

УДК 629.78

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ВАЖНОСТИ
НАПРАВЛЕНИЙ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ НА БОРТУ
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

А.А. Курицын, И.В. Кутник, Е.С. Юрченко

Докт. техн. наук, доц. А.А. Курицын; И.В. Кутник; Е.С. Юрченко
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлен подход к оценке важности существующих направлений научно-прикладных исследований и экспериментов для практической реализации на борту орбитальных пилотируемых космических комплексов. Для оценки степени важности использован метод экспертных оценок на основе мнений специалистов, в том числе и космонавтов, имеющих значительный опыт подготовки и выполнения программ научных исследований на борту МКС.

Ключевые слова: проектирование КА, пилотируемые космические аппараты, Международная космическая станция, целевая работа

**Approach to Assessing the Significance Degree of the Lines of
Scientific-and-Applied Studies Carried Out Aboard Manned Space
Complexes. A.A. Kuritsyn, I.V. Kutnik, E.S. Yurchenko**

The paper presents an approach to assessing the significance of existing lines of scientific-and-applied studies and experiments for practical implementation aboard orbital manned space complexes. To assess the degree of significance, the expert evaluation method based on the opinion of specialists, including cosmonauts with considerable experience in the preparation and implementation of scientific research programs onboard the ISS, was used.

Keywords: spacecraft design, manned space vehicles, International Space Station, space experiment

Современная концепция развития пилотируемых космических аппаратов как в нашей стране, так и за рубежом предусматривает создание и развертывание на околоземной орбите орбитальных космических станций, рассчитанных на длительный период эксплуатации и тем самым значительно расширяющих потенциал научных исследований и использования космоса в интересах социально-экономического развития стран мира. Перспективы развития пилотируемой космонавтики подразумевают освоение Луны и дальнего космоса с использованием пилотируемых космических комплексов (ПКК), обеспечивающих длительное обеспечение жизнедеятельности космонавтов и выполнение программ научных исследований [1]. Окончание эксплуатации Международной космической станции (МКС) предусматривает создание Российской орбитальной станции (РОС). Важнейшей задачей выполнения

орбитальных пилотируемых космических полетов стало выполнение космонавтами научной программы, что подразумевает проведение на борту ПКК набора целевых работ (ЦР) [2].

Под ЦР понимается работа на борту ПКК, для проведения которой выделяются пользовательские ресурсы и рабочее время российских членов экипажа, в том числе на коммерческой основе, для научных исследований и экспериментов, отработки и развития новых технологий для дальнейшего освоения космического пространства, получения практических результатов в интересах промышленности, образования и популяризации космической деятельности [3, 4].

При выборе ЦР учитываются различные критерии, в том числе техническая возможность реализации ЦР на борту, наличие, масса и объем научной аппаратуры, длительность проведения работы, критерий эффективности выполнения ЦР и ряд других. Методика, предложенная в рамках документа «Долгосрочная программа целевых работ» [5], позволяет рассчитать критерий эффективности выполнения конкретной ЦР. Оценка актуальности, востребованности и реализуемости конкретной ЦР базируется в том числе на основе рассмотрения результатов ее выполнения на борту ПКК.

При проектировании перспективных ПКК и формировании его компоновки должны учитываться предполагаемые направления проводимых на борту научно-прикладных исследований (НПИ) и экспериментов, которые будут определены целью создания космического комплекса. Полученный опыт выполнения космических полетов как экипажами предыдущих орбитальных станций (ОС) («Салют» и «Мир»), так и экипажами МКС [6, 7] позволяет эмпирически рассмотреть степень важности направлений или разделов НПИ для их практической реализации на борту перспективных ПКК на основе мнений специалистов, непосредственно участвовавших в эксплуатации существовавших ПКК. Под степенью важности ЦР для практической реализации на борту ПКК в данной работе понимается показатель, который отражает в количественной форме степень влияния ЦР на результаты выполнения программы научных исследований ПКК в целом, учитывает на основании опыта полетов ПКК приоритетность проведения данного направления (раздела) исследований в полете.

Таким образом, постановка задачи исследований заключается в определении степени важности направлений и разделов направлений НПИ для их практической реализации на борту ПКК на основе опыта их эксплуатации и полученных результатов, а также на основе мнений экспертов. Так как математическая формализация данной задачи затруднена по причине отсутствия способа сравнительного анализа результатов выполнения направлений НПИ, целесообразно использовать метод экспертных оценок.

