаимопонимании между Национальным управлением Соединенных Штатов Америки по авиации и исследованию космического пространства и Российским космическим агентством относительно сотрудничества по международной космической станции гражданского назначения <https://docs.cntd.ru/document/902275754/>, дата обращения 24.04.2022.
44. Марков, А.В. Научно-прикладные исследования на Международной космической станции и новые технологии управления полётом / В.А. Соловьёв, А.В. Марков, И.В. Сорокин, В.Е. Любинский // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87. – № 6. – С. 495-504.
45. Наумов, Г.Е. Субъективная вероятность: способы представления и методы получения / Г.Е. Наумов, В.В. Подиновский, Вик. В. Подиновский // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1991. – № 5. – С. 94-109.

46. Нештатные ситуации космических полетов. Математическое моделирование. Прикладные аспекты / А.В. Алешин и др. – Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина, 1998. – 244 с.
47. Новиков, А.М. Методология учебной деятельности / А.М. Новиков – М.: Эгвес, 2005. – 132 с.
48. Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий / Б.И. Крючков и др.// Пилотируемые полеты в космос. – 2016. – № 2(19). – С. 35-57.
49. Онуфриенко, Ю.И. Повышение эффективности активной эксплуатации орбитальных пилотируемых комплексов на основе методик и моделей информационного обеспечения космических полетов и подготовки космонавтов по нештатным ситуациям: дис... кан. техн. наук: 05.07.10 / Онуфриенко Юрий Иванович. – М., 2017. – 207 с.
50. Онуфриенко, Ю.И. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «База данных «Структура и содержание полетной деятельности экипажей РС МКС». Ю.И. Онуфриенко, Б.И. Крючков, В.А. Довженко, В.И. Горлова, № 2016621418, Роспатент, 2016.
51. Основные положения федеральной космической программы 2016-2025, утверждены постановлением Правительства РФ от 23 марта 2016 г. № 230.
52. Основные результаты подготовки и деятельности 65-й и 66-й экспедиций МКС при выполнении программы космического полета / А.Н. Шкаплеров, П.В. Дубров, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, И.Ю. Тарасов // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 3(44). – С. 5-26.
53. Основные результаты подготовки и деятельности командира ТПК «Союз МС-18» (бортинженера 65-й экспедиции МКС) и участников космического полета 65-й экспедиции МКС при выполнении программы космического полета / О.В. Новицкий, А.И. Кондрат, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. № 1(42). – С. 5-30.
54. Особенности управления технологическим процессом подготовки экипажей современных орбитальных пилотируемых комплексов / А.А. Курицын, Б.И.

- Крючков // В сборнике: XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2014. – ISBN 978-5-91450-151-5. – С. 9116-9125.
55. Перечень критических технологий Российской Федерации, утвержден Президентом Российской Федерации № Пр-842, Москва, 2006.
  56. Перспективы развития тренажерных средств подготовки космонавтов по выполнению целевых работ на борту РС МКС / А.А. Курицын, Е.В. Попова, И.В. Кутник, П.А. Сабуров // Идеи и новации. – 2022. –Т. 10. № 1 - 2. – С. 86 - 92.
  57. Подиновский, В.В. Методы многокритериальной оптимизации / В.В. Подиновский. – М.: ВИА им.Ф.Э.Дзержинского, 1971. – 93 с.
  58. Подиновский, В.В. Лексикографические задачи оптимизации / В.В. Подиновский. – М.: ВИА им.Ф.Э.Дзержинского, 1972. – 111 с.
  59. Подиновский, В.В. Количественная важность критериев / В.В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 5. – С. 110-123.
  60. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
  61. Полетные правила, том В (ISS Generic Operational Flight Rules, volume 2), JSC, NASA.
  62. Положение о порядке планирования и проведения целевых работ на Международной космической станции (Положение ЦР-МКС), 2018, <https://tsniimash.ru/upload/iblock/>, дата обращения 15.09.2022.
  63. Перечень требований, предъявляемый к кандидатам в космонавты Российской Федерации в 2019 году, утв. приказом Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», 2019. – 25 с. <https://gctc.ru/main.php?id=6352>, дата обращения 13.09.2021.
  64. Положение о космонавтах Российской Федерации, утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 10 мая 2017 года №551.
  65. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1986. – 288 с.



66. Прокопьев, С.В. Основные результаты подготовки и деятельности 68-й и 69-й экспедиций МКС при выполнении программы космического полета / С.В. Прокопьев, Д.А. Петелин, А.И. Кондрат, Д.А. Темарцев, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2024. – № 1 (50). – С. 5-30.
67. Профессиональный отбор космонавтов / под общей редакцией Б.И. Крючкова, М.М. Харламова // Учебно-справочное пособие - Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А. Гагарина, 2009. - 205 с.
68. Программно-математическое обеспечение автоматизированной системы управления космическими полетами / под ред. Д.А. Ловцова. – М.: ВА им. Ф.Э. Дзержинского, 1995. – 412 с.
69. Разыграев, А.П. Основы управления полетом космических аппаратов и корабле / А.П. Разыграев. – М.: Машиностроение, 1977. – 469 с.
70. Рвачев, В.А. Организационно-методические особенности проведения занятий профессионально-прикладной физической культурой машинистов метрополитена дис... кан. пед. наук: 13.00.04 / Рвачев Владимир Алексеевич. – М., 2016. – 169 с.
71. Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т.Л. Саати - М.: Либроком, 2010. – 520 с. – ISBN: 978-5-397-01283-6.
72. Смоленцев, Н.К. MATLAB: программирование на Visual C#, Borland JBuilder, VBA: Учебный курс (+CD) / Н.К. Смоленцев - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2009. – 464с. – ISBN 978-5-90474-122-0 (ДМК-Пресс). – ISBN 978-5-388-00524-3 (Питер Пресс).
73. Соловьёв, В.А. Исследования Земли с борта российского сегмента МКС / В.А. Соловьёв, И.В. Сорокин, В.В. Сазонов // Земля и Вселенная. – 2018. – № 2. – С. 19-37.
74. Соловьёв, В.А. Разработка и практическое внедрение методов планирования полетных операций при оперативном управлении орбитальными комплексами / В.А. Соловьёв, В.И. Станиловская // Материалы XXXVII

- чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – Калуга, 2003. – С. 95-102.
75. Соловьев, В.А. Организация управления полетами КА и дальнейшее развитие системы управления полетами / В.А. Соловьев. – Королев, Московская область, 2010.
76. Соловьев, В.А. Управление космическими полетами / В.А. Соловьев, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский // Учебное пособие. – Ч.1: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 427 с. – ISBN 978-5-7038-3350-6.
77. Сохин, И.Г. Комплексная подготовка экипажей МКС как управляемый технологический процесс: Монография / И.Г. Сохин. – Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина, 2007. – 178 с.
78. Справочник проектировщика систем автоматизации управления производством. Под ред. канд. техн. наук Смилянского. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 590 с.
79. Справочник по безопасности космических полетов / Г.Т. Береговой, В.И. Ярополов, И.И. Баранецкий и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
80. Степанов, В.В. Информационная поддержка космических экспериментов. Программные продукты и системы / В.В. Степанов, Д.А. Андреев, С.С. Обыденков // Software & Systems. – 2015. – № 4(112).
81. Судзиловский, В.Ю. Моделирование и алгоритмизация в САПР / В.Ю. Судзиловский. – М.: Книжный клуб 36.6, 2009. – 270 с. – ISBN: 978-5-98697-139-1.
82. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2009. – 992 с. – ISBN 978-5-318-00492-6.
83. Теоретические основы автоматизированного управления: Учебник для вузов / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовский. – М.: Высш. шк., 2006. – 463 с. – ISBN 5-06-005496-9.
84. Тищенко, А.А. Моделирование при обеспечении безопасности космических полетов / А.А. Тищенко, В.И. Ярополов. - М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.

85. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка решений / Э.А. Трахтенгерц. Научно-практическое издание. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
86. Федеральная космическая программа России на период 2016-2025 годы. <http://www.federalspace.ru>, дата обращения 5.05.2022.
87. Федоров, А.Н. Базы данных для всех / А. Н. Федоров, Н.А. Елманов. – М.: КомпьютерПресс, 2001. – 256 с. – ISBN 5-89959-086-6.
88. Фельдман, С.К. Системное программирование на персональном компьютере. 2-е изд / С.К. Фельдман – М.: ЗАО «Новый издательский дом», 2004. – 512 с. – ISBN 5-9643-0027-8.
89. Учебный тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки экипажей космонавтов к проведению научных исследований на борту МКС. Шукшунов В.Е., Шукшунов И.В., Фоменко В.В., Крючков Б.И., Сохин И.Г., Гапонов В.Е., Бирюков Ю.Б., Чуланов А.О., Янюшкин В.В., Потоцкая А.С., Шабуров Д.В., Сабуров П.А., Попова Е.В., Лукьянова О.А., Бондаренко С.С., Умнова Л.А., Кутник И.В., Кондратенко Ю.Г., Васильев В.А. Патент на изобретение RU 2617433 С , 25.04.2017. Заявка № 2015138473 от 09.09.2015.
90. Черчмен, У. Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акоф, Л. Арфон, перевод с англ. – Москва, Наука, 1968. – 480 с.
91. Учет замечаний и предложений экипажей МКС, высказанных по итогам выполнения космических полетов, для определения облика перспективных пилотируемых космических аппаратов / А.А. Курицын, И.Н. Куликов, В.А. Копнин, Д.Е. Рыбкин, И.А. Нидеккер // В книге: Пилотируемые полеты в космос. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. ФГБУ «НИИЦПК имени Ю.А.Гагарина», Звездный городок, 2021. – С. 13-15.
92. Чекалов, А.П. Базы данных: от проектирования до разработки приложений / А.П. Чекалов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 384с. – ISBN 5-94157-283-2.
93. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 752 с. – ISBN 978-5-54774-384-5.

94. Эккель, Б. Философия JAVA. Библиотека программиста. – 4-е изд. / Б. Эккель – СПб.: Питер, 2010. – 640с. – ISBN 978-5-388-00003-3.
95. Элти, Дж. Экспертные системы: концепции и примеры: Пер. с англ. и предисл. Б.И.Шитикова / Дж. Элти, М. Кумбс. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
96. Ярополов, В.И. Учебное пособие по курсу «Подготовка космонавтов к действиям в нештатных ситуациях» / В.И. Ярополов. – Звездный городок Московской области: РГНИИЦПК им. Ю.А.Гагарина, 1999. – 104 с.
97. Ярополов, В.И. Пространственно-временная модель состояния орбитального пилотируемого комплекса / В.И. Ярополов, А.А. Курицын // Пилотируемые полеты в космос. – 2014. – № 3 (12). – С. 47-52.
98. Kuritsyn, A.A. Forecast Of A Cosmonaut's Performance On The Martian Surface After A Long-Duration Space Flight / A.A Kuritsyn., V.A. Kopnin, Y.V. Lonchakov, M.M. Kharlamov // В сборнике: Advances in the Astronautical Sciences, 2017. – С. 467-473.
99. Kuritsyn, A.A. The Use Of Computer-Based Simulators To Train Cosmonauts For The Fulfillment Of The Program Of Scientific-Applied Research. / A.A. Kuritsyn, E.V. Popova, M.M. Kharlamov // IAA SciTech Forum 2018, RUDN, Moscow.
100. Kornienko, M.B. Main Results Of Training And Activity Of The ISS-43/44/45/46 Crew In The Course Of A One-Year Mission Aboard The ISS / M.B. Kornienko, Y.V. Lonchakov, A.A. Kuritsyn, V.A. Sivolap, I.G. Sokhin, A.A. Kovinsky // В сборнике: Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC, 2016.
101. Sorokin, I.V. Major Engineering Achievements At Execution Of Russian Research Program Aboard The ISS To Support Future Exploration Missions / I.V. Sorokin, N.N. Sevastiyarov, A.V. Markov // В сборнике: Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. 70, Space: The Power of the Past, the Promise of the Future. 2019. С. IAC-19\_V3.3.5x48816.
102. Электронный ресурс. КНТС ЦНИИмаш. – Режим доступа: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/#1>, дата обращения 15.09.2022 года.

