

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
«КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»

**МАТЕРИАЛЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ
ТЕРЕШКОВОЙ»**

Ярославль
2026

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КУЛЬТУРЫ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
«КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»

**МАТЕРИАЛЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ
ВЛАДИМИРОВНЫ ТЕРЕШКОВОЙ»**

**Ярославль
19–20 марта 2026 года**

Ярославль
2026

УДК 52:521: 620: 678
ББК 22.6 я 434
Ч 914

Ч 914 **Чтения имени В. В. Терешковой:** Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Ярославль, 19–20 марта 2026 г. // Сост. Д. Н. Аристова, О. М. Роменская, Е. Н. Тихомирова – Ярославль, 2026. — 200 с.

В сборнике представлены статьи, доклады, тезисы докладов участников VII Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Материалы охватывают широкий круг вопросов, связанных с космонавтикой, астрономией, астрокосмическим образованием и просвещением и их объединением в жизни общества.

Авторский коллектив:

**Аристова Д. Н., Арбузова М. В., Боцьева М. А., Булгакова Н. И.,
Волков И. А., Железнов Н. Б., Ковинский А. А., Копа Т. А., Крапошин П. В.,
Кузнецов А. В., Курицын А. А., Лукьянова А. В., Мартынов М. В.,
Огрызков Е. А., Онуфриенко А. Ю., Онуфриенко Е. Ю.,
Осипов И. А., Рогачева В. Н., Роменская О. М., Сергиенко А. В.,
Солаева Е. В., Сырейщикова Т. В., Темарцев Д. А., Тихомирова Е. Н.,
Угольников В. В., Феоктистова И. А., Черненький А. В., Черняк Е. А.**

Ответственный за выпуск **Тихомирова Е. Н.**

ISBN 978–5–91722–654–5

© ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»
© Коллектив авторов, 2026
© Аристова Д. Н., Роменская О. М. Тихомирова Е. Н., 2026, составление

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
Обращение В. В. Терешковой	8
Приветствие С. В. Костышиной	9
Приветствие О. Д. Кононенко	11
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКЕ	
<i>Н. Б. Железнов</i>	
НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИПА РАН	13
<i>А. В. Кузнецов</i>	
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА ..	24
<i>Е. Ю. Онуфриенко, А. Ю. Онуфриенко</i>	
ЗАПАХИ КОСМОСА: ФИЗИОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ И НАУЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	37
<i>Е. А. Черняк, Т. В. Сырейщикова</i>	
ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ ПО АСТРОНАВИГАЦИИ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю. А. ГАГАРИНА ...	49
<i>П. В. Крапошин</i>	
ИСТОРИЯ ПРОЕКТОВ ЯДЕРНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: РЕФЕРАТИВНЫЙ ОБЗОР	57
<i>А. В. Сергиенко</i>	
ПРОВЕРКА ПРИНЦИПА ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В СИЛЬНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ	70
<i>А. В. Сергиенко</i>	
ПРЕЦЕССИЯ ОРБИТЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ	76
<i>М. В. Мартынов, Е. А. Огрызков</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТОВ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	83

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ

И. А. Феоктистова

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ АСТРОНОМИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ
МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ: ОПЫТ ПЛАНЕТАРИЯ САМАРСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА 92

И. А. Осипов

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЧАСТНОГО СОЛНЕЧНОГО И
ПОЛНОГО ЛУННОГО ЗАТМЕНИЙ В 2025 ГОДУ В СМОЛЕНСКОМ
ПЛАНЕТАРИИ 102

КОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ

Е. Н. Тихомирова

СИСТЕМА АСТРОКОСМИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ В КУЛЬТУРНО-
ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ 114

М. А. Боцьева

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КЕЙСОВ В РАБОТЕ С ПРЕДПРОФИЛЬНЫМ
КОСМИЧЕСКИМ КЛАССОМ 119

В. Н. Рогачева, А. В. Лукьянова

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО КВЕСТА К НЕДЕЛЕ
КОСМОНАВТИКИ 128

Н. И. Булгакова

«СЫН ВЕКА»: ПОЭМА О ГАГАРИНЕ – ГОЛОСАМИ НОВОГО
ПОКОЛЕНИЯ 134

М. В. Арбузова

ГАГАРИН В ИНДИИ 140

А. А. Курицын, А. А. Ковинский, Д. А. Темарцев

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
В РОССИИ/СССР 149

И. А. Волков

РАБОТА С ЮНОШЕСКИМ КЛУБНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ
НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ОТРЯД ЮНЫХ КОСМОНАВТОВ» 154

<i>Е. В. Солаева</i>	
МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ ВРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИТАЙСКОГО ВОЛЧКА В РАМКАХ ПРОЕКТА «КОСМИЧЕСКИЙ УРОК»	161
<i>В. В. Угольников</i>	
ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЮНОШЕСКОГО КЛУБА КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Г. С. ТИТОВА	166
<i>А. В. Черненко</i>	
ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»	179
<i>Д. Н. Аристова, О. М. Роменская</i>	
ТРАНСФОРМАЦИЯ КОММУНИКАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ УЧРЕЖДЕНИЙ КУЛЬТУРЫ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ: ВИЗУАЛЬНЫЙ ПОВОРОТ НА ПРИМЕРЕ КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ	190

ПРЕДИСЛОВИЕ



6

В марте 2026 года на базе ярославского Культурно-просветительского центра имени первой женщины-космонавта Валентины Владимировны Терешковой состоялась VII Международная научно-практическая конференция «Чтения имени В. В. Терешковой». Проведение конференции в Год единства народов России подчеркнуло особую миссию науки и космоса как универсальных ценностей, способствующих укреплению межнационального согласия, сохранению исторической памяти и взаимному уважению культурных традиций в нашей многонациональной стране и за ее пределами.

В этом году «Чтения» также были посвящены 65-летию первого полета человека в космос, совершенного советским космонавтом Юрием Алексеевичем Гагариным. Это позволило глубоко осмыслить преемственность поколений в деле освоения Вселенной, отдав дань уважения пионерам космической эры и подчеркнув неразрывную связь героического прошлого с современными достижениями и будущими свершениями. Знаковым стало также празднование 15-летия самого Центра, что придало мероприятию особую историческую глубину.

Организаторами конференции традиционно выступили: Благотворительный фонд Валентины Владимировны Терешковой, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина», Министерство культуры Ярославской области и Государственное автономное учреждение культуры Ярославской области «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой».

Конференция вновь объединила на своей площадке ученых, педагогов, популяризаторов науки, представителей космической отрасли и музейного сообщества из разных городов и стран мира, став авторитетной платформой для обмена знаниями, опытом и установления новых научных контактов.

Программа «Чтений» была насыщенной и новаторской, сочетая очные и онлайн-форматы, что позволило расширить географию участников. Особенностью VII конференции стало введение новой, специальной полнокупольной сессии, целиком направленной на профессиональную ориентацию детей и молодежи. Эта сессия была посвящена практическому вовлечению подрастающего поколения в естественно-научную и технологическую деятельность.

Особую ценность мероприятию, как всегда, придали как доклады экспертов из России, Уругвая и Пакистана, так и педагогов, сотрудников планетариев, студентов из Владикавказа, Гагарина, Долгопрудного, Звездного городка (Московская область), Иркутска, Москвы, Самары, Санкт-Петербурга, Смоленска, Ярославля.

Настоящий сборник, представляющий собой свод статей и тезисов докладов участников, отражает широчайший спектр обсуждавшихся тем – от фундаментальных научных исследований до презентации просветительских проектов. Мы уверены, что эти материалы послужат ценным источником знаний, практических методик и вдохновения для всех, кто увлечен тайнами космоса, стремится к их познанию и популяризации, и кто видит свою задачу в воспитании нового, целеустремленного поколения.

Пусть этот сборник станет еще одним весомым вкладом в развитие космической отрасли, астрономического образования и в великое дело просвещения, неразрывно связанное с именами Юрия Гагарина и Валентины Терешковой.

*А. В. Соколова,
директор Государственного автономного учреждения
культуры Ярославской области
«Культурно-просветительский центр
имени В. В. Терешковой»*

Обращение В. В. Терешковой

Уважаемые организаторы, участники и гости VII Международной научно-практической конференции!



Приветствую вас на моей родной ярославской земле.

В 2026 году весь мир отмечает 65-летие первого полета человека в космос. 12 апреля 1961 года Юрий Алексеевич Гагарин на корабле «Восток-1» совершил полет вокруг Земли, открыв человечеству дорогу в космос. Подвиг Юрия Гагарина стал не просто технологическим прорывом, он перевернул представление человечества о собственных возможностях и навсегда вошел в историю как символ мужества и торжества науки.

В этом году мы отмечаем 15-летие создания Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой, в стенах которого проходит Международная научно-практическая конференция. За это время центр стал местом встреч и диалога талантливой молодежи с космонавтами, учеными, ветеранами космической отрасли и творческой интеллигенцией. Ярославский культурно-просветительский центр – планетарий – по праву считается одним из наиболее известных не только в России, но и за рубежом.