Наиболее подходящим в данном случае для проведения исследований является использование метода непосредственной оценки (балльный метод) [8]. Для оценки степени важности направлений НПИ рассмотрены

существующие разделы направлений НПИ, и каждому разделу приписывается оценка от 0 до 10. Для оценки результатов применяются методы математической статистики, и затем оценивается согласованность мнений экспертов с использованием коэффициента конкордации.

Координационно-технический совет (КНТС) Государственной корпорации по космической деятельности (ГК) «Роскосмос» определяет три общих раздела исследований, которые включают восемь направлений НПИ на борту ПКК [9]. Каждое из восьми направлений включает в себя несколько разделов направлений [9], определенных соответствующими секциями КНТС (данные разделы направлений НПИ получены с сайта КНТС в сентябре 2022 г.). Направления и разделы направлений были включены в оценочный лист. Целью экспертов являлось на основании оценочного листа определение степени важности направлений (разделов направлений) НПИ на борту существующих и перспективных ПКК с учетом опыта выполнения научных исследований на борту ОС «Салют», ОК «Мир», МКС. Использовалась следующая шкала оценки степени важности направлений НПИ (балл): 1 – очень низкий; 2–3 – низкий; 4–6 – средний; 7–8 – высокий; 9–10 – очень высокий.

В ходе исследования опрошены четыре группы экспертов: специалисты по подготовке космонавтов по космическим экспериментам ($n = 5$), специалисты по научно-исследовательской работе ($n = 6$), специалисты организаций ГК «Роскосмос», участвующих в формировании программ НПИ и разработке научной аппаратуры ($n = 4$), профессиональные космонавты ($n = 5$). В группе экспертов «профессиональные космонавты» в экспертизе участвовали члены основных экипажей МКС, совершившие один и более космических полетов. Опрос проходил с сентября по ноябрь 2022 г. Всего в опросе принимали участие 20 экспертов. Средний возраст всех экспертов составил 53,6 года, все, кроме трех – эксперты мужского пола, средний стаж работы в космической отрасли – 21 год, что показывает довольно большой опыт работы в космонавтике. Ученые степени: 6 докторов наук, 9 кандидатов наук. Звания: 3 профессора, 4 доцента, 5 Героев Российской Федерации.

По итогам обработки опросного листа оценки направлений (разделов) НПИ применительно к орбитальным ПКК было получено среднее арифметическое значение степени важности, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент конкордации (сравнение экспертов) по всем разделам направлений НПИ применительно к орбитальным ПКК ($n = 46$). Обработка полученных данных производилась с использованием электронных таблиц Excel из пакета Microsoft Office. Данные представлены в табл. 1–8. Проведены следующие расчеты: X – среднее арифметическое значение; S – стандартное отклонение; $V, \%$ – коэффициент вариации; W – коэффициент конкордации (согласованность мнений экспертов) и χ^2 – достоверность коэффициента конкордации по каждой группе экспертов [10, 11]:

X – среднее арифметическое значение:

$$X_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^M X_i}{M},$$

где M – количество оценок экспертов по данному разделу;

S – стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (X_i - X_{\text{cp}})^2}{M-1}},$$

$V, \%$ – коэффициент вариации:

$$V = \frac{S}{X_{\text{cp}}} 100 \%;$$

W – коэффициент конкордации является мерой согласованности мнений экспертов и определяется по формуле [11]:

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

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

L_i – число связок (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;

критерий χ^2 (Пирсона) для определения достоверности коэффициента конкордации с числом степеней свободы $n - 1$ определяется по формуле [11]:

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

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

Таблица 1

Разделы НИИ по направлению «Космическая биология и физиология»	X	S	$V, \%$
1 Получение новых биообъектов с нужными свойствами для использования их в интересах медицины, ветеринарии и биотехнологии	9,3	0,6	7
2 Исследование биотехнологических и других процессов производства медицинской и биотехнологической продукции с целью разработки базовых технологий получения биопродукции в условиях космоса	9,1	0,6	7