103. Электронный ресурс. Расчет коэффициента конкордации онлайн. – Режим доступа: <https://math.semestr.ru/corel/concordance.php>.
104. Электронный ресурс. Разработка системы вычисления степени согласованности мнений экспертов в сфере информационной безопасности методом нахождения коэффициента конкордации. И.Е. Кузьмин, А.А. Сафронов, Е.М. Баранова, С.Ю. Борзенкова. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-vychisleniya-stepeni-soglasovannosti-mneniy-ekspertov-v-sfere-informatsionnoy-bezopasnosti-metodom-nahozhdeniya>, дата обращения 22.09.2022 года.
105. Электронный ресурс Microsoft Access. – Режим доступа: <https://wiki.fenix.help/informatika/baza-dannyh-access>, дата обращения 22.09.2022 года.
106. Kuritsyn A.A. Development of the Cosmonaut Remote Training Technology Using Limited Communication with the Simulation of Work in Long-Duration Interplanetary Flights / A.A. Kuritsyn, O.V. Blinov, A.Yu. Kikina, S.N. Kovrigin, A.S. Kondratiev, I.V. Kutnik, A.I. Krylov, E.V. Popova, D.A. Temartsev, Yu.S. Chebotarev // В сборнике: Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. 74, 2023. – С. IAC-23\_B3.5.5x78073. – Baku, 2023.

## Приложения

## Приложение А

## Фактографическое описание целевых работ

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
1	АВИС (Отработка технологий создания и применения пико/ нано спутников для контроля отделения космических аппаратов и мониторинга их состояния на орбите в автономном режиме, включая технологии разделения, сближения и стыковки нано спутников)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	блок видеорегистрации	0,001	до 3	2024-2026	0,78	2	ВКД	Начнется с МКС-72	0,76
2	Аквариум (Исследование устойчивости состояния модельной замкнутой экологической системы и звеньев, в нее входящих, в условиях микрогравитации)	Космическая биология и физиология	невесомость, радиация	МКС	СМ, Кибо	укладка "Аквариум" (Укладки AQH-LTC, AQH-BF, AQH-RTC, AQH-FC), укладка "Растения"	0,06	25,5	2005-2013	0,41	1	нет	с МКС-11 по МКС-16; с МКС-38 по МКС-42	0,8
3	Адамант (Управление сажеобразованием в сферическом диффузионном газовом пламени в условиях микрогравитации)	Космическое материаловедение	невесомость	МКС	Destiny	НА CIR – интегрированная стойка по горению	0,1	100	2021 - 2022	0,81	2	Использование АС МКС	МКС-59; МКС-60; МКС-65; МКС-66	0,9
4	Альфа-Электрон (Исследование пучков высокоэнергичных электронов, генерируемых грозовой активностью, в магнитосфере Земли)	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	Спектрометр-телескоп «Альфа-Электрон», блок БД, блок БУ	0,049	20	2015-2018	0,81	на протяжении экспедиции	Погодные условия на Земле	МКС-46, МКС-48, 51,57	0,8
5	Альгометрия (Исследование болевой чувствительности у человека в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Альгометр"	0,052	3,9	2015 - 2022	0,81	5	нет	с МКС-43 по МКС-68	0,9
6	Антиген (Оптимизация гетерологической экспрессии в дрожжах-сахаромицетах в условиях микрогравитации на примере синтеза HBS антигена вируса гепатита В)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ	Укладка «Биоэкология», Термостат ТБУ, Служебная аппаратура (Холодильник	0,0839	26,1	2006-2008	0,49	1	Пересменка экипажей	с МКС-13 – по МКС-18.	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
						Криогем-03 )								
7	<b>Астра-3</b> (Исследование динамики загрязняющего воздействия СВА на элементы внешних поверхностей МКС)	Технологии освоения космического пространства	невесомость	МКС	РС МКС	НА "Астра"	0,0198	не более 10 кг	2021-2024	0,36	от 3-х	Дин. операции		0,8
8	<b>Акустика-М</b> (Исследование помехоустойчивости речевой и звуковой связи в МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	шум, длительная изоляция	МКС	РС МКС	шлемофон; акустический датчик; шумомер	0,03	не более 3	2001-2002	0,43	12	нет	МКС-4-МКС-7, ЭП-4	0,9
9	<b>Альbedo</b> (Исследование характеристик излучения Земли и отработка использования их в модели системы электропитания РС МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	космическое излучение	МКС	СМ	НА "Фотоспектральная система"; СЭП РС МКС, СУДН РС МКС, БИТС РС МКС, ФСС, «Фиалка-МВ-Космос», НА ДЗЗ, Штатная аппаратура (камкордер, ф/а, лэптоп)	0,082	37,9	2012-2017	0,47	4	ориентация	МКС-32, МКС-53 по МКС-58, МКС-60	0,9
10	<b>АРИЛ</b> (Воздействие факторов космического полета на экспрессию штаммов-продуцентов интерлейкинов 1-альфа, 1-бетта, "АРИЛ")	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ, СО1	Укладка «Биоэкология», Термостат ТБУ, Службная аппаратура (Холодильник "Криогем-03")	0,0839	26,1	2007-2014	0,49	1	Длительность хранения ТБУ	с МКС-16 по МКС-42	0,8
11	<b>Асептик</b> (Разработка методов и бортовых технических средств обеспечения асептических условий проведения биотехнологических экспериментов в условиях пилотируемого космического полета)	Космическая биология и физиология	микроклимат КА	МКС	МИМ1, МЛМ-У	НА "Асептик", "Главбок-С"	0,0057 0,204 <b>(0,209)</b>	3,18 26,00 <b>(29,18)</b>	2010-2024	0,53	2	Главбок-С	с МКС-22 по МКС-68	0,9
12	<b>Астровакцина</b> (Культивирование в невесомости E.coli – продуцента белка CafI)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Пенал "Биоэкология"	0,003	0,35	2007-2010	0,47	1	Длительность хранения	МКС-16 по	0,9

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
		физиология											МКС-24	
13	<b>Бактериофаг</b> (Исследование воздействия факторов космического полета на бактериофаги)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ	пенал «Биоэкология»	0,003	0,35	2013-2016	0,43	1	Длительность хранения	с МКС-21 по МКС-48	0,8
14	<b>БАБЛ</b> (Экспериментальное исследование диффузии газа в жидких пенах)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	Коламбус	НА FSL	0,030	35,75	2013-2016	0,41	1	АС МКС	с МКС-38 по МКС-49	0,8
15	<b>Базис</b> (Экспериментальная обработка перспективной инфракрасной аппаратуры и методик проведения съемки объектов в широком диапазоне излучательных характеристик)	Исследование Земли и космоса	невесомость	МКС	СМ	Радиометр «Рад-ИК»	0,005	0,32	2010-н.в.	0,33	не менее 5	Ориентация		0,9
16	<b>Бар</b> (Выбор и обработка методов и средств обнаружения мест разгерметизации модулей Международной космической станции)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	микроклимат КА, метеорные тела	МКС	СМ	НА "Бар": Пироэндоскоп "Пирэн-В", Видеоэндоскоп, Блок отображения информации. Лэптоп ,фотоаппарат Nikon ,Блок питания	0,0522	19,6	2008-2012	0,79	6	нет	с МКС-16 по МКС-50	0,9
17	<b>Биодеградация</b> (Начальные этапы биодеградации и биоповреждения в условиях космоса)	Космическая биология и физиология	микроклимат КА, температура	МКС	СМ	укладка «Биопробы»	0,0006	0,22	2002-2024	0,61	1	нет	с ЭП-4 по МКС-68	0,8
18	<b>Биомасса</b> (Исследование влияния космического полета на ростовые характеристики и химический состав погруженных культур высших базидиальных грибов)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка «Биоэкология»	0,003	0,35	2018-2020	0,56	1	Длительность хранения	с МКС-56 по МКС-63	0,7
19	<b>Биотест</b> (Биохимические механизмы адаптации обмена веществ к условиям космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	комплекс ПЛАЗМА-03 комплект ГЕМАТОКРИТ		2,4	2001-2005	0,73	1	Длительность хранения	ЭП-3, ЭП-4, с МКС-3 по МКС-10	0,8
20	<b>Биориск</b> (Исследование влияния факторов космического пространства на состояние систем «микроорганизмы субстраты» применительно к	Космическая биология и физиология	микроклимат КА, температура космическое излучение	МКС	СМ, СО1	НА "Биориск"	0,0088	8,64	2002 - 2024	0,61	1	Длительность хранения	с МКС-5 по МКС-68	0,8



№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	проблеме экологической безопасности космической техники и планетарного карантина)													
21	<b>Биоэкология</b> (Получение высокоэффективных штаммов микроорганизмов для производства препаратов биодегрантов нефти, фосфорорганических веществ, средств защиты растений, а также экзополисахаридов, используемых в нефтяной промышленности)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ, МИМ1	Пенал «Биоэкология», термостат ТБУ	0,0631		2014-2020 (по ДПЦР)	0,43	1	Длительность хранения	с МКС-7 по МКС-16	0,8
22	<b>Биоэмульсия</b> (Исследование и отработка автономного реактора закрытого типа для получения биомассы микроорганизмов и биологически активных веществ без внесения дополнительных ингредиентов и удаления продуктов метаболизма, разработка на его основе новых малостадийных и высокопроизводительных технологий получения лекарственных препаратов)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Аппаратура «Биоэмульсия», гибрида-тор «Рекомб-К», контейнер «Биоконт-Т», аппаратура «Анабиоз», ТБУ-В	0,064	12,1	2006-2015	0,86	1	Длительность хранения	МКС-10 по МКС-40	0,9
23	<b>Биокард</b> (Исследование электрофизиологических свойств и особенностей перестройки работы сердца при функциональном воздействии с приложением ОДНТ с использованием ЭКГ в двенадцати отведениях)	Космическая биология и физиология	длительная изоляция	МКС	СМ	Сфигмоманометр "Тензоплюс", Комплекс "Гамма-1М", лэптоп	0,3356	26,99	2014-2021	0,88	6	нет	МКС-42 по МКС-63	0,9
24	<b>Брадос</b> (Цинимаш) (Биорадиационная дозиметрия в космическом полете)	Космическая биология и физиология	космическое излучение	МКС	СМ	детекторы	0,0018	1,73	2001-2005	0,99	в течение экспедиции	нет	с МКС-1 по МКС-11	0,8
25	<b>Биосигнал</b> (Изучение влияния микрогравитации на внутриклеточные характеристики функционального состояния клетки)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	прибор «ФЛЮОР-К»	0,0026	1,4	2015	0,43	1	Длительность хранения	МКС-44,46	0,9
26	<b>Биотрек</b> (Исследование влияния потоков тяжелых заряженных частиц космического излучения на генетические свойства клеток-продуцентов БАВ)	Космическая биология и физиология	космическое излучение	МКС	СМ	Пенал "Биоэкология"	0,003	0,35	2006-2013	0,61	1	Длительность хранения	с МКС-14 по МКС-35	0,9
27	<b>Биополимер</b> (Разработка методов получения полимерных материалов, стойких к биокоррозии)	Технологии освоения космического	микроклимат КА	МКС	СМ	НА "Биополимер"	0,006	1	2002-2025	0,61	1	Длительность хранения	с МКС-42 по МКС-	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
		пространства (ТОКП)											56, МКС-60, с МКС-63 по МКС-67	
28	<b>Биопленка</b> (Исследование закономерностей формирования биопленок в условиях микрогравитации)	Космическая биология и физиология	микроклимат КА, невесомость	МКС	СМ, МИМ1	укладка "Константа", укладка "Биопленка", Термостаты ТБУ-В	0,0016 0,0026 0,1201 <b>(0,1243)</b>	29,2	2015 - 2023	0,81	1	Длительность хранения ТБУ-В	МКС-42, 50, 54, 59, 60, 65, 66	0,7
29	<b>БИМС</b> (Исследование процессов информационного обеспечения медицинского сопровождения полета с использованием бортовой информационной медицинской системы, интегрированной в ИУС Российского сегмента МКС)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "ТБК-1С", Эндоскоп, Укладка "ТБК-1С-КРМ", Штатная аппаратура (лэптоп)	0,0056	4,6	2011-2020	0,72	2	нет	МКС-15, 16, 22, 42,48,50	0,8
30	<b>БИФ</b> (Исследование воздействия факторов космического полета на технологические и биомедицинские характеристики бифидобактерий)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СО1, СМ	Пенал «Биоэкология», термостат ТБУ	0,0473	15,6	2009-2013	0,62	1	Длительность хранения ТБУ-В	МКС-21 по МКС-36	0,8
31	<b>БТН-Нейтрон-2</b> (Исследование временных и энергетических характеристик спектра нейтронов в околоземном пространстве с помощью научной аппаратуры «БТН-М1» и «БТН-М2»)	Физика космических лучей	невесомость	МКС	СМ, МЛМ	«БТН-М1» (снаружи) «БТН-М2» (внутри)	0,089	28,19	2008-2025	0,72	1 раз в сутки	ВКД		0,9
32	<b>БТН-Нейтрон</b> (Изучение потоков быстрых и тепловых нейтронов)	Физика космических лучей	космическое излучение	МКС	СМ	Блок БТН-МЭ; ЗИП-БТН; Моноблок "БТН"; Платформа с замками; Комплект кабелей	0,089	28,19	2006-2024	0,61	1 раз в сутки	ВКД		0,6
33	<b>БИОМАГ-М</b> (Исследование влияния факторов космического пространства при экранировании магнитного поля Земли на свойства культур)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ	«Фактор», «Биомагнит-Ф», ЦО Термостат ТБУ-В	0,01	28,8	2016-2025	0,49	1	ТБУ-В	МКС-62, 63,66,67	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	микроорганизмов различных систематических групп)													
34	<b>Биоэмульсия</b> (Исследование и отработка автономного реактора закрытого типа для получения биомассы микроорганизмов и биологически активных веществ без внесения дополнительных ингредиентов и удаления продуктов метаболизма, разработка на его основе	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ, СО1, МИМ2	Аппаратура "Биоэмуль-сия", Термостат, Главбок-С	0,2877	48,3	2004-2014	0,77	1	ТБУ-В	МКС-10 по МКС-40	0,8
35	<b>Вектор-Т</b> (Исследование системы высокоточного прогнозирования движения МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	Штатная аппаратура (навигационная спутниковая система, бортовая телеметрическая система "НАВСТАР" и "ГЛОНАСС", аппаратура сбора данных)			2000 - 2025	0,59	15	нет	с МКС-2 по МКС-68	0,8
36	<b>Вакцина-К</b> (Цниимаш) (Структурное исследование белков-кандидатов в вакцины против СПИД в условиях Земли и космоса.)	Космическая биология и физиология	невесомость, вибрация, температура	МКС	СМ	УБК «Луч-2»	0,0014	1	2004-2008	0,42	1	Длительность хранения	с МКС-8 по МКС-18	0,8
37	<b>Вампир</b> (Выращивание кристаллов твердых растворов CdZnTe методом движущейся зоны растворителя во вращающемся магнитном поле)	Космическое материаловедение	невесомость	МКС	МЛМ	«МЭП-01»	1	40	2023-2026	0,75	1	МЭП-01	с МКС-69	0,9
38	<b>Великое начало</b> (Популяризация достижений отечественной пилотируемой космонавтики)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	штатная аппаратура фото-и видеорегистрации			2011-2024	0,62	2	нет	с МКС-27 по МКС-68	0,9
39	<b>Вектор-МБИ-1</b> (Изучение особенностей вестибулярной стимуляции в невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	комплект «ВЕКТОР-МБИ», Штатная аппаратура (беговая дорожка, фла)	0,436	435,695	2021 - 2022	0,73	10	нет	с МКС-64 по МКС-68	6,6
40	<b>Ветер</b> (Определение вектора скорости	Исследования	невесомость	МКС	МЛМ	НА «РПК-			2024 -	0,94	1	ориентация	с МКС-	