Сегодняшние лекции, доклады и дискуссии станут продолжением учения основоположников космической науки и первопроходцев космоса. Изучать, сомневаться, исследовать, рисковать, находить решение и побеждать – вот главный смысл исследования и покорения космоса.

Пусть ваши обсуждения будут столь же смелыми, как первый космический полет, а идеи – столь же масштабными, как просторы Вселенной! Желаю всем продуктивной работы и новых открытий!

*В. В. Терешкова,
летчик-космонавт СССР,
Герой Советского Союза*

Приветствие С. В. Костышиной

Уважаемые участники и гости конференции!



Седьмой год подряд город Ярославль становится центром притяжения для увлеченных космонавтикой людей, объединяя любителей и профессионалов вокруг уникального события – VII Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой», проходящей в стенах Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой.

Свыше шести десятилетий назад Валентина Владимировна стала символом триумфа человеческого разума над земным притяжением, вдохновив миллионы людей на стремление к звездам. Валентина Владимировна вошла в историю человечества как символ мужества, силы духа и любви к своей профессии. Ее полет в космос стал выдающимся достижением советской космонавтики и всего мирового сообщества ученых, исследователей и инженеров.

Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой играет ключевую роль в организации форума, создавая уникальную атмосферу праздника и привлекая тысячи участников интересными экспозициями и образовательными программами.

Современные исследования космоса требуют объединенных усилий ученых разных стран, обмена знаниями и технологиями. Россия традиционно занимает одну из ведущих ролей в международном сотрудничестве по изучению Вселенной. Мы продолжаем развивать направления, начатые первыми покорителями звёздного неба: изучаем Луну, Марс, дальний космос, исследуем тайны жизни вне Земли.

Конференции позволяют нам более углубленно взглянуть на перспективы дальнейшего изучения космического пространства, поддержать сотрудничество российских специалистов с коллегами из-за рубежа и объединить усилия ради будущих поколений.

Пусть ваши обсуждения принесут новые идеи, внесут свою лепту в общее дело развития космической отрасли и формирование новой парадигмы изучения Вселенной; откроют пути к важным

научным открытиям и станут достойным вкладом в развитие космонавтики XXI века.

От всей души желаю успешных выступлений, плодотворных обсуждений и творческой атмосферы!

*С. В. Костышина,
министр туризма, и.о. министра
культуры Ярославской области*

Приветствие О. Д. Кононенко

Уважаемые участники VII Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой»!



Приветствую вас от лица летчиков-космонавтов СССР и Российской Федерации, сотрудников Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина».

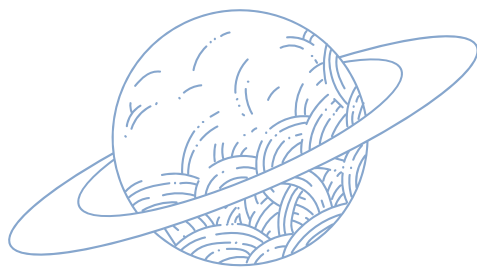
В 2026 году мы отмечаем знаменательный юбилей – 65-летие полета Ю. А. Гагарина в космос. 12 апреля 1961 года начался отсчет новой эры в истории человечества. Шаг за шагом, подвигами первопроходцев космоса, подвижническим трудом ученых, конструкторов и исследователей достигался технологический триумф и лидерство нашей страны в освоении космического пространства. Эпоха пилотируемой космонавтики продолжается. И сегодня, участвуя в чтениях VII Международной научно-практической конференции, проводя космические исследования, стремясь к новым знаниям, достижениям и открытиям, вы являетесь достойными последователями выдающихся соотечественников, превративших мечту покорения космоса в реальность.

На протяжении 15 лет, с момента создания в 2011 году, Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой объединяет интересующихся космической отраслью, вносит значительный вклад в популяризацию, сохранение и приумножение национального космического наследия Отечества.

От всей души желаю вам научных и творческих достижений, новых свершений и открытий во благо нашей великой Родины!

*О. Д. Кононенко,
и.о. начальника Центра подготовки
космонавтов имени Ю. А. Гагарина,
Герой Российской Федерации,
летчик-космонавт Российской Федерации*

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО АСТРОНОМИИ
И КОСМОНАВТИКЕ



НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИПА РАН



Н. Б. Железнов



Институт прикладной астрономии Российской академии наук

Аннотация. Данная статья представляет собой обзор научной деятельности Института прикладной астрономии Российской академии наук (г. Санкт-Петербург). Основное внимание в статье уделяется РСДБ-комплексу «Квазар-КВО», созданному в ИПА РАН. Дается краткий обзор научной работы в области эфемеридной астрономии и изучения малых тел Солнечной системы.

Ключевые слова: ИПА РАН, РСДБ, эфемериды, ежегодники, малые тела.

SCIENTIFIC ACTIVITY OF THE IAA RAS



N. Zheleznov



Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences

Annotation. This article is a review of the scientific activities of the Institute of Applied Astronomy of the RAS (St. Petersburg). The main focus in the paper is on the Quasar VLBI Network created at the IAA RAS. A brief overview of the scientific work in the field of ephemeris astronomy and the study of small bodies of the Solar System is given.

Keywords: IAA RAS, VLBI, ephemeris, yearbooks, minor bodies.

ВВЕДЕНИЕ

ИПА РАН является одним из крупнейших астрономических институтов мира, ведущих исследования в области новых методов астрометрии и геодинамики, эфемеридной астрономии, классической и релятивистской небесной механики, радиоастрономии и радиоинтерферометрии, космической геодезии и фундаментального координатно-временного и навигационного обеспечения.

Институт основан в 1987 г. Реорганизован в 1998 г. путем присоединения Института теоретической астрономии РАН, а в 2018 г. – Уссурийской астрофизической обсерватории.

РСДБ-КОМПЛЕКС «КВАЗАР-КВО»

Земля вращается сложным образом. Помимо собственного вращения вокруг своей оси с периодом около 24 часов, сама ось вращения планеты испытывает прецессионное движение с периодом примерно в 25 800 лет и нутационное с периодом около 18,6 лет. Нутационное движение возникает вследствие наклона плоскости орбиты Луны к эклиптике, эллиптичности лунной орбиты, смены сезонов на Земле и других факторов. Прецессионно-нутационное движение оси вращения Земли хорошо изучено и вычисляется с большой точностью.

Характер вращения ядра Земли, тектонические процессы в мантии и коре Земли заставляют ось вращения смещаться и внутри тела нашей планеты. Начиная с 1900 г. усредненный Северный полюс сместился на 15 метров (рис. 1). Поскольку позиционирование на поверхности Земли с помощью искусственных спутников сейчас происходит с точностью до нескольких миллиметров, этот процесс необходимо учитывать. Смещение полюса непредсказуемо, и его надо регулярно измерять.

Кроме того, вращение Земли неравномерно. Помимо векового замедления вращения планеты вследствие приливного воздействия Луны происходят мгновенные изменения вращения Земли как в сторону ускорения, так и в сторону замедления вследствие тектонических процессов в недрах планеты. Величина таких колебаний периода вращения Земли измеряется в микросекундах. Поправку времени, возникающую вследствие неравномерности вращения Земли, тоже надо постоянно измерять.

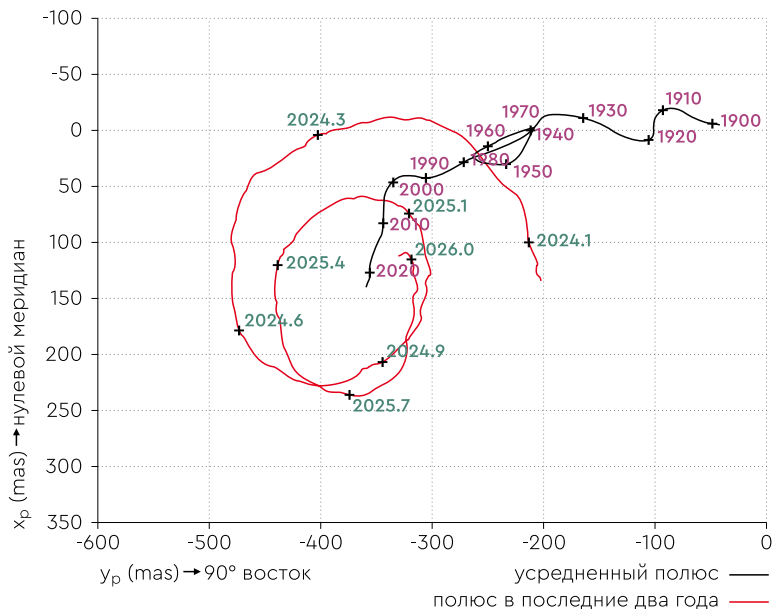


Рис. 1. Движение усредненного полюса начиная с 1900 г.
 (URL: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc01/filtered-pole.jpg>)

Положение полюса и поправка времени в данный момент времени называются параметрами вращения Земли (ПВЗ). По сути, знание ПВЗ дает связь небесной и земной систем координат.