Окончание табл. 1

Разделы НИИ по направлению «Космическая биология и физиология»		<i>X</i>	<i>S</i>	<i>V</i> , %
3	Технико-экономическое обоснование целесообразности производства биотехнологической продукции в условиях космоса	7,8	0,6	8
4	Проведение испытаний научной аппаратуры и оборудования для проведения исследований по космической биотехнологии	8,8	0,8	9
5	Отработка условий и оборудования для обеспечения проведения биотехнологических исследований на пилотируемых космических станциях в асептических условиях	8,4	0,6	7
6	Изучение биодegradирующего действия микроорганизмов, находящихся в воздухе пилотируемых космических станций, на конструкционные элементы станции и находящееся в гермообъеме оборудование	7,4	0,8	11
7	Информативность используемых методов диагностики и прогнозирования изменений со стороны здоровья, психо-эмоционального статуса членов экипажа, их работоспособности	6,9	0,9	12
8	Совершенствование средств и методов стабилизации, управления состоянием экипажа и среды его обитания, профилактики возможных нарушений и лечения заболеваний	8,1	0,7	9
9	Совершенствование эргономических характеристик пилотируемых космических объектов, разработка психофизиологических мер, направленных на оптимизацию самочувствия и профессиональной деятельности космонавтов	8,1	0,7	9
10	Разработка фундаментальных проблем космической медицины	8,8	0,6	7
11	Решение частных медицинских проблем обеспечения межпланетных полетов на Луну, Марс и другие планеты	8,3	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 лечением в случае возникновения заболеваний	8,0	0,8	10
13	Внедрение разработанных средств, аппаратуры, оборудования и технологий, используемых в космонавтике, в здравоохранение и народное хозяйство	9,4	0,7	7

Таблица 2

Разделы НИИ по направлению «Космическое материаловедение»		<i>X</i>	<i>S</i>	<i>V</i> , %
14	Рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков	9,3	0,9	9
15	Синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания на МКС универсальной автоматизированной мини-фабрики по производству ряда материалов методом молекулярно-лучевой эпитаксии	8,8	0,9	10
16	Создание технологии синтеза высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов с уникальной структурой	8,9	0,9	10
17	Решение задач управления конвективными потоками в жидкостях и проблем создания новых теплообменных аппаратов для нужд космической техники	8,3	0,6	6
18	Физика низких температур для изучения явлений на межфазной поверхности	7,4	0,8	11

Таблица 3

Разделы НИИ по направлению «Исследование Земли из космоса»		X	S	V, %
19	Изучение характеристик системы «океан – атмосфера»	8,3	0,7	9
20	Исследование стихийных бедствий и экологических зон	9,0	0,8	9
21	Развитие новых технологий для методологического, методического и аппаратного обеспечения решения задач дистанционного зондирования Земли из космоса	9,5	0,6	6
22	Пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на земной поверхности, зон экологических бедствий	6,9	0,7	11
23	Предложения по аппаратному составу специализированных космических аппаратов для решения конкретных задач дистанционного зондирования	7,8	0,7	9

Таблица 4

Разделы НИИ по направлению «Солнечная система»		X	S	V, %
24	Изучение геофизических процессов из космоса, включая процессы, протекающие в верхней атмосфере Земли и околоземном космическом пространстве	8	1,0	13
25	Исследование Солнца	7,2	0,9	12
26	Исследование межпланетного вещества контактными методами (масс-спектрометрические и физико-химические методы анализа)	6,6	0,8	11
27	Исследование 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	7,7	1,0	14

Таблица 5

Разделы НИИ по направлению «Внеатмосферная астрономия»		X	S	V, %
29	Измерение фоновых и вспыхивающих потоков линейчатого гамма-излучения	7,6	1,1	15
30	Мониторинг неба	7,3	1,3	18

Таблица 6

Разделы НИИ по направлению «Физика космических лучей»		X	S	V, %
31	Исследования ядерной компоненты солнечных и галактических космических лучей	7,2	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)	7,1	1,1	16
34	Исследования электронов высокой энергии	8,4	1,1	13