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	приводного ветра и спектра волнения Мирового океана по измерениям параметров Стокса микроволнового радиотеплового излучения с РС МКС)	Земли из космоса				Ветер»			2027				71	
41	<b>Вектор-МБИ-1</b> (Изучение особенностей вестибулярной стимуляции в невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	НА «ВЕКТОР-МБИ»			с 2023 - ПО	0,73	не менее 3-х	Длительность экспедиции	с МКС-70	0,8
42	<b>Всплеск</b> (Мониторинг сейсмических эффектов - всплесков высокоэнергичных частиц в околоземном космическом пространстве)	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	Моноблок "Всплеск"	1,64	24,41	2005-2014	0,61	1 раз в сутки	Условия на Земле	МКС-14, с МКС-17 по МКС-22, с МКС-28 по МКС-39	0,8
43	<b>Ветерок</b> (Отработка новых технологий оптимизации газовой среды в обитаемых отсеках РС МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	микроклимат КА	МКС	СМ	НА «Ветерок»	0,0140	9,13	2009 - 2011	0,57	9	нет	МКС-22 по МКС-28	0,8
44	<b>Взаимодействие-2</b> (Изучение влияния многонационального состава экипажей МКС на межличностное и межгрупповое взаимодействие)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	укладка носитель информации ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, лэптоп	0,0057	2,9	2014-2025	0,61		Состав экипажа	с МКС-44 по МКС-68	0,9
45	<b>Взаимодействие</b> (Контроль групповой деятельности экипажа в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	совместимость членов экипажа	МКС	СМ	укладка "Взаимодействие"; Лэптоп RSE-Med	0,0049	3,88	2009-2011	0,63	19	Состав экипажа	с МКС-19 по МКС-28	0,9
46	<b>Визир</b> (Исследование методов регистрации текущего положения и ориентации переносной научной аппаратуры пилотируемых космических комплексов)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	Угломерная ультразвуковая аппаратура; Фотокамера Nikon Лэптоп	0,0151 0,0052 (0,0203)	1,57 4,74 (6,31)	2014-2022	0,61	10	нет	с МКС-32 по МКС-68	0,8
47	<b>Витацикл-Т</b> (Отработка конструкции и оптимизация режимов культивирования растений для космической конвейерной оранжереи (КО))	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	МЛМ	Конвейерная оранжерея «Витацикл-Т»	0,205	68	2023-2024	0,79	1	Длительность хранения	с МКС-70	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
48	<b>Виртуал</b> (Пространственная ориентация и взаимодействие афферентных систем в условиях невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Аппаратура ETD, Комплект "Виртуал-1"	0,0632 0,0067 (0,0699)	14,03	2013 - 2024	0,53	6	нет	с МКС-37 по МКС-68	0,8
49	<b>Вибролаб</b> (Отработка методов и средств контроля условий эксплуатации в части уровней микровиброускорений на РС МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	вибрация	МКС	СМ	НА "Синус-Аккорд"	0,033	10,947	2015-2017	0,42	6	нет	с МКС-44 по МКС-50	0,6
50	<b>ВИРУ</b> (Виртуальные руководства)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Штатная аппаратура (Лартор, видеокассета)	0,0035	3,07	2012-2014	0,28	5	нет	с МКС-34 по МКС-40	0,9
51	<b>Выносливость</b> (Исследование влияния факторов космического пространства на характеристики механических свойств материалов космического назначения)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	метеорные тела, температура	МКС	МИМ2	Блок экспонирования образцов (БЭО)	0,0341	5,5	2012 - 2024	0,61	1	ВКД	с МКС-30 по МКС-40, МКС-45 по МКС-68	0,8
52	<b>Дисперсия</b> (Формирование и поведение жидкофазных дисперсий в условиях микрогравитации)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	НА "Дисперсия"	0,057	25,5	2022 - 2025	0,64	1	нет	с МКС-68	0,9
53	<b>ДАН</b> (Роль барорецепторов в изменении активности центрального дыхательного механизма в невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Комплекс "Гамма-1М", ПВК "Чибис"	0,196	26,12	2015-2019	0,53	6	нет	с МКС-44 по МКС-60	0,7
54	<b>Дальность</b> (Исследование и использование сигналов системы глобального времени с борта МКС для уточнения параметров орбитального движения.)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	аппаратура GTS, Блок контроля СУБА	0,1757	21,2	2012-2014	0,57	до 4-х в сутки	нет	с МКС-27 по МКС-30, МКС-38 по МКС-42	0,9
55	<b>Дубрава</b> (Мониторинг лесных экосистем)	Исследования Земли из космоса	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	НА ФСС, ф/а, камкордер, лэптоп	0,109	63,61	2016-2024	0,61	6	ориентация	с МКС-48 по МКС-68	0,8
56	<b>Дыхание</b> (Исследование регуляции и биомеханики дыхания в	Космическая биология и	невесомость, длительная	МКС	СМ	комплект «ДЫХАНИЕ-	0,1376	6,65	2007-2010 гг	0,75	2	нет	МКС-15 по	0,9

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	условиях космического полета)	физиология	изоляция			1», Служебная аппаратура (лэптоп)							МКС-24	
57	<b>Женьшень-2</b> (Изучение возможности повышения биологической активности женьшеня)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СО1	Пенал "Биоэкология"	0,0009	0,3	2007-2013 гг	0,56	13	Длительность хранения	МКС-16 по МКС-35	0,9
58	<b>Защитный композит</b> (Оценка устойчивости радиационно-защитного полимерного композита в условиях орбитального полета)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	космическое излучение	МКС	СМ	НА «Композит защитный», Штатная аппаратура (Датчики Дозиметра «Пилле-МКС» )	0,018	4,96	2021-2025	0,88	1	Длительность экспозиции	с МКС-66	0,9
59	<b>Идентификация</b> (Идентификация источников возмущений при нарушении условий микрогравитации на Международной космической станции)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	штатная аппаратура: акселеромет-ры АЛО 034, измерители микроускорений ИМУ-128, ИМУ-Ц			2001-2024	0,61	23	нет	с МКС-1 по МКС-68	1,0
60	<b>Изгиб</b> (Исследование влияния режимов функционирования бортовых систем на условия полета МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	ускорение	МКС	СМ	штатная аппаратура: ГИВУС системы СУДН, акселеромет-ры АЛО-034, измерители микроускорений ИМУ-128 системы СБИ СМ, акселеромет-ры, НА «Дакон-М»			2001-2022	0,98	20	нет	с МКС-1 по МКС-68	0,8
61	<b>ИМПАКТ</b> (Исследование параметров выбросов загрязняющих фракций из двигателей ориентации РС МКС при реализации новых циклограмм работы ДО)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ, СО1	укладки с планшетом "Импакт"	0,0145	5,76	2017-2022	0,61	до 3-х раз в месяц	нет	с МКС-53 по МКС-68	0,6