Данные о ПВЗ получают несколькими методами. Один из методов – путем наблюдений за квазарами. Квазар – квазизвездный радиоисточник на границе видимой Вселенной. Квазар представляет собой ядро активной галактики, находящейся на начальном пути своей эволюции. Поскольку эти объекты находятся на расстояниях в миллиарды световых лет, то относительно Солнечной системы они практически не имеют собственного движения по небосводу и могут считаться неподвижными. По сути, квазары – неподвижные реперы, опираясь на которые, можно строить небесную систему координат.

Квазары видны и в оптический телескоп, но наиболее ярко «светятся» в радиодиапазоне. Поэтому квазары лучше всего наблюдать с помощью радиотелескопа. К тому же, земная атмосфера прозрачна для радиолучей даже днем, и на радиотелескопе наблюдения можно проводить круглосуточно и в любую погоду.

Чем больше апертура (диаметр) антенны, тем выше точность наблюдений. Радиотелескоп апертурой в тысячи километров построить невозможно. Решением проблемы является применение РСДБ – радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами.

В ИПА РАН создан единственный в России радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО». В состав комплекса входят три радиоастрономические обсерватории («Светлое», Ленинградская область; «Зеленчукская», Карачаево-Черкесская Республика; «Бадары», Республика Бурятия). Эти три обсерватории объединены высокоскоростными оптоволоконными линиями связи с центром управления в Санкт-Петербурге в главном здании ИПА РАН на наб. Кутузова, 10. Именно здесь с помощью специального коррелятора происходит обработка данных в единый радиотелескоп с апертурой более 4400 км (рис. 2).



Рис. 2. Радиоинтерферометрическая сеть «Квазар-КВО»

Основным элементом каждой из обсерваторий является радиотелескоп с диаметром зеркала 32 м (РТ-32), оснащенный комплексом высокочувствительных приемников на волны 1,35, 3,5, 6, 13 и 18–21 см (рис. 3). Все радиотелескопы работают под управлением центрального компьютера комплекса. Работа радиотелескопов синхронизирована с точностью до нескольких десятков пикосекунд [1].

Точность данных, получаемых с помощью РСДБ-комплекса «Квазар-КВО», составляет доли миллисекунды дуги при определении координат радиоисточников и ПВЗ, миллиметры в год при определении глобальных тектонических движений.



Рис. 3. Радиотелескоп РТ-32



Рис. 4. Квантово-оптическая станция «Сажень-ТМ»



Рис. 5. Радиотелескоп РТ-13 в обсерватории «Светлое»

С 2006 г. комплекс «Квазар-КВО» проводит регулярные наблюдения по российским программам определения ПВЗ для обеспечения космической навигационной системы ГЛОНАСС [1]. Кроме того, «Квазар-КВО» в составе глобальной РСДБ-сети активно участвует в крупнейших международных астрометрических программах.

Стремительное развитие технологий потребовало существенно увеличить количество наблюдений, имея антенну меньшего диаметра. В результате в ИПА РАН создан трехэлементный радиоинтерферометр, основанный на антеннах малого диаметра (13,2 м) [2]. Первый радиотелескоп РТ-13 установлен в обсерватории «Бадары» в 2014 г., второй – в обсерватории «Зеленчукская» в 2015 г. и третий – в обсерватории «Светлое» в 2018 г. (рис. 3, 4, 5). Проводится работа по установке РТ-13 в Уссурийской астрофизической обсерватории, которая в 2018 г. вошла в состав ИПА РАН.

Опорно-поворотные устройства РТ-13 обеспечивают высокую скорость переброса антенны с одного радиостанции на другой, что позволяет за сутки провести требуемое количество наблюдений радиостанций. Наблюдения на данном радиointерферометре дают возможность оперативного (3–4 раза в сутки) определения Всемирного времени с погрешностью 20 мкс.

Помимо РСДБ применяются другие методы определения ПВЗ. В настоящее время все обсерватории комплекса «Квazar-КВО» оснащены совмещенными ГЛОНАСС/GPS-приемниками. С их помощью проводятся измерения действующих спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС.

Также во всех обсерваториях комплекса «Квazar-КВО» установлены современные лазерные дальнометры – квантово-оптические системы (КОС) «Сажень-ТМ» (рис. 3). В идеальных погодных условиях лазерный луч может достигать расстояния в 40 тысяч км.

Целью лазерной локации спутников является получение высокоточных данных, необходимых для определения ПВЗ и положения геоцентра. Данные наблюдений регулярно посылаются в Информационно-аналитический центр ГЛОНАСС (ЦНИИМаш) [1].

Обсерватории также оснащены температурными профилометрами и радиометрами водяного пара (РВП). РВП разработан в ИПА РАН. Установка этих приборов обеспечила комплекс «Квazar-КВО» высокоточными (до 3 мм) данными о задержке распространения радиосигнала в атмосфере и содержании водяного пара. Эти данные необходимы для улучшения качества принимаемого сигнала.

Станции, на которых одновременно размещены наблюдательные средства двух или более типов (РСДБ, лазерная локация, GPS/ГЛОНАСС приемники), называются станциями колокации средств космической геодезии. Ярким примером станции такого типа являются обсерватории РСДБ-комплекса «Квazar-КВО» [3].

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ, СОЛНЦА И ЛУНЫ СЕРИИ ЕРМ

Эфемериды – таблица небесных координат Солнца, Луны, планет и других объектов и параметров, вычисленных через равные промежутки времени.

Вычисление эфемерид планет, Солнца, Луны, астероидов и комет является достаточно сложной задачей, в которой надо учитывать не только гравитационное взаимодействие небесных тел,

включая возмущение от наиболее крупных астероидов, но и релятивистские эффекты, влияние сжатия Солнца и других факторов. Решение этой задачи требует много машинного времени и ресурсов.

Создание особых таблиц, в которых на гринвичскую полночь через каждые сутки на интервале в несколько тысяч лет заранее вычислены координаты планет, Солнца, Луны, нутационное движение полюса Земли, поправка времени и другие параметры, существенно упрощает эту задачу.

В ИПА РАН в настоящее время разработана единственная отечественная и одна из трех в мире эфемеридных теорий – эфемериды серии EPM. Помимо EPM в астрономии широко используются также серии DE (JPL, США) и INPOP (IMCCE, Франция).

Эфемериды EPM (*Ephemeris of Planets and the Moon*) включают высокоточные орбиты планет Солнечной системы, Солнца, Луны, трех крупнейших астероидов (Церера, Паллада, Веста) и четырех транснептуновых объектов (Эрида, Макемаке, Хаумеа, Седна). Кроме того, в EPM включена эфемерида физической либрации Луны и разность динамического и земного времени TT-TDB.

Эфемериды EPM охватывают интервал времени более 400 лет (1787–2214 гг.).

Последняя созданная версия эфемерид – EPM2021. Вместе с ней выпущена «долгая» версия EPM2021H, аналогичная EPM2021, но покрывающая интервал времени более 30000 лет (13199 BC – AD 17191) [4].

Эфемериды EPM, в частности EPM2011/m, используются в качестве эфемеридной основы для подготовки астрономических ежегодников.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЕЖЕГОДНИКИ

В **«Астрономическом ежегоднике» (АЕ)** публикуются эфемериды Солнца, Луны, больших планет и звезд, вычисленные в соответствии со стандартами, утвержденными Международным астрономическим союзом (МАС) [5].

В АЕ приводятся звездное время, барицентрические положение и скорость Земли, матрицы прецессии и нутации, редукционные величины, оскулирующие элементы орбит больших планет и данные, необходимые для физических наблюдений Солнца, Луны, больших планет и колец Сатурна.

При вычислении эфемерид звезд использовались каталоги FK6 и HIPPARCOS. Наряду со средними местами звезд на десятидневном интервале приводятся видимые места 732 звезд и ежедневные видимые места 47 близполюсных звезд. Приводятся таблицы для определения широты по наблюдениям Полярной звезды и таблицы ее высот и азимутов.

В АЕ приводятся также данные о фазах Луны, планетарных конфигурациях, покрытиях планет Луной, восходах и заходах Солнца и Луны для северных широт от 30 до 70 градусов.

АЕ содержит сведения о затмениях Луны и Солнца, прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца, включая таблицу местных обстоятельств затмения для городов России и стран ближнего зарубежья, а также для некоторых обсерваторий мира. Для лунных затмений и прохождений планет по диску Солнца приводятся общие обстоятельства явления.

Точность публикуемых геоцентрических координат планет и звезд составляет 0."01. Издается с 1922 г.