Таблица 7

Разделы НИИ по направлению «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов»		X	S	V, %
35	Исследования 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)	9,1	0,8	9
36	Получение практической информации, служащей исходными данными для совершенствования используемых и разработки новых служебных бортовых систем	8,9	0,6	7
37	Выполнение расширенных исследований параметров среды обитания на РОС	7,9	0,8	10
38	Изучение и оценка эффективности работ членов экипажей при выполнении научных исследований и служебных (в том числе ремонтных) операций с целью совершенствования процессов операторской деятельности на борту	9,6	0,5	5
39	Совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА, их систем и бортового оборудования в условиях космического полета	9,5	0,7	7
40	Изучение особенностей функционирования в условиях космического полета сложных технических систем, разработанных с использованием новых физических и технических принципов	9,6	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	9,6	0,7	7
42	Исследования в области гидрогазодинамики и теплообмена (с целью разработки систем жизнеобеспечения нового поколения для экипажей ПКК, а также обеспечения их безопасности)	8,7	0,8	9

Таблица 8

Разделы НИИ по направлению «Космическое образование»		X	S	V, %
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, перспектив развития космонавтики и ракетной техники	5,9	1,1	19
46	Предпрофессиональная подготовка и профессиональная ориентация учащейся молодежи на перспективные программы космических исследований	7,4	1,0	13

Как видно из данных, полученных в ходе экспертной оценки и представленных в таблицах 1–8 и диаграммах 1–8 в целом к наиболее важным разделам направлений НИИ на борту перспективных орбитальных ПКК, по мнению экспертов, относятся следующие:

1. В направлении «Космическая биология и физиология» (рис. 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 $V = 7 \%$;
 - внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство $X = 9,4 \pm 0,7$ при $V = 10 \%$.
2. В направлении «Космическое материаловедение» (рис. 2):
 - рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков $X = 9,3 \pm 0,9$ при $V = 9 \%$;
 - синтез полупроводниковых, эпитаксиальных гетероструктур для создания мини-фабрики 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 $V = 10 \%$.

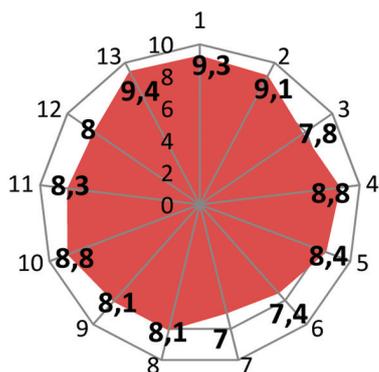


Рис. 1. Диаграмма средних оценок экспертов по направлению НПИ «Космическая биология и физиология»

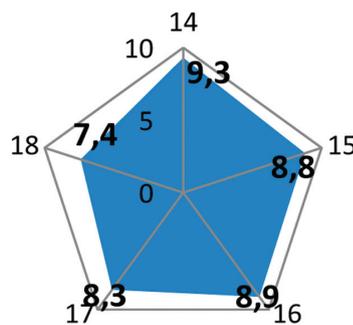


Рис. 2. Диаграмма средних оценок экспертов по направлению НПИ «Космическое материаловедение»

3. В направлении «Исследование Земли из космоса» (рис. 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 $V = 6 \%$.
4. В направлении «Солнечная система» (рис. 4):
 - изучение геофизических процессов из космоса $X = 8,0 \pm 1,0$ при $V = 13 \%$.
5. В направлении «Внеатмосферная астрономия» (рис. 5):
 - измерение фоновых и вспыхивающих потоков линейчатого гамма-излучения $X = 7,6 \pm 1,1$ при $V = 15 \%$.
6. В направлении «Физика космических лучей» (рис. 6):
 - исследования электронов высокой энергии $X = 8,4 \pm 1,1$ при $V = 13 \%$.

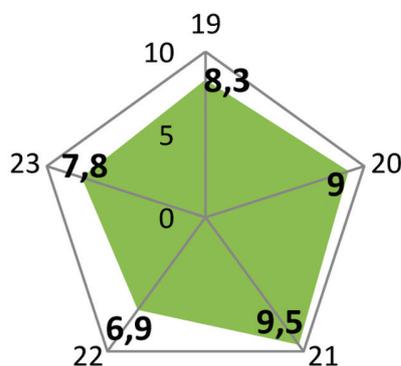


Рис. 3. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Исследование Земли из космоса»

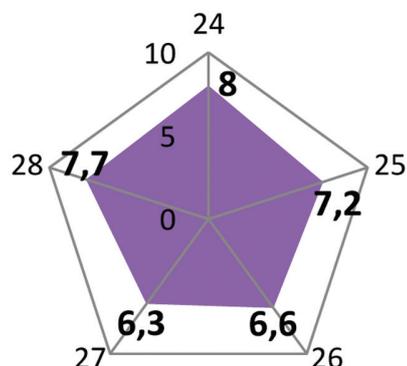


Рис. 4. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Солнечная система»