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
62	<b>Импульс</b> (1 этап) (Модификация ионосферы импульсными источниками плазмы)	Солнечная система	космическое излучение	МКС	СМ	ИПИ-СМ, Укладка кабельная. Служебная аппаратура (Блок силовой коммутации БСК-5В)	0,1209	44,05	2008-2010	0,33	2	ориентация	МКС-18 по МКС-26	0,9
63	<b>Контент</b> (Дистанционный мониторинг психофизиологического состояния экипажа, а также внутригруппового и межгруппового взаимодействия на основе содержательного анализа коммуникации между экипажем и ЦУП)	Космическая биология и физиология	совместимость членов экипажей, длительная изоляция	МКС	СМ	Штатная аппаратура (лэптоп), Носитель информации "ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ-2"	0,0049	4,14	2013 - 2022	0,99	3	нет	с МКС-44 по МКС-62	0,7
64	<b>Кардио-ОДНТ</b> (Определение возможности индивидуального прогнозирования ортостатической устойчивости космонавтов по данным исследования артериальной гемодинамики при воздействии ОДНТ в долговременных космических полетах)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Кардиомед-ПМО", Штатная аппаратура (ПВК "Чибис", Комплекс "Кардиомед" лэптоп)	0,325	38,5	2019-2022	0,53	6	Длительность полета	МКС-61, 62	0,9
65	<b>Кальций</b> (Изучение влияния микрогравитации на растворимость фосфатов кальция в воде)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ МКС	Пенал «Биоэколо-гия»	0,0009	0,3	2011-2019	0,6	0,6	нет	с МКС-28 по МКС-57	0,8
66	<b>Каскад</b> (Исследование процессов культивирования клеток различных видов)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	НА "Биоэмульсия" НА "Каскад", ЦО (Главбокс, ТБУ)	0,0006 0,085 0,264 (0,349)	1,1 58,6 (59,7)	2009 - 2024	0,56	0,56	Длительность хранения Главбокс	с МКС-19 по МКС-44, МКС-50 МКС-54, МКС60, МКС-63-68	0,9
67	<b>Конъюгация</b> (Отработка процесса передачи генетического материала методом конъюгации бактерий)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	МИМ1, СМ	Аппаратура "Рекомб-К", Термостаты	0,1557	28,3	2003-2018	0,77	1	Длительность хранения ТБУ	с МКС-7 по МКС-54, МКС-	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
													57, ЭП-7	
68	<b>Каскад</b> (Исследование процессов культивирования клеток различных видов)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Аппаратура "Биоэмуль-сия", НА "Каскад", ЦО (Главбокс, термостат)	0,0006 0,258 (0,2587)	59,7	2009 - 2024	0,56	1	Длительность хранения Главбокс	с МКС-19 по МКС-44, МКС50-МКС-54, МКС60, МКС-63-68	0,7
69	<b>Константа</b> (Изучение влияния факторов космического полета на активность ферментов)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Константа", ЦО (ТБУ-В)	0,0016	1,2	2009- 2013	0,6	1	Длительность хранения ТБУ	с МКС-1 по МКС-24, с МКС-29 по МКС-40	0,8
70	<b>Константа-2</b> (Изучение влияния факторов космического полета на изолированные фермент-субстратные системы)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Константа", ЦО (ТБУ-В)	0,0016 0,006 (0,0076)	1,2	2015- 2021	0,6	1	Длительность хранения ТБУ	с МКС-43 по МКС-44, МКС-47-56, МКС-59, МКС-60-63, МКС65	0,8
71	<b>Космокард</b> (Изучение влияния факторов космического полета на электрофизиологические характеристики миокарда и на их связь с процессами вегетативной регуляции кровообращения при длительном действии невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект "Космокард", Укладка "Космокард-КРМ", Штатная аппаратура (Сфигмоманометр "Тензоплюс", лэптоп)	0,011	6,17	2014- 2020	0,99	22	нет	МКС-39, с МКС-42 по МКС-62	0,9
72	<b>Контур</b> (Разработка системы супервизорного управления)	Технические исследования	невесомость, длительная	МКС	СМ	Аппаратура "РОВОТИК",	0,2965	98,3	2008- 2011	0,83	2	Баллистика	с МКС-18 по	0,9



№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	через Интернет роботом-манипулятором на МКС)	и технологии пилотируемых космических полетов	изоляция			Служебная аппаратура (Блок силовой коммутации, Блок сервера полезной нагрузки )							МКС-28	
73	<b>Кинетика-1</b> (Измерение и моделирование термических режимов и процесса формирования микроструктуры при фазовых переходах в переохлажденных расплавах на основе циркония)	Космическое материаловедение	невесомость, вибрация, температура	МКС	Колумбус	Печь MSL-ЭМЛ	0,2	400	2014 - 2023	0,81	1	АС МКС	с МКС-54 по МКС-57, с МКС-62 по МКС-66	0,8
74	<b>Кинетика-2</b> (Измерение и моделирование термических режимов и процесса формирования микроструктуры при фазовых переходах в переохлажденных расплавах на основе палладия)	Космическое материаловедение	невесомость, вибрация, температура	МКС	МЛМ	печь МЭП-01	0,15	300	2024 - 2026	0,75	1	Наличие МЛМ	с МКС-72	0,8
75	<b>Коррекция</b> (Исследование эффективности фармакологической коррекции минерального обмена в условиях длительного воздействия микрогравитации)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	РС МКС	Штатная аппаратура (Центрифуга "Плазма-03", Комплект принадлежности ей "Плазма-03"	0,0117	10,05	2015-2024	0,94	6	нет	МКС-44 по МКС-68	0,9
76	<b>Кристаллизатор</b> (Кристаллизация биологических макромолекул и получение биокристаллических пленок в условиях микрогравитации)	Космическое материаловедение	невесомость, вибрация	МКС	Кибо	Аппаратура "JAHA PCG", НА "Модуль"	0,0174	8	2005 - 2024	0,81	1	АС МКС	МКС-11 по МКС-68	0,7
77	<b>Контроль</b> (Мониторинг состояния собственной внешней атмосферы и внешних рабочих поверхностей РС МКС, а также диагностика работоспособности применяемых на орбитальном комплексе материалов и покрытий)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	микроклимат КА, температура, космическое излучение	МКС	МИМ2	аппаратура "Манага-И" Индикатор-МКС	1,1388 0,0042 (1,1388)	19,28	2013-2024	0,42	23	Динамические операции	с МКС-36 по МКС-50, МКС-54 по МКС-63	0,9
78	<b>Кулоновский кристалл</b> (Изучение динамики системы заряженных макрочастиц в	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Целевая аппаратура	0,0232	26,9	2004-2013	0,62	1	нет	с МКС-25 по	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	магнитном поле в условиях микрогравитации)					(БПУ, БЭМ, 3 Сменные контейнеры, кабели)							МКС-50	
79	ЛОР (Исследование состояния ЛОР-органов, пародонта и твердых тканей зубов у космонавтов в условиях космического полёта)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект «ЛОР», Штатная аппаратура (лэптоп)	0,00731	4,23	2020 - 2024	0,61	6	нет	с МКС-63 по МКС-68	0,8
80	Лактолен (Воздействие факторов космического полета на штамм продуцента лактолена)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Пенал "Биоэкология"	0,0009	0,3	2007-2012	0,62	1	Длительность хранения	с МКС-16 по МКС-39	0,8
81	Магнитный 3D-биопринтер (Исследование возможности формативной трехмерной биофабрикации тканевых конструкций, осуществляемой методом программируемой самосборки в условиях микрогравитации посредством магнитного поля)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	МИМ1	НА "3D-МБП", ЦО (Главбок, термостат)	0,029 0,21 (0,239)	70	2019-2020	0,97	1	Длительность хранения Главбок	МКС-57, 60	0,7
82	МАИ-75 (Космические аппараты и современные технологии персональных коммуникаций связи)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Штатная аппаратура (Комплекс любительской пакетной радиосвязи, Лэптоп, Цифровая камера Nikon)	0,0572	38,3	2008-2012	0,62	20	нет	с МКС-11 по МКС-39	0,9
83	"МАТИ-75" (Демонстрация эффекта восстановления формы заготовок из ячеистых полимерных материалов)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Поропласт-2", Штатная аппаратура (камкордер, фотоаппарат)	0,0088 0,1375 (0,0225)	5,94	2009-2011	0,62	1	нет	МКС-16 по МКС-18, МКС-34, 35	0,7
84	МОРЭЭ (Мониторинг обмена веществ и его регуляции, динамики защитных систем организма и экологических факторов во время космических полетов на МКС)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Укладки: "Спрут-2. Прибор", "Спрут-2. КРМ", "Спрут-2. Данные". Штатная аппаратура (лэптоп)	0,0119	4,67	2014-2019	0,54	2	нет	с МКС-41 по МКС-59	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
85	<b>Мембрана-РХТУ</b> (Демонстрация эффективности применения мембранной технологии для разделения, очистки и концентрирования жидких и газовых сред в условиях реального орбитального полета)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	НА «Мембрана»	0,0058	5,3	2019-2020	0,54	1	нет	с МКС-59 по МКС-63	0,7
86	<b>МКС-Разворот</b> (Летная отработка процесса управления разворотами МКС с использованием реактивных двигателей РС МКС с минимальным расходом топлива и учетом ограничений по нагрузкам на конструкцию МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	Штатные системы: СУДН СМ, БВС, СУБА, СБИ			2018-2020	0,81	5	Динамические операции	с МКС-58 по МКС-61	1,0
87	<b>МСК-2</b> (Культивирование клеток линий различной этиологии и мезенхимальных стволовых клеток (МСК) из костного мозга (КМ) в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ	Аппаратура "МСК-2", ТБУ-В	0,0169	23,6	2019 - 2023	0,47	1	Длительность хранения ТБУ	с МКС-60 по МКС-68	0,6
88	<b>Мембрана</b> (Исследование возможности получения принципиально новых пористых материалов с регулярной структурой для использования в качестве фильтров и мембран)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	МИМ2	Термостат "Мембрана", Укладка "Мембрана"	0,0044	4,2	2010-2013	0,54	1	Длительность хранения ТБУ	МКС-23 по МКС-40	0,7
89	<b>Матрешка-Р</b> (Исследование динамики радиационной обстановки на трассе полета и в отсеках международной космической станции и накопления дозы в антропоморфном фантоме, размещенном внутри и снаружи станции)	Космическая биология и физиология	космическое излучение	МКС	СМ, Кибо	Укладка "Комплекта Фантом"; "Комплект СПД"; "Люлин-5"; "Баббл-дозиметр"; "Укладка ПАДЛ детекторы"; "Тритель"; "Укладка "Шторка защитная"	0,0075 0,0083 0,0119 0,0012 0,0040 0,1521 (0,185)	108,77	2004 - 2024	0,99	до 103	Длительность полета	с МКС-8 по МКС-68	0,9
90	<b>Микроспутник</b> (Исследование физических процессов при атмосферных грозвых разрядах на базе микроспутника "Чибис-М" с использованием грузового корабля "Прогресс")	Солнечная система	невесомость	МКС	МИМ1	Микроспутник "Чибис-М";	диам70*605	38,8	2011-2014	0,61	1	Динамические операции		0,9
91	<b>Мотокард</b> (Механизмы сенсомоторной координации в невесомости)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная	МКС	СМ	Укладка "Диаслед",	0,0036 0,0025	442,64	2014-2019	0,91	6	нет	с МКС-37 по	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
		физиология	изоляция			Укладка "Диаслед-КРМ" Комплекс "Миограф" Укладка "Миограф " Бегущая дорожка Лэптоп RSE-Med	0,0097 0,0023 0,4346 0,0048 (0,457)						МКС-60	
92	"Молния-Гамма" (Исследование атмосферных всплесков гамма и оптического излучения в условиях грозовой активности)	Солнечная система	космическое излучение	МКС	СМ	НА "Фотон-Гамма"	0,219	50,3	2010-2013	0,49	до 20	Условия солнечной активности	МКС-25 по МКС-30	0,7
93	Нейроиммунитет (Оценка влияния стресса на иммунитет и системы стресс-реактивности в космосе: мультидисциплинарный подход)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Укладка "Салива-И. Иммуно", Укладка "Космокард-Прибор", Штатная аппаратура (Центрифуга "Плазма-03", Комплект принадлежностей "Плазма-03")	0,112	10,68	2015 - 2024	0,6	1	нет	МКС-44 по МКС-68	0,6
94	Напор-миниРСА (Экспериментальная отработка технологии малогабаритного радиолокатора с синтезированной апертурой на основе микрополосковых активных фазированных антенных решеток в интересах решения задач природопользования, экологического контроля и мониторинга чрезвычайных ситуаций)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ, МЛМ-У	Система оптических телескопов: моноблок камеры ТВР; моноблок камеры ТСР; моноблок ДПН; выносное рабочее место; блок БЗУ-М	0,67 0,18 0,38 0,61 0,02 (1,86)	216,5	2013 - 2025	0,57	1	ориентация	с МКС-38 по н.в.	0,7
95	О Гагарине из космоса (Открытая передача с борта РС МКС по радиолобительскому каналу связи на наземные приемные станции радиолобителей всего мира изображений фотоматериалов, посвященных жизни и деятельности первого космонавта Ю.А.	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Штатная аппаратура (Комплекс любительской пакетной радиосвязи,	0,0572	38,3	2014 - 2024	0,62	5	нет	с МКС-37 по МКС-68	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	Гагарина)					Лэптоп, Цифровая камера Nikon)								
96	<b>Отклик</b> (Регистрация ударов метеороидных и техногенных частиц по внешним элементам конструкции станции с помощью пьезоэлектрических датчиков)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	метеорные тела	МКС	СМ	НА "Отклик"	0,0313	16,93	2013-2018	0,87	непрерывно с включения	нет	с МКС-40 по МКС-56	1,0
97	<b>Обстановка</b> (Исследования в приповерхностной зоне МКС плазменно-волновых процессов взаимодействия сверхбольших космических аппаратов с ионосферой)	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	Плазменно-волновой комплекс ПВК		134,5	2013-2027	0,46	6	нет	МКС-18, с МКС-36 по МКС46,	0,7
98	<b>ОМИКи-СПК</b> (Оценка состояния здоровья и адаптивных резервов человека по сухим пятнам крови методами протеомики, метаболомики и липидомики)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Укладка «Хромато-масс-1»	0,0027	1,9	2020 - 2023	0,67	3	Длительность полета	с МКС-63 по МКС-67	0,9
99	<b>ОЧБ</b> (Воздействие факторов КП на штамм-продуцент супероксиддисмутазы (СОД) )	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ, СО1	Укладка «Биоэкология» Термостат ТБУ , Служебная аппаратура (Холодильник "Криогем-03" )	0,0839	26,1	2007-2013	0,33	1	Длительность хранения ТБУ	МКС-16 по МКС-35	0,8
100	<b>Пилот</b> (Исследование индивидуальных особенностей регулирования психофизиологического состояния и надежности профессиональной деятельности космонавта в длительном КП)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект "Нейролаб-2000М", Комплект "Нейролаб-PM1" Комплект "Нейролаб-PM2" , штатное оборудование (лэптоп)	0,0205	15,84	2003-2010	0,94	14	Длительность полета	МКС-7 по МКС-26	0,8
101	<b>Пародонт</b> (Исследование влияния факторов КП на ткани пародонта у человека)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект "Микробный контроль"	0,00051	0,5	2001 - 2004	0,91	2	Длительность полета	с МКС1- по МКС-8	0,8
102	<b>Пилот-Т</b> (Исследование надежности профессиональной деятельности космонавта в длительном космическом полете)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплекс "НЕЙРОЛАБ", Штатная	0,0234	11,8	2015 - 2024	0,94	12	Длительность полета	с МКС-44 по МКС-68	0,9