«Морской астрономический ежегодник» (МАЕ) (оригинал-макет) подготавливается в ИПА РАН по заказу Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны. МАЕ предназначен для решения задач морской астронавигации:

1. Определения места судна в море: днем – по наблюдениям Солнца и в сумерках – по звездам (когда одновременно видны и звезды, и горизонт).
2. Определения поправки компаса. Поправка компаса в открытом море определяется только астрономическими методами.

В МАЕ приводятся ежедневные таблицы, включающие данные для вычисления местных часовых углов и склонений Солнца, Луны, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, а также 160 звезд на любой момент времени и другие данные. С помощью МАЕ можно получить моменты восходов, заходов, кульминаций светил, сумерек, фазы Луны и азимуты верхнего края Солнца на восходе (заходе). Эфемериды даны с точностью до 0.'1. Издается с 1930 г. [6].

Двухлетний **«Морской астрономический альманах» (МАА-2)** выпускается в ИПА РАН и так же, как и МАЕ, предназначен для решения задач морской астронавигации. МАА-2 содержит практически ту же информацию, за исключением данных о восходах и заходах Луны, которые существенно модифицированы. Точность эфемерид 0.'1. Издается с 2001 г. (первый выпуск на 2002–2003 гг.) [7].

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАЛЫХ ПЛАНЕТ И КОМЕТ

Оптические наблюдения астероидов и кометотягощены ошибками (дрожание земной атмосферы, дефекты оптики и т. д.). Поэтому, когда на основе наблюдений строится орбита объекта, ее элементы тоже определяются с ошибками. Увеличение количества качественных наблюдений приводит к уточнению орбиты. Тем не менее при вычислении положения астероида на заданный момент времени получается не точка, а область вероятности, рядом с которой или даже внутри может оказаться Земля. Вычисление обстоятельств сближения или вероятности столкновения является одной из задач в области исследования динамики малых планет и комет. И эта задача достаточно сложна: аналитические методы быстры, но применимы только на небольших интервалах времени, а вычислительные методы более надежны, но требуют много машинного времени.

Астероиды с перигельными расстояниями, меньшими 1,3 а. е., называются астероидами, сближающимися с Землей (АСЗ). Именно они могут нести угрозу Земле. На сегодняшний день их открыто около 40 тысяч. Данные по всем астероидам и кометам собирает и обрабатывает Центр малых планет (США). В ИПА РАН также ведется работа по сбору и обработке всех имеющихся наблюдений малых планет.

Для эффективной работы по оценке астероидной опасности необходим собственный удобный каталог астероидов, в частности, каталог АСЗ. Совершенствование каталога АСЗ и автоматизация его обновления по циркулярам Центра малых планет также является важной научной задачей.

Кроме того, в ИПА РАН проводятся и другие исследования в области динамики малых планет и комет: уточнение динамических и физических параметров астероидов и комет, разработка новых, более полных моделей негравитационных эффектов, действующих на кометные ядра, изучение динамики пылевой материи в голове кометы и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИПА РАН является динамично развивающейся организацией. Материально-техническая база обсерваторий регулярно модернизируется, а методы обработки наблюдений совершен-

ствуются. В недалеком будущем планируется расширение радиointерферометрической сети «Квазар-КВО» путем введения в эксплуатацию радиотелескопа РТ-13 в Уссурийском отделе ИПА РАН. Ожидается, что точность определения параметров вращения Земли должна возрасти примерно на 20 %.

Новые технологические возможности, такие как развитие компьютерных технологий, внедрение искусственного интеллекта, появление современных языков программирования, открывают огромные перспективы в решении широкого спектра научных задач, в частности в плане автоматизации выпуска астрономических ежегодников и каталогизации астероидов и комет.

Список литературы

1. *Ипатов А. В., Шуйгина Н. В.* Институту прикладной астрономии Российской академии наук – 25 лет // История науки и техники. – 2013. – № 3. – С. 3–8.
2. *Ипатов А. В.* Радиointерферометр нового поколения для фундаментальных и прикладных исследований // Успехи физических наук. – 2013. – № 183. – С. 769–777.
3. *Гаязов И. С., Ипатов А. В., Смоленцев С. Г.* Колокация средств наблюдений методами космической геодезии на обсерваториях РСДБ-комплекса «Квазар-КВО» // История науки и техники. – 2013. – № 3. – С. 18–27.
4. *Кан М. О., Ягудина Э. И.* Параметры эфемериды Луны ЕРМ2021а // Труды ИПА РАН. – 2021. – Вып. 56. – С. 32–38.
5. *Железнов Н. Б.* (отв. ред.) Астрономический ежегодник на 2026 год // СПб.: ИПА РАН, 2025. – 691 с.
6. *Лукашова М. В.* (отв. ред.) Морской астрономический ежегодник на 2026 год. // СПб: ИПА РАН, УНиО, 2025. – 336 с.
7. *Космодамианский Г. А.* (отв. ред.) Морской астрономический альманах на 2025–2026 гг. // СПб.: ИПА РАН, 2024. – 390 с.

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

 **А. В. Кузнецов**



Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова

Аннотация. Обозначены две острые проблемы фундаментальной физики, проявившиеся в последние десятилетия: существование темной материи и темной энергии. Обсуждается важная роль различных детекторов, размещаемых на космических аппаратах, для исследований на сверхмалых и сверхбольших масштабах. Дано краткое описание космофизических экспериментов по детектированию космических частиц высоких энергий: PAMELA (завершенный), AMS-02 (действующий) и ГАММА-400 (планируемый).

Ключевые слова: темная материя, темная энергия, детекторы.

SPACE EXPLORATION AND FUNDAMENTAL PHYSICS

 **A. Kuznetsov**



Demidov Yaroslavl State University

Annotation. Two acute problems in fundamental physics that have emerged in recent decades are outlined: the existence of dark matter and dark energy. The important role of various spacecraft-based detectors for research on ultra-small and ultra-large scales is discussed. A brief description of the cosmophysics experiments for detecting high-energy cosmic particles is given: PAMELA (completed), AMS-02 (operational), and GAMMA-400 (planned).

Keywords: dark matter, dark energy, detectors.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение фундаментальных законов естественных наук, и прежде всего физики как их безусловной основы, к концу XX века оформилось в наиболее наглядном виде как концепция «Оуроборос» (или «Уроборос»). Эта картина была создана выдающимся американским физиком с российскими корнями Шелдоном Ли Глэшоу (фамилия отца – Глуховской), лауреатом Нобелевской премии по физике 1979 г. за вклад в создание Стандартной модели элементарных частиц. Рисунок «Оуроборос» в виде змеи, глотающей собственный хвост, который встречается в средневековых философских трактатах как символ вечности и взаимосвязи всего сущего, по мысли Глэшоу, может изображать картину естествознания, если перемещаться по кольцу, скачками изменяя масштаб объектов [1, с. 131].

Однако вскоре картина радикально изменилась. Оказалось, что в панораму естествознания необходимо добавить два новых звена, которые при количественном сопоставлении превышают в разы все, что мы знали до этих пор.

ОСТРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ: ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ, ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

По-видимому, рубежом, после которого к большинству людей, занимающихся фундаментальными вопросами физики, пришло осознание неизбежности рассмотрения этих двух новых субстанций во Вселенной, следует считать 1998 год. Ключевым астрономическим объектом оказалась сверхновая типа *Ia*, которая представляет собой термоядерный взрыв белого карлика массой около полутора солнечных масс из-за потери гидростатической устойчивости. Сверхновые типа *Ia* имеют наиболее универсальные характеристики, поэтому получили название «стандартные космологические свечи». Именно наблюдения за ними, выполненные С. Перлмуттером, Б. П. Шмидтом и А. Дж. Риссом, которые привели к выводу об ускорении расширения Вселенной, отмеченному Нобелевскими премиями 2011 года [2–4], вероятно, оказались поворотным пунктом к новой физике. Между тем первые указания на существование темной материи относятся к 20–30-м годам XX века, в то время как предтечей темной энергии, введенной, а затем забракованной еще Эйнштейном, была космологическая

постоянная Λ (лямбда), осознание необходимости своеобразного возврата к которой пришло к началу 1990-х годов [5, с. 24–51].

На основе данных космической обсерватории «Планк» в 2013 г. был сформулирован следующий вывод [6]: стандартная модель описывает только 4,9 % наблюдаемой Вселенной, куда входит вся известная материя, включая звезды и межгалактический газ. Эти 4,9 % принято еще называть «светящимся» веществом. А остальные 95,1 % плотности энергии Вселенной вполне можно назвать *terra incognita*. Оценки дают, что 26,8 % – это темная материя, 68,3 % – темная энергия. В популярной форме можно познакомиться с этими новыми субстанциями в уже упомянутом источнике [5, с. 24–51].

Приведем здесь основные факты, указывающие на необходимость существования темной материи.