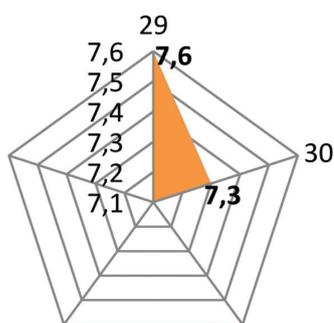


Рис. 5. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Внеатмосферная астрономия»

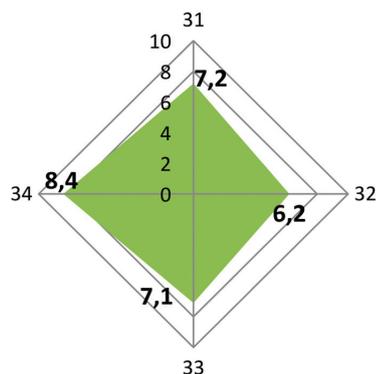


Рис. 6. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Физика космических лучей»

7. В направлении «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов» (рис. 7):

- исследования условий длительного орбитального полета МКС и их комплексного воздействия на эксплуатационные характеристики новых конструктивных материалов $X = 9,1 \pm 0,8$ 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 $X = 9,6 \pm 0,5$ 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 $V = 7 \%$;

- 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 $V = 7 \%$.

8. В направлении «Космическое образование» (рис. 8):

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

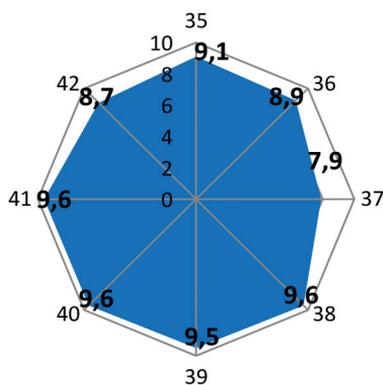


Рис. 7. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов»

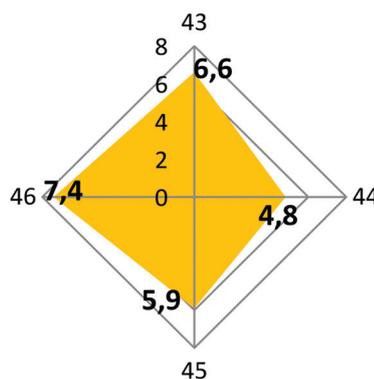


Рис. 8. Диаграмма средних оценок экспертов к направлению НПИ «Космическое образование»

Для оценки согласованности мнений экспертов по каждому направлению НПИ для каждой группы экспертов и в целом для каждого направления рассчитаны коэффициенты конкордации W и достоверность коэффициента конкордации x^2 . Данные значения представлены в табл. 9.

Таблица 9

Коэффициенты конкордации и оценка достоверности коэффициента конкордации групп оценок экспертов о важности направлений НПИ на борту перспективных орбитальных ПКК

Направление НПИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по НИР (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессиональные космонавты (n = 5)		X_{cp}	W_{cp}	x^2_{cp}
	W	x^2	W	x^2	W	x^2	W	x^2			
Космическая биология и физиология	0,52	31,03	0,61	43,66	0,58	27,64	0,77	46,43	8,33	0,53	127,31
Космическое материаловедение	0,55	11,0	0,5	11,9	0,66	10,28	0,65	13,0	8,54	0,5	39,86

Окончание табл. 9

Направление НПИ	Специалисты по подготовке космонавтов (n = 5)		Специалисты по НИР (n = 6)		Специалисты организаций ГК «Роскосмос» (n = 4)		Профессио- нальные космонавты (n = 5)		X_{cp}	W_{cp}	x^2_{cp}
	W	x^2	W	x^2	W	x^2	W	x^2			
Исследование Земли из космоса	0,79	15,76	0,93	22,25	0,83	13,21	0,93	18,67	8,3	0,86	68,88
Солнечная система	0,84	16,74	0,56	13,52	0,73	36,5	0,64	12,8	7,16	0,61	48,55
Внеатмос- ферная астрономия	0,9	4,5	0,75	4,5	0,83	4,5	0,97	5,33	7,45	0,77	25,44
Физика косми- ческих лучей	0,97	14,54	0,73	13,12	0,9	10,8	0,96	15,94	7,23	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	9,11	0,52	72,12
Космическое образование	0,85	12,77	0,9	18,06	0,89	10,69	0,84	12,6	6,18	0,85	50,75

Также в таблице рассчитано среднее значение степени важности направлений НПИ по оценке экспертов X_{cp} . Полученные результаты показывают высокую степень согласованности мнений экспертов как в рамках отдельно взятой группы экспертов, так и по всему направлению в целом.