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
						аппаратура (лэптоп, ф/а)								
103	<b>Перемещение жидкостей</b> (Перемещение жидкостей до, после и во время длительного космического полета и связь данного феномена с внутричерепным давлением и нарушением зрения)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	HRF Ultrasound2 System, Штатная аппаратура (комплекс "Гамма-1М", "Чибис-М")	0,04	до 50 26,42	2015-2017	0,67		Чибис-М	с МКС-44 по МКС-54	0,7
104	<b>Пневмокард</b> (Изучение влияния факторов КП на вегетативную регуляцию кровообращения и сократительную функцию сердца в длительном космическом полете)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект "Пневмокард", Служебная аппаратура лэптоп, Сфигмоманометр Тензоплюс	0,0100	5,52	2007-2013	0,98	3	Длительность полета	МКС-14 по МКС-35	0,9
105	<b>Плазменный кристалл</b> (Исследование плазменно-пылевых кристаллов и жидкостей в условиях микрогравитации на РС МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость, вибрация	МКС	Коламбус	блок "ПК-3 Плюс", Аппаратура "ПК-3 Плюс Телесайенс", "ПК-3 Плюс видеомонитор"	0,617	83,94	2001 – 2022	0,45	3	АС МКС	с МКС-1 по МКС-36, МКС-42 по МКС--68, ЭП-1, ЭП-3	0,9
106	<b>Пробой</b> (Отработка метода оперативного определения координат точки пробоя гермооболочки модуля МКС высокоскоростной микрометеороидной или техногенной частицей с регистрацией акустических волн в воздушной среде модуля)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	метеорные тела	МКС	СМ	Укладка БПАС, укладка АР, Укладка имитатора пробоя	0,1528	11,14	2014-2024	0,61	23	нет	с МКС-42 по МКС-46, МКС-54, 56, 62, 63, 64	0,9
107	<b>Продуцент</b> (Оптимизация свойств бактериальных штаммов-продуцентов путём экспозиции в условиях орбитального космического полёта и последующей наземной селекции)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ, МИМ1, МЛМ	Пенал "Биоэкология", Термостат	0,155	28,35	2015 - 2024	0,33	1	Длительность хранения ТБУ	МКС-44, 50,54,57, 59,60	0,7
108	<b>Плаزمид</b> (Перенос плазмидной ДНК при конъюгации в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Аппаратура "Рекомб-К", служебная	0,0820	26,1	2004-2013	0,33	1	ТБУ	МКС-9, с МКС-15 по	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
						аппаратура (Термостаты)							МКС-17, с МКС-32 по МКС-35	
109	<b>Полиген</b> (Выявление генотипических особенностей, определяющих различия устойчивости биологических объектов к факторам длительного космического полета (исследования на плодовой мушке «Drosophila melanogaster»))	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ	Укладка "Дрозофила-2", Службная аппаратура (Видеокамера SONY)	0,0033	1,4	2001-2017	0,48	1	Длительность хранения	ЭП-1, МКС-7 по МКС-54	0,5
110	<b>РадиоСкаф</b> (Создание, подготовка и запуск в процессе ВКД сверхмалых космических аппаратов)	Космическое образование	невесомость	МКС	МИМ1	Микроспутник "РадиоСкаф-В", Рама микроспутника, Аккумуляторная батарея, укладка "Спутник". Службная аппаратура (фотоаппарат Nikon)	0,0816	30,5	2006 - 2025	0,62	1	ВКД	МКС-12, с МКС-26 по МКС-28, с МКС-40 по МКС-48, с МКС-52 по МКС-68	0,9
111	<b>Радар-Прогресс</b> (Исследование наземными средствами наблюдения отражательных характеристик плазменных неоднородностей, генерируемых в ионосфере при работе бортовых двигателей ТГК "Прогресс")	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	штатная аппаратура: двигательная установка ТГК "Прогресс" и радиоаппаратура УКВ-диапазона (ТОРУ), комплекс наземных средств радионаблюдения			2010 – 2013	0,43	6	Динамические операции	с МКС-23 по МКС-35	0,9
112	<b>Растения</b> (Исследование роста и развития высших растений в ряду поколений в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Оранжерея "Лада"	0,1460	71,7	2002-2011	0,91	1	нет	с МКС-5 по МКС-22, МКС-28	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
													по МКС-30, с МКС-38 по 39, МКС-50	
113	<b>Регенерация-1</b> (Исследование влияния различных факторов космического полета на процессы регенерации у биообъектов по морфологическим и электрофизиологическим показателям)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Аппаратура "Регенерация", Аппаратура "Статокония"	0,009	3,92	2014-2019	0,71	1	Длительность хранения	с МКС-38 по МКС-57	0,8
114	<b>Репер-калибр</b> (Исследование влияния микрогравитации на фазовый переход плавления/кристаллизации в эвтектических сплавах)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	МИМ1	НА «РЕКА», ЦО «ВЗП-У», лэптоп	0,123	59,6	2022	0,41	7	Динамические операции	МКС-67	0,9
115	<b>Реал</b> (Реология алюминиевых расплавов в условиях микрогравитации)	Космическое материаловедение	невесомость	МКС	Destiny	НА SUBSA (градиентная печь SUBSA, блок управления )			2021-2022	0,81	4	АС МКС	МКС-65, 66	0,9
116	<b>Реставрация</b> (Отработка технологии наклеивания пленочных терморегулирующих покрытий)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость, температура, вакуум, космическое излучение	МКС	СО1	Адаптер механический с планшетом , Устройство для наклейки пленочных покрытий (УНПП)	0,127	25,1	2015-2017	0,41	1	нет	МКС-46- по МКС-54	0,7
117	<b>Рефлекс</b> (Влияние космического полета на поведенческие реакции Drosophila melanogaster)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка ББ-МКС, Штатная аппаратура (ф/а)	0,0037	1,8	2020 - 2023	0,51	1	Длительность хранения	МКС-63, 66,67	0,8
118	<b>Ряска</b> (Изучение механизмов ориентации в невесомости гравитационно- и фоточувствительных органов растений на различные факторы окружающей среды)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	«Устройство «Фаза», Система локального освещения	0,0035	4,2	2019-2020	0,49	1	Длительность хранения	с МКС-59 по МКС-63	0,7
119	<b>Релаксация</b> (Исследование процессов релаксации в УФ области спектра при высокоскоростном взаимодействии)	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	Спектроразональная ультрафиолетов	0,059	30,97	2002-2015	0,84	14	Динамические операции	с МКС-4 по МКС-54	0,7



№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	продуктов выхлопа реактивных двигателей с верхней атмосферой Земли, атмосферных оптических явлений при входе тел в разреженную верхнюю атмосферу и ее оптических свойств в УФ-диапазоне на МКС)					ая система "Фиалка-МВ-Космос"								
120	<b>Русалка</b> (Отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере Земли с борта МКС)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ	НА "Русалка", Службная аппаратура (Прибор ТИУС, Лэптоп, фотокамера Nikon)	0,0218	23,66	2018-2011	0,66	12	нет	с МКС-18 по МКС-30	0,7
121	<b>Среда МКС</b> (Изучение характеристик МКС как среды проведения исследований)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость, температура, вакуум, космическое излучение	МКС		службная бортовая аппаратура (датчики СУДН, датчики ориентации, магнитометры, акселерометр)			2006 - 2024	0,75	20	нет	с МКС-12 по МКС-68	0,8
122	<b>Сейнер</b> (Экспериментальная отработка методики взаимодействия экипажей российского сегмента Международной космической станции с судами Росрыболовства в процессе поиска и освоения промыслово-продуктивных районов Мирового океана)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ	Штатная аппаратура (камкордер, ф/а Nikon, Лэптоп)	0,021	6,94	2009-2012	0,53	30	Ориентация	с МКС-20 по МКС-40	1,0
123	<b>Сепарация</b> (Исследование в условиях микрогравитации процессов сепарации газовых включений из мелкодисперсной среды рабочих жидкостей в гидравлических контурах энергоустановок с электрохимическими генераторами и космических аппаратов)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ, МИМ1, МЛМ	НА "СРВ-У-РС"	0,688	303,37	2018 - 2024	0,63	на протяжении всей экспедиции	нет	МКС-56, с МКС-59 по МКС-68	0,9
124	<b>Сейсмопрогноз</b> (Экспериментальная отработка методов мониторинга электромагнитных и плазменных предвестников землетрясений, чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф)	Солнечная система	невесомость	МКС	СМ	МКСД; МАКТ; Моноблок "Сейсмопрогноз"	0,088	30,1	2013-2016	0,75	на протяжении всей экспедиции	Ориентация	с МКС-38 по МКС-50	0,9
125	<b>"СВЧ-радиометрия"</b> (Исследование характеристик подстилающей поверхности,	Исследования Земли из	невесомость	МКС	СМ	Моноблок РК-21-8	0,508	84,9	2011-2014	0,56	1	Ориентация	с МКС-26 по	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	океана и атмосфер)	космоса											МКС-30	
126	"Спрут-2" (Исследование динамики состава тела и распределения жидких сред организма человека в условиях длительного космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Укладка "Спрут-2, Службная аппаратура (лэптоп, Измеритель массы тела)	0,0088	26,71	2011-2014	0,96	4	Длительность полета	с МКС-26 по МКС-35	0,7
127	Спланх (Исследование особенностей структурно функционального состояния различных отделов желудочно-кишечного тракта для выявления специфики изменений пищеварительной системы, возникающих в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Комплект "Спланх-1", Штатная аппаратура (Комплекс "Рефлотрон-4")	0,0031 0,0298 0,0329	9,5	2003 - 2021	0,67	2	нет	с МКС-32 по МКС-57, МКС-60, 62,65,67	0,8
128	Сценарий (Оценка развития катастрофических и потенциально опасных явлений по результатам космических наблюдений)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ, МИМ1	НА "ФСС", НА "ВСС", ф/а	0,116	35,84	2017 - 2024	0,61	10	Ориентация	с МКС-50 по МКС-68	0,8
129	Среда-МКС (Изучение характеристик МКС как среды проведения исследований)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость, вибрация, шум, ускорение, микроклимат кабин, температура, барометрическое давление, метеорные тела	МКС, ТГК	СМ, МИМ1, МИМ2, МЛМ, ТГК	штатная бортовая аппаратура (датчики СУДН, датчики ориентации, магнитометры, акселерометр)			2006 - 2024	0,75	20	нет	с МКС-12 по МКС-68	0,5
130	Сонокард (Комплексное исследование физиологических функций организма бесконтактным методом во время сна в ходе длительного космического полёта)	Космическая биология и физиология	невесомость, длительная изоляция	МКС	СМ	Комплект "Сонокард", Службная аппаратура (лэптоп)	0,0157	6,85	2007-2013	0,96	24	нет	с МКС-16 по МКС-35	0,8
131	Структура (Получение высококачественных кристаллов рекомбинантных белков)	Космическая биология и физиология	невесомость, вибрация, ускорение	МКС	СМ	Аппаратура "Луч-2М"	0,0014	1	2010 - 2023	0,42	1	нет	МКС-18, МКС-21-22, МСК-25 по МКС-	0,9