1. Неубывание скорости вращения периферийных звезд оказалось не аномалией, а типичной ситуацией в мире галактик.
2. При исследовании движения спутников галактик и близко расположенных шаровых скоплений было подтверждено, что общая масса каждой галактики в несколько раз превышает суммарную массу ее звезд.
3. При изучении движения в системах двойных галактик и в галактических скоплениях оказалось, что в этих масштабах доля темной материи намного выше, чем внутри галактик.
4. Звездная масса эллиптических галактик, согласно расчетам, недостаточна для удержания входящего в галактику горячего газа, если не учесть темную материю.
5. Оценка массы скоплений галактик, осуществляющих гравитационное линзирование, указывает на необходимость включения вклада темной материи.

Следует заметить, что термин «темная материя» не является общепринятым, некоторые авторы предпочитают название «скрытая масса». Пока ее единственным наблюдаемым проявлением является гравитационное воздействие. Картина выглядит так, что каждая галактика находится в центральной области сферически симметричного облака – гало – из темной материи, которое в разы превышает «светящуюся» галактику как по размерам, так и по массе. В качестве основной рассматривается модель CDM (*Cold Dark Matter* – холодная темная материя), носителями которой являются так называемые вимпы (*WIMPs* – *weakly interacting*

massive particles, слабо взаимодействующие массивные частицы). Существует большое число расширений Стандартной модели элементарных частиц, где предсказывается существование таких массивных частиц, и ни одной из этих моделей пока нельзя отдать предпочтение. Важное требование к ним, которое непросто выполнить: эти частицы должны быть стабильными или почти стабильными. А в связи с этим имеется также уже не требование, а пожелание: для того чтобы вимпы можно было зарегистрировать в эксперименте, они должны участвовать не только в гравитационном взаимодействии.

В отличие от темной материи, где можно говорить уже не о проблеме, а о задаче поиска вимпов и установления соответствующей модели, ситуация с темной энергией выглядит существенно сложнее. Перечисленные ниже данные наблюдений сверхдальнего космоса однозначно указывают, что специфическая среда, называемая темной энергией, обладает отрицательным давлением, то есть имеет свойства антигравитации. Отсюда следует, что, в отличие от обычной и темной материи, темная энергия не может образовывать сгустки и имеет постоянную во всей Вселенной плотность. По-видимому, кроме наблюдений сверхдальнего космоса, никаких проявлений темной энергии, например в ближнем космосе и тем более в лаборатории, увидеть не удастся. Хотя этот вопрос и является предметом дискуссий [7, 8].

Итак, приведем основные факты, указывающие на необходимость существования темной энергии.

1. Наблюдения за сверхновыми типа *Ia* привели в 1998 г. к выводу об ускорении расширения Вселенной, что естественно объясняется воздействием темной энергии.
2. Данные миссий WMAP и Planck по измерению неоднородностей реликтового излучения (*CMB – cosmic microwave background*) позволили с высокой точностью измерить угловой размер флуктуаций температуры в реликтовом излучении, который теоретически предсказуем. Если бы Вселенная была искривленной, эти пятна казались бы нам больше или меньше из-за линзирования самого пространства. Измерения показали, что Вселенная «плоская» с точностью до 0,4 %. Для такой геометрии общая плотность энергии должна соответствовать критической. Однако плотность видимой и темной материи составляет лишь около 30 %. Оставшиеся ~70 % приходятся на «недостающую» энергию, которой и является темная энергия.

3. Барионные акустические осцилляции (BAO), связанные с данными по крупномасштабному распределению галактик, также указывают на необходимость существования темной энергии. В ранней Вселенной (первые 380 000 лет) барионная материя и излучение были тесно связаны. Звуковые волны, рожденные гравитационным сжатием и давлением излучения, распространялись в этой среде. Когда Вселенная остыла, эти волны «застыли» в виде гигантских пузырей радиусом около 500 миллионов световых лет, вдоль границ которых позже образовалось больше галактик. Если измерить расстояния между миллионами галактик сегодня, мы увидим этот характерный масштаб (пик в распределении). Поскольку мы точно знаем теоретический размер этой «линейки» (рассчитанный по реликтовому излучению), мы можем сравнить ее видимый угловой размер на разных расстояниях (красных смещениях). Наблюдения за BAO показывают, что по мере приближения к современности эта «линейка» отдаляется от нас быстрее, чем если бы Вселенная состояла только из обычной материи.

Современная стандартная космологическая модель, которая наиболее просто и точно описывает эволюцию Вселенной от Большого взрыва до наших дней и согласуется с тремя главными столпами астрономии – реликтовым излучением, барионными акустическими осцилляциями и данными по сверхновым, – называется Λ CDM (*Lambda-Cold Dark Matter* – лямбда-холодная темная материя).

Однако последние данные (март 2025 года) коллаборации DESI (*Dark Energy Spectroscopic Instrument*), основанные на трехмерной карте 15 миллионов галактик, указывают на то, что темная энергия, ускоряющая расширение Вселенной, может быть не постоянной, а меняется (уменьшается) со временем, что ставит под сомнение стандартную космологическую модель Λ CDM. Вероятно, самое интересное еще впереди.

ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА НА СВЕРХМАЛОЕ И СВЕРХБОЛЬШОЕ

Физика элементарных частиц – это по большей части физика сверхмалых расстояний, на которые нужно сблизить частицы, чтобы произошло взаимодействие. А для этого нужно разогнать

частицы до больших энергий. Начиная с 1930-х годов прогресс в экспериментальной физике частиц, иначе называемой физикой высоких энергий, был обусловлен созданием все более мощных ускорителей. Начало было положено первым циклотроном Э. Лоуренса радиусом несколько сантиметров, ускорявшим протоны до энергии 1 МэВ. На данный момент рекордным является Большой адронный коллайдер с длиной кольца 27 километров и суммарной энергией сталкивающихся протонов 13,6 ТэВ в системе центра масс. Заметим, что энергия протонов космических лучей примерно на 7 порядков, то есть в 10 миллионов раз, может превышать максимальные энергии, достигнутые на ускорителях. Таким образом, задачу ускорения космических протонов решают взрывы сверхновых и активные галактические ядра, и ученым остается задача регистрации, которая имеет в физике космических лучей свои трудности.

Особую роль в исследованиях в области фундаментальной физики играют эксперименты, детекторы которых размещены на орбитальных космических станциях и предназначены для регистрации элементарных частиц космических лучей высоких энергий. Детектирование таких частиц – к ним прежде всего относятся электроны и позитроны, протоны и антипротоны, а также более тяжелые ядра, вплоть до никеля – в наземных или баллонных экспериментах сильно затруднено из-за влияния земной атмосферы. Тем не менее мы помним, что именно в баллонных экспериментах были открыты космические антипротоны (Э. А. Богомолов, Р. Л. Голден, 1979).

В следующем разделе мы рассмотрим более подробно космофизические эксперименты, нацеленные в основном на задачи физики элементарных частиц. А пока поговорим об исследованиях ближнего, дальнего и сверхдальнего космоса.

В ближнем космосе наиболее интересным астрономическим объектом, безусловно, является ближайшая к нам звезда Солнце. Важную информацию о процессах на его поверхности, особенно в периоды активности, дают «портреты» Солнца в ультрафиолетовом диапазоне с последующим построением изображений в псевдоцветах. Этот метод визуализации используется для отображения в видимых цветах информации, записанной в разных частях электромагнитного спектра (включая как видимую, так и невидимую его части). На таких снимках, полученных сначала спутниками SOHO и TRACE, а позднее и другими спутниками, хорошо видна солнечная корона с линиями магнитного поля. Спутник SOHO (*Solar and*

Heliospheric Observatory – Солнечная и гелиосферная обсерватория) – совместный проект Европейского космического агентства (ЕКА) и Национального агентства по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) – запущен и выведен в точку Лагранжа L_1 системы Земля – Солнце в декабре 1995 г. для наблюдения Солнца в ультрафиолете и находится в работе с мая 1996 г. Спутник TRACE (*Transition Region And Coronal Explorer* – Исследователь переходной зоны и солнечной короны) – был запущен НАСА в апреле 1998 г. на полярную орбиту для наблюдения Солнца с высоким пространственным разрешением в ультрафиолете, последнее изображение получено в 2010 г.

Наблюдениями в дальнем космосе, то есть в пределах Галактики Млечный Путь, занимается большое число спутниковых лабораторий, исследующих звезды и туманности как в видимом, так и в более широком диапазоне электромагнитного излучения, с последующим преобразованием в интервал псевдоцветов. По-видимому, бриллиантом в ожерелье космических аппаратов является автоматическая обсерватория (телескоп) на орбите Земли «Хаббл» (HST), названная в честь американского астронома Эдвина Хаббла. «Хаббл» – совместный проект НАСА и ЕКА – был запущен 24 апреля 1990 года, планируемая дата схода с орбиты – после 2030 года. Волновой диапазон телескопа «Хаббл»: 0,11–2,4 мкм (ультрафиолетовый, видимый, инфракрасный). Поскольку отсутствует влияние атмосферы, разрешающая способность в 7–10 раз больше, чем у аналогичного телескопа, расположенного на Земле.