Среднее значение степени важности направлений НПИ для проведения исследований на борту орбитального ПКК показывает, что, по мнению экспертов, наиболее важным направлением НПИ в целом является «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полетов» – $X_{cp} = 9,11$; вторым по важности – «Космическое материаловедение» – $X_{cp} = 8,54$; третьим направлением по важности является «Космическая биология и физиология» – $X_{cp} = 8,33$; затем следует «Исследование Земли из космоса» – $X_{cp} = 8,3$. Полученные результаты показывают, что орбитальные пилотируемые комплексы в первую очередь по мнению экспертов, предназначены для отработки технологий полетов в космос, получения новых материалов и биообъектов в условиях космоса.

Важность направлений и разделов НПИ на борту ПКК целесообразно учитывать при формировании наиболее оптимальных программ подготовки экипажей ПКК на Земле, а также при выборе и создании соответствующих средств подготовки космонавтов [12].

Выводы

В работе впервые предложен подход к оценке степени важности направлений НПИ для практической реализации на борту перспективных ПКК на основе экспертного метода. В качестве экспертов были привлечены 20 специалистов

в части подготовки и реализации программ НПИ на борту РС МКС, из которых пятеро – космонавты с опытом выполнения космических полетов.

В результате анализа полученных значений степени важности направлений и разделов НПИ можно отметить, что для орбитальных ПКК к наиболее важным направлениям исследований, по мнению экспертов, можно отнести: «Технические исследования и технологии ПКП» – $X_{cp} = 9,11$; «Космическое материаловедение» – $X_{cp} = 8,54$; «Космическая биология и физиология» – $X_{cp} = 8,33$ и «Исследование Земли из космоса» – $X_{cp} = 8,3$.

К наиболее важным разделам направлений исследований на борту перспективных орбитальных ПКК 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», «Совершенствование технологии, методов и средств строительства, технического обслуживания и ремонта КА в условиях космического полета» – $X = 9,5$;

«Внедрение разработанных средств в здравоохранение и народное хозяйство» – $X = 9,4$;

«Получение новых биообъектов с нужными свойствами», «Рост кристаллов полупроводников, диэлектриков, белков» – $X = 9,3$.

Полученные результаты целесообразно учитывать при разработке компоновки ПКК, формировании программ ЦР на борту перспективных ПКК, формировании программ подготовки космонавтов и создании средств подготовки космонавтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная космическая программа России на период 2016–2025 годы // Федеральное космическое агентство (Роскосмос): [сайт]. – 2009. – URL: <http://www.federalspace.ru> (дата обращения 23.09.2022).
2. Main results of training and activity of the ISS-43/44/45/46 expedition when carrying out the one-year mission plan aboard the ISS RS / Yu.V. Lonchakov, A.A. Kuritsyn, M.B. Kornienko, V.A. Sivolap [et al.] // 67nd International Astronautical Congress. – 2016, Guadalajara, Mexico, IAC Paper, IAC-16.B3.5.3x32131.
3. ГОСТ Р 52017-2023. Комплексы космические пилотируемые. Порядок подготовки и проведения космического эксперимента и целевой работы = Manned space complexes. Procedure for preparing and conducting a space experiment and utilization activities: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства