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
													56, МКС-59 по МКС-62, МКС-66 по МКС-68	
132	<b>Терминатор</b> (Наблюдение в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра слоистых образований на высотах верхней мезосферы – нижней термосферы в окрестности солнечного терминатора)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ	НА «Терминатор-Лимб», НА «Терминатор-Надир» Штатная аппаратура (Блок контроля интерфейсов полезных нагрузок (ТВМ1-Н) СУБА)	0,073	27,7	2020 - 2023	0,99	24	нет	с МКС-52 по МКС-54, с МКС-63 по МКС-68	0,8
133	<b>Тест</b> (Экспериментальные исследования возможности развития микродеструкции элементов конструкции модулей РС МКС под влиянием составляющих СВА и наличия условий для жизнедеятельности микрофлоры на поверхности гермокорпуса под ЭВТИ)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	космическое излучение, температура, невесомость	МКС	СМ	Прибор и Планшеты "Тест"	0,00716	4,87	2010 - 2024	0,61	1	нет	с МКС-25 по МКС-30, МКС-36 по МКС-68	0,8
134	<b>Типология</b> (Изучение типологических особенностей операторской деятельности экипажей МКС на этапах длительного космического полета)	Космическая биология и физиология	длительная изоляция, невесомость	МКС	СМ	Комплект "Типология", Службная аппаратура (лэптоп)	0,0044	12,71	2009-2013	0,76	3	Длительность полета	с МКС-19 по МКС-35	0,9
135	<b>"Тень-Маяк"</b> (Отработка метода радиозондирования под спутникового пространства с использованием сети наземных приемников)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Службная аппаратура (Комплекс любительской пакетной радиосвязи)	0,0458	34,7	2009-2013	0,44	6	нет	с МКС-14 по МКС-18, с МКС-26 по МКС-35	0,7
136	<b>УФ атмосфера</b> (Картография ночной атмосферы в ближнем УФ диапазоне)	Физика космических	невесомость	МКС	СМ	НА «УФ атмосфера»	0,105	34,98	2019 - 2023	0,99	до 6 сеансо	Ориентация, время суток	с МКС-62 по	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
	широкоугольным детектором с большой апертурой и высоким пространственно-временным разрешением)	лучей									в за ночь		МКС-68	
137	<b>УДОД</b> (Изучение возможности коррекции гемодинамических изменений в невесомости с помощью отрицательного давления на вдохе)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Спрут-2. Прибор, Укладка "УДОД", Комплект "Дыхание-1", Укладка "УДОД-КРМ", Штатная аппаратура (лэптоп)	0,0342	12,96	2015 - 2018	0,94	3	нет	с МКС-44 по МКС-57	0,9
138	<b>Ураган</b> (Экспериментальная отработка наземно-космической системы мониторинга и прогноза развития природных и техногенных катастроф)	Исследования Земли из космоса	невесомость	МКС	СМ, МЛМ-У	Моноблок ФСС, видеокамера, цифровой ф/а	0,116	35,84	2001-2025	0,97	20	Ориентация	МКС-1-МКС-68, ЭП-4	0,7
139	<b>ФАГЕН</b> (Изучение мутационных сдвигов у терапевтических бактериофагов после пребывания в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ, МЛМ-У	Укладка "МСК", НА "Фаген"	0,0037	1,6	2015 - 2024	0,69	1	нет	с МКС-44 по МКС-56, МКС-67	),8
140	<b>Феникс</b> (Исследование воздействия факторов космического пространства на состояние генетического аппарата и выживаемость высушенных лимфоцитов и клеток костного мозга)	Космическая биология и физиология	невесомость, космическое излучение	МКС	СМ, МЛМ-У	Укладка "Биоэкология"	0,0031	4,8	2014 - 2024	0,45	1	Длительность хранения	с МКС-42 по МКС-64	0,9
141	<b>Фламенко</b> (Имитатор пожарной нагрузки)	Космическое материаловедение	невесомость	МКС	Destiny	стойка CIR (камера, система воспламенения измерительная аппаратура, блок управления			2019 - 2020		1	АС МКС	с МКС-58 по МКС-60, МКС-63, 64	0,7
142	<b>Фотобиореактор</b> (Культивирование микроводорослей в условиях микрогравитации)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ, МИМ1, МИМ2, МЛМ,	НА «Фотобиореактор», Целевое оборудование (Главбок-С,	0,0154 0,21 (0,2254)	45,9	2018 - 2024	0,74	1	Главбок	с МКС-57 по МКС-68	0,7

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
						термостат)								
143	"Физика-Образование" (Научно-образовательная демонстрация физических законов и явлений в условиях микрогравитации)	Космическое образование	невесомость	МКС	СМ	Устройство "Летающая тарелка", Служебная аппаратура (Камкордер Sony, фотоаппарат Nikon)	0,00324 0,0016 0,0020 (0,0069)	8,9	2008-2011	0,33	1	нет	с МКС-18 по МКС-20, МКС-32	0,8
144	<b>Хроматомасс-спектр М</b> (Оценка микробиологического статуса человека методом хроматомасс-спектрометрии)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Комплект расходных материалов Хроматомасс-1	0,0013	0,3	2012 - 2014	0,54	15	нет	с МКС-34 по МКС-42	0,8
145	<b>Цитомеханарнум</b> (Поиск потенциальных механосенсоров клеток <i>Dro-sophila melanogaster</i> , находившихся в условиях космического полета)	Космическая биология и физиология	невесомость	МКС	СМ	Укладка ББ-МКС, Штатная аппаратура (ф/а)	0,0037	1,8	2021 - 2024	0,65	1		с МКС-65 по МКС-67	0,7
146	<b>Электронный нос</b> (Исследование развития бактериальной и грибной микрофлоры на поверхностях материалов в условиях космического полета с помощью портативной газовой сенсорной системы Э-НОС)	Космическая биология и физиология	микроклимат кабин	МКС	СМ	Комплект "Э-Нос", Укладка "Э-Нос. ВЗ", Укладка "Э-Нос. Фильтры", штатная аппаратура (лэптоп)	0, 059	11,93	2012-2018	0,61	12	Длительность хранения	с МКС-34,36, с МКС-48 по	0,6
147	<b>Экон</b> (Экспериментальные исследования по оценке возможностей использования Российского сегмента МКС для экологического обследования районов деятельности различных объектов)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Экон", Служебная аппаратура (Цифровой фотоаппарат Nikon, Лэптоп RSK2)	0,0094	5,06	2007-2012	0,66	50	Ориентация	ЭП-7, МКС-8 по МКС-35, МКС-61	1,0
148	<b>Эпсилон-НЭП</b> (Исследование эксплуатационных (термооптических) характеристик терморadiационных покрытий и динамики их изменения в процессе длительного орбитального полета в составе комплекса МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	температура, невесомость	МКС	МИМ2	Штатная аппаратура (Съемная кассета, Средства крепления, контейнер для упаковки )	0,01405	3,48	2014-2016	0,59	1	нет	с МКС-42 по МКС-46	0,8

№ п/п	КЭ	Категория	Факторы КП	Издел. ПКА	Модуль ПКА	Научная аппаратура	Объем НА (м <sup>3</sup> )	Масса НА (кг)	Сроки проведения	Приоритет планирования	Кол-во сеансов (за эксп.)	Ограничения	Экспедиции	Важность ЦР
149	<b>Экон-М</b> (Получение информации для экологического обследования районов деятельности различных объектов с использованием РС МКС)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	СМ	Укладка "Экон-М", цифровая камера Nikon лэптопы	0,009	4,92	2012 - 2024	0,61	50	Ориентация	с МКС-34 по МКС-67	0,9
150	<b>Expose-R</b> (Экспонирование образцов органических и биологических материалов в условиях открытого космоса)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	космическое излучение, температура, невесомость	МКС	СМ	Аппаратура EXPOSE-R	0,094	62	2020 - 2024	0,75	30	нет	с МКС-60 по МКС-70	0,9
151	<b>3D-печать</b> (Отработка применения технологий аддитивного производства изделий в условиях космоса)	Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	невесомость	МКС	МЛМ-У	блок 3D-принтера, Укладка ФЮРА	0,103	40,6	2022 - 2023	0,95	10	нет	МКС-67	0,7

**Опросный лист**

**для оценки степени важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА**

(ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», Московский авиационный институт)

**Уважаемый эксперт!**

Оцените, пожалуйста, по 10 бальной возрастающей шкале (0 – очень низкий, 10 – очень высокий) степень важности перечисленных ниже направлений НИИ применительно к Российской орбитальной станции (РОС)

Анкета проводится анонимно, ФИО можете не указывать!

ФИО \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

1. **Ваш возраст /лет/** \_\_\_\_\_
2. **Пол /подчеркнуть/ М Ж** \_\_\_\_\_
3. **Стаж работы в космической отрасли /лет/** \_\_\_\_\_
4. **Ваша должность /напишите/** \_\_\_\_\_
5. **Ученая степень, звание /напишите/** \_\_\_\_\_

**Спасибо за внимание!**



## Продолжение Приложения Б

Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту российской орбитальной станции			Степень важности
1	2	3	4
Космическая биология и физиология	1.	получение новых биообъектов с нужными свойствами для использования их в интересах медицины, ветеринарии и биотехнологии	
	2.	исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции с целью разработки базовых технологий получения биопродукции в условиях космоса	
	3.	технико-экономическое обоснование целесообразности производства биотехнологической продукции в условиях космоса	
	4.	проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования для проведения исследований по космической биотехнологии	
	5.	отработка условий и оборудования для обеспечения проведения биотехнологических исследований на пилотируемых космических станциях в асептических условиях	
	6.	изучение биодеградирующего действия микроорганизмов, находящихся в воздухе пилотируемых космических станций, на конструкционные элементы станции и находящееся в гермообъеме оборудование	
	7.	информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья, психоэмоционального статуса членов экипажа, их работоспособности	
	8.	совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания, профилактики возможных нарушений и лечения заболеваний	
	9.	совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов, разработкаи психофизиологических мер, направленных на оптимизацию самочувствия и профессиональной деятельности космонавтов	
	10.	разработка фундаментальных проблем космической медицины	
	11.	решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полетов на Луну, Марс и другие планеты	
	12.	развитие бортовой телекоммуникационной медицины, связанной, как с расширением возможностей медицинского контроля за состоянием здоровья человека в полете, так и оказанием консультативной диагностики и лечения в случае возникновения заболеваний	
	13.	внедрение разработанных средств, аппаратуры, оборудования и технологий, используемых в космонавтике, в здравоохранение и народное хозяйство	
Космическое материаловедение	14.	рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков	
	15.	синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на РОС универсальной автоматизированной минифабрики по производству ряда материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии	
	16.	создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой	
	17.	решение задач управления конвективными потоками в жидкостях и проблем создания новых теплообменных аппаратов для нужд космической техники	



	18.	физика низких температур для изучения явлений на межфазной поверхности	
Исследование Земли из космоса	19.	изучение характеристик системы «океан-атмосфера»	
	20.	исследование стихийных бедствий и экологических зон	
	21.	развитие новых технологий для методологического, методического и аппаратного обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса.	
	22.	пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на земной поверхности, зон экологических бедствий	
	23.	предложения по аппаратному составу специализированных космических аппаратов для решения конкретных задач дистанционного зондирования	
Солнечная система	24.	изучение геофизических процессов из космоса, включая процессы, протекающие в верхней атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве	
	25.	исследование Солнца	
	26.	исследований межпланетного вещества контактными методами (масс-спектрометрические и физико-химические методы анализа)	
	27.	исследований планет и малых тел Солнечной системы, их дифференциация с космическим мусором	
Внеатмосферия и астрономия	28.	отработка аппаратуры для исследований Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами	
	29.	измерение фоновых и вспыхивающих потоков линейчатого гамма-излучения	
Физика космических лучей	30.	мониторинг неба	
	31.	исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей	
	32.	исследования химического состава и энергетического спектра космических лучей	
	33.	исследования потоков высокоэнергичных заряженных частиц (нейтронов, линейчатого гамма-излучения и высокоэнергичного гамма-излучения во время солнечных вспышек)	
Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	34.	исследования электронов высокой энергии	
	35.	исследований условий длительного орбитального полета РОС и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов и узлов КА (включая их стойкость к такому рода воздействиям)	
	36.	получение практической информации, служащей исходными данными для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем	
	37.	выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на РОС	
	38.	изучение и оценку эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных (в том числе ремонтных) операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту	

	39.	совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА, их систем и бортового оборудования в условиях космического полета	
	40.	изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем, разработанных с использованием новых физических и технических принципов	
	41.	экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения, включая крупногабаритные и робототехнические космические конструкции и системы	
	42.	исследования в области гидрогазодинамики и тепломассообмена (с целью разработки систем жизнеобеспечения нового поколения для экипажей пилотируемых космических комплексов, а также обеспечения их безопасности)	
Космическое образование	43.	использование возможностей РОС для наглядной демонстрации физических законов и явлений	
	44.	создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций	
	45.	развитие у детей и подростков интереса к научно-техническому творчеству, исследованию космоса, изучению истории и перспектив развития космонавтики и ракетной техники	
	46.	предпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований	

### Разработчики опросного листа:

аспирант кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем»  
ФГБОУВО «МАИ» – Кутник И.В.;

д.т.н., профессор кафедры 610 ФГБОУВО «МАИ» – Курицын А.А.