Работа телескопа «Хаббл» известна в основном благодаря большому числу замечательных изображений туманностей. Перечислим здесь его важнейшие результаты для фундаментальной физики.

- При помощи измерения расстояний до цефеид в Скоплении Девы уточнено значение постоянной Хаббла. Погрешность от 50 % снижена до 1,3 %.
- Частично подтверждена теория о сверхмассивных черных дырах в центрах галактик; гипотеза о связи масс черных дыр и свойств галактик.
- Сравнение двух участков, расположенных в разных частях неба, подтвердило гипотезу об изотропности Вселенной.
- По результатам наблюдений квазаров получена современная космологическая модель Вселенной, расширяющейся с ускорением, заполненной темной энергией, и уточнен возраст Вселенной – 13,7 млрд лет.

Рассказ о работе телескопа «Хаббл» завершается новым ярким событием: в статье [9] (ноябрь 2025 г.) сообщается, что по результатам наблюдений за туманностью Cloud-9 телескопами FAST и «Хаббл» найдена первая галактика из темной материи, без звезд.

Выше уже отмечалась решающая роль наблюдений в сверхдальнем космосе, а именно, микроволновых обзоров неба, в выявлении острых проблем фундаментальной физики. Данные по реликтовому излучению, полученные космическими миссиями WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 2001–2010, НАСА) и «Planck» (2009–2013, ЕКА), явились важнейшим указанием на необходимость введения темной энергии.

Наконец, как пример еще одного типа наблюдений за сверхдальним космосом, укажем планируемый проект LISA (*Laser Interferometer Space Antenna* – космическая лазерная интерферометрическая антенна, ЕКА). Эта космическая гравитационно-волновая лаборатория будет включать три аппарата, расположенные в вершинах правильного треугольника. Каждые две стороны этого треугольника длиной 2,5 миллиона километров будут образовывать плечи гигантского интерферометра Майкельсона. Целью данного масштабного проекта космического детектора является прямая регистрация гравитационных волн с параметрами, далеко выходящими за возможности наземных детекторов. Запуск запланирован на 2034 г.

КОСМОФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ PAMELA, AMS-02 И ГАММА-400

Далее мы ограничимся описанием трех известных космофизических экспериментов из их обширного списка, подробнее см., например, [10]: уже законченного эксперимента PAMELA, действующего AMS-02 и планируемого ГАММА-400.

ЭКСПЕРИМЕНТ PAMELA

Российско-итальянский эксперимент PAMELA [11] (*a Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics* – Полезная нагрузка для исследований антиматерии, материи и астрофизики легких ядер) был заключительным этапом проекта RIM (*Russian-Italian Mission*), согласованного в 1992 г. между несколькими итальянскими и российскими институтами и университетами,

с участием организаций из Швеции и Германии. Детектор PAMELA после нескольких лет сборки и согласований с Роскосмосом был размещен на российском спутнике «Ресурс-ДК № 1», выведенном на орбиту 15 июня 2006 года, и проработал почти 10 лет. С подробной историей эксперимента и деталями устройства детектора можно познакомиться в статье [12]. Руководителями эксперимента PAMELA были Аркадий Моисеевич Гальпер (05.02.1931 – 19.04.2023), профессор кафедры экспериментальной ядерной физики и космофизики, директор Института космофизики НИЯУ МИФИ, и Пьерджорджо Пикоцца (*Piergiorgio Picozza, University of Rome Tor Vergata, Professor Emeritus of Physics*).

В обзорном докладе А. М. Гальпера на Международной сессии-конференции секции ЯФ ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», г. Дубна (апрель 2016 г.) были представлены основные результаты эксперимента PAMELA, полученные впервые с уникальной точностью и имеющие большое значение для развития современной фундаментальной науки в области изучения Вселенной и физики высоких энергий.

Изучение свойств гипотетических частиц «темной» материи: измерено отношение потоков галактических позитронов к суммарному потоку электронов и позитронов в диапазоне энергий 1,5–300 ГэВ (аномальный эффект эксперимента «ПАМЕЛА»); измерено отношение потоков галактических антипротонов и протонов в диапазоне энергий от 0,08 до 350 ГэВ; измерены энергетические спектры галактических позитронов и антипротонов в указанных выше энергетических диапазонах.

Характеристики галактических космических лучей и проблема барионной асимметрии Вселенной: измерены энергетические спектры электронов и позитронов; измерены энергетические спектры протонов и легких ядер вплоть до углерода; установлен верхний предел на потоки антиядер тяжелее антипротонов в галактических космических лучах.

Солнечно-земные связи: измерены энергетические спектры протонов, ядер гелия, электронов и позитронов низких энергий (солнечная модуляция); измерены энергетические спектры протонов, ускоренных во время активных процессов на Солнце.

Физика радиационного пояса Земли: открыто существование захваченных антипротонов в радиационном поясе Земли и измерен их энергетический спектр в диапазоне энергий от 80 МэВ до 1 ГэВ; измерены энергетические спектры протонов в радиационном

поясе Земли в широком диапазоне геомагнитных широт в интервале энергий от 0,1 до 5 ГэВ.

Ярославский университет имени П. Г. Демидова совместно с Институтом космофизики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» в 2015–2017 гг. выполнял исследования по гранту Российского научного фонда «Изучение механизмов генерации античастиц в Галактике по данным международного космофизического эксперимента «ПАМЕЛА»». В октябре 2017 г. на базе ЯрГУ имени П. Г. Демидова прошло одно из ежегодных совещаний коллаборации PAMELA. Представленным на нем интересным результатом было сравнение предсказаний разработанной модели темной материи с данными по потоку космических позитронов, измеренному в эксперименте PAMELA. Хорошее согласие модели с экспериментальными данными наблюдается при массе частиц темной материи $M = 550$ ГэВ [13].

ЭКСПЕРИМЕНТ AMS-02

Детектор AMS-02 (*Alpha Magnetic Spectrometer*) размещен на Международной космической станции. Руководит проектом американский физик китайского происхождения Сэмюэл Тинг, лауреат Нобелевской премии по физике 1976 г. за открытие J/ψ -мезона. Первые результаты AMS-02, опубликованные в начале апреля 2013 г.: увеличение доли позитронов в космических лучах с ростом их энергии. Это стало независимым подтверждением результатов, полученных ранее экспериментом PAMELA (опубликованы в апреле 2009 г.) и телескопом «Ферми» (опубликованы в январе 2012 г.). В качестве возможных объяснений этого эффекта рассматриваются излучение пульсаров или аннигиляция гипотетических частиц темной материи – вимпов.

По сравнению с прибором PAMELA спектрометр AMS-02 имеет больший геометрический фактор, за счет чего быстрее набирает статистику, но из-за малого наклона орбиты и относительно небольшой высоты МКС прибор большую часть времени находится в областях с большими порогами геомагнитного обрезания, что не позволяет эффективно измерять потоки античастиц с жесткостями до ~ 20 ГВ.

ЭКСПЕРИМЕНТ ГАММА-400

Будущий космический гамма-телескоп ГАММА-400 [10] будет работать на борту российской астрофизической обсерватории на высокоэллиптической орбите в течение 7 лет, наблюдая за плоскостью Галактики, центром Галактики, пузырями Ферми, Крабовидной туманностью, сверхскоплением галактик в созвездии Парусов, гигантским молекулярным облаком Лебедь X, пульсаром Геминга, наконец, за Солнцем и другими объектами, а также измеряя потоки гамма-квантов и заряженных частиц космических лучей. Наблюдения будут проводиться в режиме точечного источника непрерывно в течение длительного времени (около 100 дней). ГАММА-400 будет измерять гамма-кванты в диапазоне энергий от примерно 20 МэВ до нескольких ТэВ, а космические электроны и позитроны – до нескольких десятков ТэВ. Прибор ГАММА-400 будет обладать очень хорошим угловым и энергетическим разрешением, высокой эффективностью отделения гамма-квантов от космического фона, а также электронов и позитронов от протонов. Главной особенностью ГАММА-400 является беспрецедентное угловое разрешение для энергий > 30 ГэВ, превосходящее космические и наземные гамма-телескопы в 5–10 раз. Наблюдения с помощью ГАММА-400 позволят фиксировать гамма-кванты от возможных аннигиляций или распадов частиц темной материи, идентифицировать множество дискретных источников, уточнить структуру протяженных источников, данные о спектрах космических электронов и позитронов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Две острые проблемы фундаментальной физики, проявившиеся в последние десятилетия, – существование темной материи и темной энергии – не имеют однозначного решения, при большом наборе моделей.
- Роль различных детекторов, размещаемых на космических аппаратах, в поиске частиц темной материи чрезвычайно важна и может оказаться решающей.
- Космофизические эксперименты по детектированию космических частиц высоких энергий: PAMELA (завершенный) и AMS-02 (действующий), открывший и подтвердивший «эффект Памелы», возможно, указывают на существование гипотетических частиц темной материи.