- по техническому регулированию и метрологии от 30 января 2023 г. N 65-ст: дата введения 2023-06-01 / разработан публичным акционерным обществом «Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С.П. Королёва». – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 40 с.
4. Положение о порядке планирования и проведения целевых работ на Международной космической станции (Положение ЦР-МКС) // АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»: [сайт]. – 2021. – URL: <https://tsniimash.ru/upload/030/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BE%20%20%D0%A6%D0%A0-%D0%9C%D0%9A%D0%A1.pdf/> (дата обращения 15.05.2025).
 5. Долгосрочная программа целевых работ, планируемых на МКС до 2024 года // АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»: [сайт]. – 2021. – URL: <https://www.tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/> (дата обращения 15.05.2025).
 6. Результаты исследований и экспериментов, проведенных в период экспедиций МКС 56–68 // АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»: [сайт]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/informational-resources/center-informational-resources> (дата обращения 30.08.2024).
 7. Эффект от использования МКС для России 2016–2023 гг. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/informational-resources/center-informational-resources/> (дата обращения 30.08.2024).
 8. Манита, А.Д. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. – Москва: Издат. отдел УНЦ ДО, 2001. – 120 с.
 9. Координационный научно-технический совет (КНТС) // АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»: [сайт]. – 2021. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/#1> (дата обращения 23.09.2022).
 10. Калькулятор «Коэффициент конкордации»: [сайт]. – URL: <https://math.semestr.ru/corel/concordance.php> (дата обращения 17.02.2023).
 11. 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 // КиберЛенинка: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-vychisleniya-stepeni-soglasovannosti-mneniy-ekspertov-v-sfere-informatsionnoy-bezopasnosti-metodom-nahozhdeniya> (дата обращения 17.02.2023).
 12. Курицын, А.А. Система подготовки космонавтов в Российской Федерации / А.А. Курицын, М.М. Харламов, В.П. Хрипунов. – ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина», 2020. – 318 с. – ISBN 978-5-9908008-3-0. – Текст: непосредственный.

REFERENCES

1. Federal Space Program of Russia for the period 2016–2025 // Federal Space Agency (Roscosmos): [website]. – 2009. – URL: <http://www.federalspace.ru> (date of access 09.23.2022).

2. Main results of training and activity of the ISS-43/44/45/46 expedition when carrying out the one-year mission plan aboard the ISS RS / Yu.V. Lonchakov, A.A. Kuritsyn, M.B. Kornienko, V.A. Sivolap [et al.] // 67nd International Astronautical Congress. – 2016, Guadalajara, Mexico, IAC Paper, IAC-16.B3.5.3x32131.
3. GOST R 52017-2023. Manned space complexes. Procedure for preparing and conducting a space experiment and utilization activities: national standard of the Russian Federation: official publication: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 30, 2023 N 65-st: date of introduction 2023-06-01 / developed by Public Joint Stock Company Rocket and Space Corporation “Energiya” named after S.P. Koroleva. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2023. – 40 p.
4. Regulation on the procedure for planning and conducting target works on the International Space Station (Regulation CR-ISS), 2021 // Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/upload/030/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BE%20%20%D0%A6%D0%A0-%D0%9C%D0%9A%D0%A1.pdf/> (date of access 15.05.2025).
5. Long-term program of target works planned on the ISS until 2024 // Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering: [website]. – 2021. – URL: <https://www.tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/> (date of access 15.05.2025).
6. Results of studies and experiments conducted during ISS Expeditions 56–68 // Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/informational-resources/center-informational-resources> (date of access 08.30.2024).
7. The effect of using the ISS for Russia in 2016–2023 // Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/informational-resources/center-informational-resources> (date of access 08.30.2024).
8. Manita, A.D. Probability Theory and Mathematical Statistics: Textbook. – Moscow: Publishing Department of the Educational Scientific Center of Additional Education, 2001. – 120 p.
9. Coordinating Scientific and Technical Council (KSTC) // Central Scientific Research Institute of Mechanical Engineering: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/#1> (date of access 23.09.2022).
10. Concordance Coefficient Calculator: [website]. – URL: <https://math.semestr.ru/corel/concordance.php> (date of access 02.17.2023).
11. Development of a system for calculating the degree of agreement of expert opinions in the field of information security by finding the coefficient of concordance / I.E. Kuzmin, A.A. Safronov, E.M. Baranova, S.Yu. Borzenkova // CyberLeninka: [website]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-vychisleniya-stepeni-soglasovannosti-mneniy-ekspertov-v-sfere-informatsionnoy-bezopasnosti-metodom-nahozhdeniya> (date of access 02.17.2023).
12. Kuritsyn, A.A. Cosmonaut Training System: Monograph / A.A. Kuritsyn, M.M. Kharlamov, V.P. Khripunov. – Star City: Yu.A. Gagarin R&T CTC, 2020. – 318 p. – ISBN 978-5-9908008-3-0. – Text: direct.