**Опросный лист**

**для оценки степени (уровня) важности направлений научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА**

(ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», Московский авиационный институт)

**Уважаемый эксперт!**

Оцените, пожалуйста, по 10 бальной возрастающей шкале (0 – очень низкий, 10 – очень высокий) степень важности перечисленных ниже направлений НИИ применительно к пилотируемой лунной программе

Анкета проводится анонимно, ФИО можете не указывать!

ФИО \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

1. **Ваш возраст /лет/** \_\_\_\_\_
2. **Пол /подчеркнуть/** М Ж
3. **Стаж работы в космической отрасли /лет/** \_\_\_\_\_
4. **Ваша должность /напишите/** \_\_\_\_\_
5. **Ученая степень, звание /напишите/** \_\_\_\_\_

**Спасибо за внимание!**

## Продолжение Приложения В

Направления научно-прикладных исследований и экспериментов на борту перспективных ПКА пилотируемой лунной программы			Степень важности
1	2	3	4
Космическая биология и физиология	1.	получение новых биообъектов с нужными свойствами для использования их в интересах медицины, ветеринарии и биотехнологии	
	2.	исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции с целью разработки базовых технологий получения биопродукции в условиях космоса	
	3.	технико-экономическое обоснование целесообразности производства биотехнологической продукции в условиях космоса	
	4.	проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования для проведения исследований по космической биотехнологии	
	5.	отработка условий и оборудования для обеспечения проведения биотехнологических исследований на пилотируемых космических станциях в асептических условиях	
	6.	изучение биodeградирующего действия микроорганизмов, находящихся в воздухе пилотируемых космических аппаратов, на конструкционные элементы ПКА и находящееся в гермообъеме оборудование	
	7.	информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья, психоэмоционального статуса членов экипажа, их работоспособности	
	8.	совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания, профилактики возможных нарушений и лечения заболеваний	
	9.	совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов, разработка психофизиологических мер, направленных на оптимизацию самочувствия и профессиональной деятельности космонавтов	
	10.	разработка фундаментальных проблем космической медицины	
	11.	решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полетов на Луну	
	12.	развитие бортовой телекоммуникационной медицины, связанной, как с расширением возможностей медицинского контроля за состоянием здоровья человека в полете, так и оказанием консультативной диагностики и лечения в случае возникновения заболеваний	
	13.	внедрение разработанных средств, аппаратуры, оборудования и технологий, используемых в космонавтике, в здравоохранение и народное хозяйство	
Космическое материаловедение	14.	рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков	
	15.	синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на лунных ПКА универсальной автоматизированной мини-фабрики по производству ряда материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии	
	16.	создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой	
	17.	решение задач управления конвективными потоками в жидкостях и проблем создания новых теплообменных аппаратов для нужд космической техники	



	18.	физика низких температур для изучения явлений на межфазной поверхности	
Исследование Луны	19.	изучение характеристик лунного грунта	
	20.	исследование поверхности Луны	
	21.	развитие новых технологий для методологического, методического и аппаратного обеспечения решения задач дистанционного зондирования Луны из космоса	
	22.	пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на лунной поверхности	
	23.	предложения по аппаратурному составу специализированных космических аппаратов для решения конкретных задач дистанционного зондирования Луны	
Солнечная система	24.	изучение геофизических процессов из космоса, включая процессы, протекающие в верхней атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве	
	25.	исследование Солнца	
	26.	исследований межпланетного вещества контактными методами (масс-спектрометрические и физико-химические методы анализа)	
	27.	исследований планет и малых тел Солнечной системы, их дифференциация с космическим мусором	
	28.	отработка аппаратуры для исследований Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами	
Внеатмосферная астрономия	29.	измерение фоновых и вспыхивающих потоков линейчатого гамма-излучения	
	30.	мониторинг неба (околоземного пространства)	
Физика космических лучей	31.	исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей	
	32.	исследования химического состава и энергетического спектра космических лучей	
	33.	исследования потоков высокоэнергичных заряженных частиц (нейтронов, линейчатого гамма-излучения и высокоэнергичного гамма-излучения во время солнечных вспышек)	
	34.	исследования электронов высокой энергии	
Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов	35.	исследований условий длительного орбитального полета к Луне и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструкционных материалов и узлов КА (включая их стойкость к такого рода воздействиям)	
	36.	получение практической информации, служащей исходными данными для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем	
	37.	выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на Луне и лунном ПКА	
	38.	изучение и оценку эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных (в том числе ремонтных) операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту лунного ПКА	

	39.	совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА, их систем и бортового оборудования в условиях космического полета и напланетной деятельности	
	40.	изучение особенностей функционирования в условиях космического полета лунного ПКА сложных технических систем, разработанных с использованием новых физических и технических принципов	
	41.	экспериментальная отработка технических систем, с целью создания служебного и научного бортового оборудования нового поколения, включая крупногабаритные и робототехнические космические конструкции и системы	
	42.	исследования в области гидрогазодинамики и тепломассообмена (с целью разработки систем жизнеобеспечения нового поколения для экипажей лунных ПКА, а также обеспечения их безопасности)	
	43.	Экспериментальная отработка лунных роверов и робототехнических систем	
Космическое образование	44.	использование возможностей лунного ПКА для наглядной демонстрации физических законов и явлений	
	45.	создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности под руководством ведущих специалистов предприятий и организаций	
	46.	развитие у детей и подростков интереса к научно-техническому творчеству, исследованию космоса, изучению истории и перспектив развития космонавтики и ракетной техники	
	47.	предпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований	

### Разработчики опросного листа:

аспирант кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем»  
(ФГБОУВО «МАИ») – Кутник И.В.;

д.т.н., профессор кафедры 610 ФГБОУВО «МАИ» – Курицын А.А.

## Программа АИСУЦР

Option Compare Database

Dim Zap\_mod As Long

### REM Процедуры по выгрузке журналов

#### **Rem Процедура на нажатие кнопки "Выгрузить" - Анализ вида журнала**

Private Sub F\_Ex1\_Click()

DoCmd.SetWarnings False 'Отключить все системные сообщения

Select Case Forms!Form\_List\_KE.F\_otch

Case 1

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Product" 'по изделиям

Case 2

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Modul" 'по модулям

Case 3

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Categor" 'по категориям

Case 4

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Factor" 'по факторам

Case 5

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Exped" 'по экспедициям

Case 6

DoCmd.OpenForm "Form\_Vib\_Equipm" 'по аппаратуре

Case 7

Call ReportVse 'все КЭ

End Select

End Sub

#### **Rem Процедура – Установка фильтра на изделия для выгрузки Журнала по изделиям.**

**Rem (аналогично устанавливаются фильтры на модули, категории, аппаратуру, экипажи и факторы)**

Private Sub Form\_Load()

Dim q\_Prod As String

q\_Prod = "DELETE FROM Vib\_Product"

DoCmd.RunSQL q\_Prod

q\_podr = "INSERT INTO Vib\_Product (IdProdVib, NameProdVib)" & \_

```

" SELECT Id_Product,Id_Product FROM SPR_Product_PKA"
DoCmd.RunSQL q_podr
q_Prod = "SELECT IdProdVib, NameProdVib, PriznProdVib FROM Vib_Product"
Forms!Form_Vib_Product.RecordSource = q_Prod
Forms!Form_Vib_Product.NameProdVib.Requery
End Sub

```

### **Rem Процедура – Выгрузка журнала в Excel всех КЭ**

**REM (по изделиям, модулям, категориям, аппаратуре, экипажам и факторам процедуры аналогичные, но с соответствующим фильтром. Выше приведена процедура установки фильтра на изделия)**

```

Private Sub ReportVse()
Dim xlApp As Object
Dim q_Jurnal As String, V_Jurnal As Recordset
Dim j, k1 As Integer, PatchShabl As String, PatchProg As String
Dim Exl_NameFactor, Exl_NameExped, Exl_Id_KE As Long, Exl_Exped, Exl_ExpedP As String,
Exl_Factors, Exl_FactorsP As String
Dim Exl_Name_equipm As String, Exl_EquipmV As Double, Exl_EquipmP As Double
On Error GoTo FileErrV
k1 = 3 ' последняя строка шапки в шаблоне
'Проверка наличия файла (функция Dir возвращает пустую строку, если по указанному пути
файл обнаружить не удалось)
PatchProg = Trim(Nz(Forms!Form_List_KE.Form_Patch.Form!PatchGL)) & "\"
PatchShabl = PatchProg & "Pattern\"
If Dir(PatchShabl & "Шаблон КЭ.xlsx") <> "" Then
Set xlApp = CreateObject("excel.application")
FileCopy PatchShabl & "Шаблон КЭ.xlsx", PatchProg & "Журнал КЭ.xlsx"
xlApp.Workbooks.Open (PatchProg & "Журнал КЭ.xlsx")
xlApp.Visible = True
q_Jurnal = "SELECT * FROM View_List_KE_Otch_vse" & _
" ORDER BY List_KE.Name_KE, SPR_Factors_KP.Name_Factors,
SPR_Expedition.Name_Expedition, SPR_Equipment.Name_equipment;"
Set V_Jurnal = CurrentDb.OpenRecordset(q_Jurnal)
If V_Jurnal.EOF Then
V_Jurnal.Close

```



```

Set V_Jurnal = Nothing
MsgBox ("Журнал КЭ пуст!")
GoTo vihJurV
End If
j = k1 + 1
Exl_NameFactor = 0
Exl_NameExped = 0
Exl_Id_KE = 0
Exl_Exped = ""
Exl_ExpedP = ""
Exl_Factors = ""
Exl_FactorsP = ""
Exl_Name_equipm = ""
Exl_EquipmV = 0
Exl_EquipmP = 0
xlApp.Range("H" & 1) = Date
V_Jurnal.MoveFirst
Do While Not V_Jurnal.EOF
Rem по экспедиции
If Exl_Id_KE = Nz(V_Jurnal!Id_KE) Then
Rem по фактору (сложить разные)
If Exl_NameFactor = Nz(V_Jurnal!NameFactor) Then
If Exl_ExpedP = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition) Then
Exl_Name_equipm = Exl_Name_equipm & "; " & Chr(10) & Nz(V_Jurnal!Name_equipment)
& " " & Nz(CVar(V_Jurnal!Volume_Equipm)) & " " & Nz(CVar(V_Jurnal!Weight_Equipm))
Exl_EquipmV = Exl_EquipmV + Nz(V_Jurnal!Volume_Equipm)
Exl_EquipmP = Exl_EquipmP + Nz(V_Jurnal!Weight_Equipm)
Else
Exl_Exped = Exl_Exped & ", " & Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)
Exl_ExpedP = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)
Exl_Name_equipm = Nz(V_Jurnal!Name_equipment) & " " &
Nz(CVar(V_Jurnal!Volume_Equipm)) & " " & Nz(CVar(V_Jurnal!Weight_Equipm))
Exl_EquipmV = Nz(V_Jurnal!Volume_Equipm)
Exl_EquipmP = Nz(V_Jurnal!Weight_Equipm)
End If