- Планируемый космофизический эксперимент ГАММА-400 (запуск сдвинут на 2030 год) может оказаться важным шагом в решении задач фундаментальной физики.

Автор выражает благодарность организаторам VII Международной научно-практической конференции «Чтения имени В. В. Терешковой» (Ярославль, 19–20 марта 2026 г.) за приглашение.

Список литературы

1. *Глэшоу Ш. Л.* Очарование физики. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
2. *Перлмуттер С.* Измерение ускорения космического расширения по сверхновым // *Успехи физических наук.* – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1060–1077.
3. *Шмидт Б. П.* Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далеких сверхновых // *Успехи физических наук.* – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1078–1089.
4. *Рисс А. Дж.* Мой путь к ускоряющейся Вселенной // *Успехи физических наук.* – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1090–1098.
5. *Штерн Б. Е., Рубаков В. А.* Астрофизика. Троицкий вариант. – М.: АСТ, 2020.
6. Planck Collaboration: Ade P.A.R., Aghanim N., Alves M.I.R. et al. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results // *Astronomy & Astrophysics.* – 2014. – V. 571, No. A1. – P. 1–48.
7. *Чернин А. Д.* Темная энергия и всемирное антитяготение // *Успехи физических наук.* – 2008. – Т. 178, № 3. – С. 267–300.
8. *Лукаш В. Н., Рубаков В. А.* Темная энергия: мифы и реальность // *Успехи физических наук.* – 2008. – Т. 178, № 3. – С. 301–308.
9. *Anand G. S., Benítez-Llambay A., Beaton R. et al.* The first RELHIC? Cloud-9 is a starless gas cloud // *Astrophysical Journal Letters.* – 2025. – V. 993. – P. L55 (1–7).
10. *Topchiev N. P., Galper A. M., Arkhangel'skaja I. V. et al.* Gamma and cosmic-ray observations with the GAMMA-400 gamma-ray telescope // *Advances in Space Research.* – 2022. – V. 70. – P. 2773–2793.
11. *Adriani O., Barbarino G. C., Bazilevskaya G. A. et al.* The PAMELA mission: Heralding a new era in precision cosmic ray physics // *Physics Reports.* – 2014. – V. 544. – P. 323–370.

12. *Galper A., Spillantini P.* Ten years of CR physics with PAMELA
// *Physics of Particles and Nuclei*. – 2017. – V. 48, No. 5. – P. 710–719.
13. *Belotsky K. M., Budaev R. I., Kirillov A. A., Laletin M. N.* Fermi-LAT kills dark matter interpretations of AMS-02 data. Or not?
// *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. – 2017. – V. 2017, No. 01. – P. 012 (1–12).

ЗАПАХИ КОСМОСА: ФИЗИОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ И НАУЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

 **Е. Ю. Онуфриенко, А. Ю. Онуфриенко**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»

Аннотация. В докладе исследуется феномен обонятельных ощущений в условиях космического полета. Рассматриваются физиологические изменения восприятия запахов в невесомости: отек слизистых оболочек, притупление обоняния, адаптация организма. Приводятся описания реальных запахов открытого космоса, поверхности Луны и интерьера МКС, зафиксированные космонавтами. Отдельное внимание уделяется данным автоматических межпланетных станций о химическом составе атмосфер комет, спутников планет и межзвездных облаков. Анализируется роль запахов в психологической адаптации человека к длительной изоляции в контексте будущих межпланетных миссий. Работа носит междисциплинарный характер, объединяя физиологию, астрохимию и космическую психологию.


Ключевые слова: обоняние, космическая медицина, МКС, астрохимия, сенсорная депривация.

37

SMELLS OF SPACE: PHYSIOLOGY OF PERCEPTION AND ITS SCIENTIFIC SIGNIFICANCE

 **E. Onufrienko**

 **A. Onufrienko**

 Yu. A. Gagarin Cosmonaut Training Center

Annotation. The report examines the phenomenon of olfactory sensations during spaceflight. It considers the physiological changes in odor perception in microgravity: edema of the mucous membranes, diminished sense of smell, and the body's adaptation. Descriptions

of real odors from open space, the lunar surface, and the interior of the ISS, as recorded by cosmonauts, are provided. Special attention is given to data from automatic interplanetary stations regarding the chemical composition of the atmospheres of comets, planetary satellites, and interstellar clouds. The role of smells in human psychological adaptation to long-term isolation in the context of future interplanetary missions is analyzed. The work is interdisciplinary, combining physiology, astrochemistry, and space psychology.

Keywords: olfaction, space medicine, ISS, astrochemistry, sensory deprivation.

ВВЕДЕНИЕ

Когда мы говорим о пилотируемой космонавтике, воображение чаще всего рисует мощные ракеты, устремляющиеся в небо, сложные инженерные конструкции космических кораблей, умные скафандры, защищающие человека в безжизненном вакууме, и бесконечные ряды приборов на пультах управления. А когда речь заходит о научных докладах на космическую тематику, мы привыкли ожидать серьезных технических расчетов, описания экспериментов или глубокого анализа исторических событий.

И действительно, за десятилетия освоения космоса накоплен колоссальный объем знаний именно в этих областях. Мы научились строить корабли, выводить их на орбиту, стыковаться, работать в открытом космосе. Мы знаем, как защитить человека от радиации и перегрузок, как обеспечить его кислородом и водой. Но есть одна тема, которая остается словно в тени этих грандиозных достижений. Это тема самого человека – не как биологического объекта или элемента в сложной системе, а как личности, обладающей чувствами, эмоциями и ощущениями.

Задумывались ли вы когда-нибудь, как самые обычные, казалось бы, безобидные мелочи – привычный утренний запах кофе, знакомая текстура полотенца после душа, аромат скошенной травы или просто тишина за окном – влияют на наше настроение, мысли, работоспособность? На Земле мы редко придаем этому значение. Но что происходит, когда человек оказывается в полной изоляции, в замкнутом пространстве, где нет ни смены времен года, ни ветра, ни дождя, ни привычных запахов?

Любое изменение привычного уклада жизни, любое лишение того, что мы даже не замечаем в повседневности, способно дать сбой в отлаженной системе человеческого организма и психики. Космонавты – люди с колоссальной психологической устойчивостью и профессиональной подготовкой. Но и они остаются людьми. И для них, как и для любого из нас, важны эти, на первый взгляд, незначительные детали.

В этом докладе мы поговорим об одной из таких «незаметных», но важных тем – о запахах. О том, как меняется обоняние человека в невесомости, чем пахнет космос и другие небесные тела, и почему понимание этих вопросов может оказаться критически важным для будущих длительных межпланетных путешествий. Потому что космонавтика будущего – это не только про скорость и мощность двигателей, но и про то, как сохранить человека человеком вдали от дома.

КАК НЕВЕСОМОСТЬ МЕНЯЕТ ОБОНЯНИЕ

Когда человек попадает на орбиту, его тело начинает жить по новым законам. Привычная земная гравитация исчезает, и все, что было нормой, перестраивается. Кровь, которая на Земле под действием силы тяжести равномерно распределяется по телу, в невесомости устремляется вверх – к голове. Космонавты называют это состояние «синдромом опухшей головы». Лицо становится одутловатым, сосуды расширяются, слизистые оболочки отекают.

И здесь происходит первая встреча с тем, о чем мы редко задумываемся на Земле: запахи перестают быть такими, как раньше.

Отечность слизистой носа приводит к тому, что обоняние притупляется. Не исчезает совсем, но заметно слабеет. Российские ученые из Института медико-биологических проблем РАН проводили эксперименты, в которых космонавты оценивали знакомые запахи – ванилин, лимон, кофе – до полета, на орбите и после возвращения. Результаты показали: на станции запахи цитрусовых и цветочных нот воспринимаются как менее насыщенные, словно их завернули в вату. А вот острые и пряные ароматы, наоборот, пробиваются сквозь эту вату ярче.

Из этого следует простой, но важный для космического быта вывод: еда на орбите кажется пресной. Космонавты шутят, что на МКС невозможно понять, ешь ты курицу или рыбу, если не смотреть в маркировку. Поэтому в рацион включают много острых соусов,

хрена, горчицы, перца. Это не баловство и не попытка разнообразить меню. Это необходимость. Если еда не ощущается, человек ест меньше. Если человек ест меньше, он теряет вес, слабеет, хуже работает. В замкнутом пространстве, где каждый член экипажа должен быть в форме, такие мелочи становятся критическими.

Но интересно другое. Через некоторое время – примерно через неделю-две – организм адаптируется. Космонавты перестают замечать отечность, и обоняние как будто возвращается. Однако приборы фиксируют, что порог восприятия некоторых запахов остается измененным до самого возвращения на Землю. То есть человек привыкает жить в новой реальности, но реальность эта уже не та, что была дома.

И здесь мы подходим к важному вопросу: если так меняется восприятие привычных земных запахов, то как пахнет сам космос? То, что человек привозит с собой на станцию? То, с чем он сталкивается, выходя за ее пределы?