```

```

GoTo PovtorV
Else
If Exl_Expdp = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition) Then
  Exl_Factors = Nz(V_Jurnal!Name_Factors)
Else
  Exl_Factors = Exl_Factors & ", " & Nz(V_Jurnal!Name_Factors)
End If
Exl_FactorsP = Nz(V_Jurnal!Name_Factors)
Exl_NameFactor = Nz(V_Jurnal!NameFactor)
Exl_NameExped = Nz(V_Jurnal!Name_Exped)
Exl_Expdp = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)
Exl_Expdp = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)
Exl_Name_equipm = Nz(V_Jurnal!Name_equipment) & " " &
Nz(CVar(V_Jurnal!Volume_Equipm)) & " " & Nz(CVar(V_Jurnal!Weight_Equipm))
  Exl_EquipmV = Nz(V_Jurnal!Volume_Equipm)
  Exl_EquipmP = Nz(V_Jurnal!Weight_Equipm)
End If
GoTo PovtorV
Else
  If (j - 1) <> k1 Then
    xlApp.Range("D" & j - 1) = Nz(Exl_Factors)
    xlApp.Range("N" & j - 1) = Nz(Exl_Expdp)
    xlApp.Range("G" & j - 1) = Nz(Exl_Name_equipm)
    If Exl_EquipmV <> 0 Then
      xlApp.Range("H" & j - 1) = Exl_EquipmV
    End If
    If Exl_EquipmP <> 0 Then
      xlApp.Range("I" & j - 1) = Exl_EquipmP
    End If
  End If
  Exl_NameFactor = Nz(V_Jurnal!NameFactor)
  Exl_NameExped = Nz(V_Jurnal!Name_Exped)
  Exl_Id_KE = Nz(V_Jurnal!Id_KE)
  Exl_Expdp = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)
  Exl_Expdp = Nz(V_Jurnal!Name_Expedition)

```

```

Exl_Factors = Nz(V_Jurnal!Name_Factors)
Exl_FactorsP = Nz(V_Jurnal!Name_Factors)
Exl_Name_equipm = Nz(V_Jurnal!Name_equipment) & " " &
Nz(CVar(V_Jurnal!Volume_Equipm)) & " " & Nz(CVar(V_Jurnal!Weight_Equipm))
Exl_EquipmV = Nz(V_Jurnal!Volume_Equipm)
Exl_EquipmP = Nz(V_Jurnal!Weight_Equipm)
End If
xlApp.Range("A" & j) = j - k1
xlApp.Range("B" & j) = Nz(V_Jurnal!Name_KE)
xlApp.Range("C" & j) = Nz(V_Jurnal!Name_Category)
xlApp.Range("E" & j) = Nz(V_Jurnal!Name_Product)
xlApp.Range("F" & j) = Nz(V_Jurnal!Name_Module)
xlApp.Range("J" & j) = Nz(V_Jurnal!GodBeg_KE)
xlApp.Range("K" & j) = Nz(V_Jurnal!GodEnd_KE)
xlApp.Range("L" & j) = Nz(V_Jurnal!Priority_KE)
xlApp.Range("M" & j) = Nz(V_Jurnal!SessionC_KE)
xlApp.Range("O" & j) = Nz(V_Jurnal!Importance_KE)
xlApp.Range("P" & j) = Nz(V_Jurnal!Name_condition)
xlApp.Range("Q" & j) = Nz(V_Jurnal!TimeSession_KE)
xlApp.Range("R" & j) = Nz(V_Jurnal!LinkDoc_KE)
j = j + 1
PovtorV:
V_Jurnal.MoveNext
Loop
xlApp.Range("D" & j - 1) = Nz(Exl_Factors)
xlApp.Range("N" & j - 1) = Nz(Exl_Exped)
xlApp.Range("G" & j - 1) = Nz(Exl_Name_equipm)
If Exl_EquipmV <> 0 Then
xlApp.Range("H" & j - 1) = Exl_EquipmV
End If
If Exl_EquipmP <> 0 Then
xlApp.Range("I" & j - 1) = Exl_EquipmP
End If
V_Jurnal.Close
Set V_Jurnal = Nothing

```

```

MsgBox (PatchProg & "Журнал КЭ.xlsx сформирован!")
vihJurV:
xlApp.ActiveWorkbook.Save
Else
MsgBox ("Файл " & PatchShabl & "Шаблон КЭ.xlsx" & " не найден!")
End If
Exit Sub

FileErrV:
If Err.Number = 70 Then
MsgBox ("Файл с именем 'Журнал КЭ по фактору.xlsx' открыт! Закройте его и сформируйте
отчет заново! ")
Else
If Err.Number <> 91 Then
MsgBox ("Ошибка! Обратитесь к разработчику ")
xlApp.ActiveWorkbook.Close False
End If
End If
End Sub

```

### **REM Процедуры по работе со списком космических экспериментов (КЭ)**

#### **Rem Процедура - Предупреждение до удаления космического эксперимента(КЭ)**

```

Private Sub Form_BeforeDelConfirm(Cancel As Integer, Response As Integer)
DoCmd.SetWarnings False 'Отключить все сообщения
If MsgBox("Вы действительно хотите удалить этот КЭ?", vbYesNo, "Удаление записи") =
vbNo Then
DoCmd.CancelEvent
End If
End Sub

```

#### **Rem Процедура – Анализ ввода Изделия ПКА**

```

Private Sub ИзделиеПКА_BeforeUpdate(Cancel As Integer)
If (Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Value & "" <> "") Then
MsgBox ("Для ввода 'ИзделияПКА' необходимо удалить 'МодульПКА' и 'НА'. Для выхода
нажмите 'ESC'")

```

```

DoCmd.CancelEvent
End If
End Sub

```

### **Rem Процедура - Анализ ввода Модуля ПКА**

```

Private Sub МодульПКА_BeforeUpdate(Cancel As Integer)
Dim rs_source As DAO.Recordset
Dim q_source As String
If (Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Value & "" = "") Then
MsgBox ("Для ввода МодуляПКА необходимо ввести ИзделиеПКА. Для выхода нажмите
'ESC'")
DoCmd.CancelEvent
Else
q_source = "SELECT EquipmScience.Id_Equipm, EquipmScience.Number_KE,
SPR_Equipment.Name_equipment, EquipmScience.Name_Equipm,
EquipmScience.Volume_Equipm, EquipmScience.Weight_Equipm,
SPR_Module_PKA.Nam_Product, SPR_Equipment.Nam_Module" & _
" FROM SPR_Module_PKA INNER JOIN (EquipmScience INNER JOIN SPR_Equipment
ON EquipmScience.Name_Equipm = SPR_Equipment.Id_equipment) ON
SPR_Module_PKA.Id_Module = SPR_Equipment.Nam_Module" & _
" WHERE ((EquipmScience.Number_KE = " & Nz(Forms!Form_List_KE.ИдКЭ) & ") and
(SPR_Module_PKA.Nam_Product = " & Nz(Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Column(0)) & ")
and (SPR_Equipment.Nam_Module = " & Zap_mod & "))" & _
" ORDER BY SPR_Equipment.Name_equipment;"
Set rs_source = CurrentDb.OpenRecordset(q_source) ', CurrentProject.Connection, adOpenStatic,
adLockOptimistic
If rs_source.RecordCount <> 0 Then
MsgBox ("Для ввода 'МодуляПКА' необходимо удалить 'НА'. Для выхода нажмите 'ESC'")
DoCmd.CancelEvent
rs_source.Close
Set rs_source = Nothing
Else
If (Nz(Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Column(3)) <>
Nz(Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Column(0))) And
Nz(Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Value) <> 0 Then

```

```
MsgBox ("Модуль ПКА '" & Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Column(1) & "' не
принадлежит выбранному Изделию ПКА '" & Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Column(1)
& "'. Для выхода нажмите 'ESC'")
```

```
DoCmd.CancelEvent
End If
End If
End If
End Sub
```

### **Rem Процедура на получение фокуса поля “Модуль ПКА”**

```
Private Sub МодульПКА_GotFocus()
Zap_mod = Nz(Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Column(0))
End Sub
```

### **Rem Процедура - Предупреждение до удаления записи НА**

```
Private Sub Form_BeforeDelConfirm(Cancel As Integer, Response As Integer)
DoCmd.SetWarnings False 'Отключить все сообщения
If MsgBox("Вы действительно хотите удалить эту НА?", vbYesNo, "Удаление записи") =
vbNo Then
DoCmd.CancelEvent
End If
End Sub
```

### **Rem Процедура – Анализ ввода записи НА**

```
Private Sub Form_BeforeUpdate(Cancel As Integer)
If (Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Value & "" = "") Or
(Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Value & "" = "") Then
MsgBox ("Для ввода НА необходимо заполнить 'Изделие ПКА' и 'Модуль ПКА'! Нажмите
'ESC'")
DoCmd.CancelEvent
End If
End Sub
```

### **Rem Процедура на получение фокуса поля наименование НА**

```
Private Sub НаучнаяАппаратура_GotFocus()
```

```

If Nz(Forms!Form_List_KE.Id_KE) <> "" Then
  If (Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Value & "" = "") Then
    MsgBox ("Для ввода НА необходимо заполнить 'Изделие ПКА'")
    Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.SetFocus
    GoTo M1
  End If
  If (Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Value & "" = "") Then
    MsgBox ("Для ввода НА необходимо заполнить 'Модуль ПКА!'")
    Forms!Form_List_KE.МодульПКА.SetFocus
    GoTo M1
  End If
  Forms!Form_List_KE.View_Equipment.Form!НаучнаяАппаратура.RowSource = "SELECT
  SPR_Equipment.Id_equipment, SPR_Equipment.Name_equipment,
  SPR_Module_PKA.Name_Module, SPR_Product_PKA.Name_Product,
  SPR_Equipment.Nam_Module, SPR_Module_PKA.Nam_Product" & _
  " FROM (SPR_Equipment INNER JOIN SPR_Module_PKA ON SPR_Equipment.Nam_Module
  = SPR_Module_PKA.Id_Module) INNER JOIN SPR_Product_PKA ON
  SPR_Module_PKA.Nam_Product = SPR_Product_PKA.Id_Product" & _
  " WHERE ((SPR_Module_PKA.Nam_Product = " &
  Nz(Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Column(0)) & " ) and (SPR_Equipment.Nam_Module = "
  & Nz(Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Column(0)) & ")))" & _
  " ORDER BY SPR_Equipment.Name_equipment;"
  Forms!Form_List_KE.View_Equipment.Form.НаучнаяАппаратура.Requery
M1:
End If
End Sub

```

### **Rem Процедура на клик мыши в поле наименование НА**

```

Private Sub НаучнаяАппаратура_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
  If Nz(Forms!Form_List_KE.Id_KE) = "" Then
    If (Forms!Form_List_KE.ИзделиеПКА.Value & "" = "") Then
      MsgBox ("Для ввода НА необходимо заполнить 'Изделие ПКА'")
      GoTo M1
    End If
  End If

```

```
If (Forms!Form_List_KE.МодульПКА.Value & "" = "") Then
  MsgBox ("Для ввода НА необходимо заполнить 'Модуль ПКА!'")
  GoTo M1
End If
M1:
End If
End Sub
```

**Rem Процедура - Предупреждение до удаления записи фактор**

```
Private Sub Form_BeforeDelConfirm(Cancel As Integer, Response As Integer)
  DoCmd.SetWarnings False 'Отключить все сообщения
  If MsgBox("Вы действительно хотите удалить этот фактор?", vbYesNo, "Удаление записи")
= vbNo Then
    DoCmd.CancelEvent
  End If
End Sub
```

**Rem Процедура - Предупреждение до удаления записи экипаж**

```
Private Sub Form_BeforeDelConfirm(Cancel As Integer, Response As Integer)
  DoCmd.SetWarnings False 'Отключить все сообщения
  If MsgBox("Вы действительно хотите удалить этот экипаж?", vbYesNo, "Удаление записи")
= vbNo Then
    DoCmd.CancelEvent
  End If
End Sub
```