ЧЕМ ПАХНЕТ КОСМОС

Мы уже знаем, как невесомость меняет человеческий нос. Но главный вопрос: а что, собственно, этот нос чувствует? Чем пахнет место, которое становится для космонавтов домом на длительное время? И есть ли запах там, за бортом, где, казалось бы, ничего нет и быть не может?

Начнем с самого близкого – с самой станции.

Международная космическая станция пахнет... жизнью. Только жизнь эта техническая. Когда космонавты впервые попадают на борт, их встречает устойчивый «технический» запах – смесь работающих приборов, пластика, смазочных материалов и сухого воздуха, который гоняют системы регенерации. Кто-то сравнивает его с новым автомобилем. Кто-то говорит, что это похоже на гараж, в котором забыли продукты. А кто-то просто пожимает плечами: ну, пахнет станцией, и все тут.

Герой России Андрей Борисенко, который провел на орбите не один месяц, описывает это так: «Вот знаете, такая смесь запахов пластика, каких-то смазочных средств. Технический такой запах. Но хочу сказать, что он не острый, не сильный, а ощутимый, но не так, чтобы он мешал».

И здесь кроется главная особенность: к этому запаху быстро привыкаешь. Борисенко уточняет: уже через десять минут после

того, как открыли люк между кораблем и станцией, ты перестаешь его замечать. Нос адаптируется, мозг отключает сигнал «это новое», и станция становится просто домом. По-настоящему снова чувствуешь этот аромат, только когда возвращаешься на МКС после долгого перерыва.

Но самый интересный запах приходит снаружи.

Когда космонавты возвращаются из открытого космоса и заходят в шлюзовую отсек, происходит маленькое чудо. Как только давление выравнивается и они снимают шлемы, в модуль врывается запах, который ни с чем не спутаешь. Запах самого космоса.

Космонавты описывают его удивительно похоже: жженный металл, сварочный дым, раскаленное железо, горелое мясо. Астронавт Дон Петтит называл его «приятным сладковатым запахом сварки», который напоминал ему студенческие годы, когда он работал с дугowymi сварщиками. Другие сравнивают с запахом подгоревшего бифштекса или недавно взорвавшегося пороха. Российский космонавт Сергей Рязанский говорит прямо: «Это очень специфический запах металлической сварки, его ни с чем не спутаешь». А Павел Виноградов добавляет: «Это больше похоже на озоновый запах. Чистый, как будто гроза прошла».

На МКС даже проводились шуточные эксперименты: космонавты передавали друг другу перчатки после выхода в открытый космос, чтобы каждый мог подтвердить – запах есть, и он странный, резкий, но узнаваемый. Удивительно, но при смене экипажей описания оставались почти одинаковыми. Почему так происходит? Ведь космос – вакуум, там нечему пахнуть.

Объяснение красивое и научное одновременно. На высоте, где летает МКС, под воздействием жесткого ультрафиолета обычные молекулы кислорода распадаются на отдельные атомы. Этот атомарный кислород – вещество крайне активное. Он «прилипает» к скафандрам, инструментам, стенкам шлюзового отсека. А когда космонавты возвращаются внутрь и давление выравнивается, этот кислород вступает в реакцию с воздухом станции, с частичками материалов скафандра, с микроскопическими загрязнениями. И рождается тот самый аромат – запах космоса, который люди приносят на своей одежде.

NASA настолько заинтересовалось этим феноменом, что еще много лет назад поручило химику Стиву Пирсу воссоздать запах космоса в лаборатории. Чтобы астронавты могли привыкать

к нему еще на Земле, во время тренировок. Представьте: тренеры, скафандры, инструкторы – и вдруг пахнет... космосом.

Есть у космонавтов и другой уникальный опыт – запах Луны.

Те, кто ходил по ее поверхности в рамках программы «Аполлон», рассказывают удивительную вещь. Лунная пыль, которую они приносили в модуль на скафандрах и инструментах, пахла порохом. Астронавт Чарльз Дьюк, который провел на Луне 71 час, рассказывал, что лунная пыль не только пахнет порохом, она и на вкус его напоминает. Джин Сернан, участник следующей миссии, заядлый стрелок, сказал так: «Тут как будто из карабина только что выстрелили».

И это при том, что по химическому составу лунный реголит – это измельченный камень, оксид кремния, железо, магний, ничего общего с порохом не имеющие.

Загадка объясняется примерно той же историей, что и с запахом космоса. Лунная поверхность миллиарды лет бомбардируется микрометеоритами и пронизывается солнечным ветром. На частицах пыли образуются свободные химические связи, которым не терпится с чем-нибудь соединиться. Когда пыль попадает в кислородную и влажную среду корабля, эти связи вступают в реакцию с воздухом и создают тот самый запах пороха. На Земле тот же самый грунт ничем не пахнет – он уже «надышался» и успокоился.

Интересно, что после возвращения домой многие космонавты начинали острее чувствовать то, чего лишены на орбите. Хелен Шармен, первая британская астронавт, побывавшая на станции «Мир», вспоминала: «В космосе нет погоды – ни дождя на лице, ни ветра в волосах. Я ценю все это гораздо больше по сей день». И запахи – часть этого огромного сенсорного мира, который мы перестаем замечать на Земле и по которому начинаем скучать в космосе.

Запах – одно из самых древних чувств. Мозг обрабатывает его напрямую, минуя аналитические центры, сразу попадая в эмоции. Возможно, именно поэтому воспоминания о запахе космоса такие яркие. Они фиксируются на подсознательном уровне: ты вышел за пределы Земли.

Так что станция пахнет техникой и жизнью. Космос пахнет сваркой и жареным мясом. Луна – порохом. А чем пахнут другие миры – это уже совсем другая история.

ЧЕМ ПАХНУТ ДРУГИЕ МИРЫ

Мы уже знаем, чем пахнет космос рядом с человеком – станцией, скафандрами, Луной. Но что там, далеко? Запах – это ведь не просто ощущение. Это химия. А химия не врет. Если приборы находят в атмосфере кометы сероводород или аммиак, мы можем сказать: если бы человек мог это понюхать, он бы почувствовал то-то. Конечно, с поправкой на то, что в космосе никто шлем не снимает. Но ученые умеют считать.

Начнем с кометы, которую знают все, кто хоть немного интересуется космосом, – с кометы Чурюмова – Герасименко.

В 2014 году европейский зонд «Розетта» вышел на орбиту вокруг этой кометы и отправил к ней спускаемый аппарат «Филы». Но главное – масс-спектрометр ROSINA просто «понюхал» газы, которые комета выбрасывала в пространство. И то, что он нашел, ученые назвали «адской смесью».

Руководитель миссии Катрин Альтвегг описала это так: «Парфюм кометы 67P очень сильный. Сероводород – это запах тухлых яиц. Аммиак – конюшни. Формальдегид – едкий, удушливый. К этому добавляется цианистый водород – легкий флер горького миндаля, метанол – спиртовые нотки, диоксид серы – уксус, и сероуглерод – сладковатый аромат».

Позже ученые нашли на комете и другие пахучие молекулы: нафталин (тот самый, которым шарики от моли пахнут), бензальдегид (миндальный аромат, который используют в кулинарии) и даже формамид – вещество, которое помогает синтезировать аминокислоты.

Конечно, все это не значит, что комета реально «пахнет» в нашем смысле. Во-первых, там вакуум. Во-вторых, концентрации микроскопические. Но сам факт, что в космосе летают те же молекулы, которые на Земле создают запах миндаля или тухлых яиц, – это удивительно.

Теперь про Титан.

Спутник Сатурна Титан – единственное место в Солнечной системе, кроме Земли, где есть жидкость на поверхности. Только это не вода, а метан и этан. Они там льются дождем, текут реками и заполняют огромные озера.

Метан сам по себе запаха не имеет. Но в атмосфере Титана полно более тяжелых углеводородов. Например, бензола – у него сладковатый, «бензиновый» аромат. Есть там и аммиак, и циани-

стые соединения. Ученые NASA пытались воссоздать атмосферу Титана в лаборатории и подтвердили: да, это пахнет смесью бензина, растворителя и чего-то резкого. Если бы человек мог вдохнуть там воздух (что невозможно – там минус 180 и дышать нечем), он бы почувствовал себя на нефтеперерабатывающем заводе.

Марс – отдельная песня. Здесь все сложнее. Атмосфера Красной планеты на 95 % состоит из углекислого газа, он без запаха. Но данные марсоходов показывают, что марсианская почва богата серой, магнием, железом, хлором. Если эти вещества взаимодействуют с редкими следами воды или перекиси, могут выделяться сернистые соединения. Тот самый запах тухлых яиц.

Но вот нюанс. Аппарат EхоMars (совместный проект Европейского космического агентства и Роскосмоса) тщательно искал следы сероводорода в атмосфере Марса и почти ничего не нашел. Значит, если этот запах и есть, то он очень слабый и только у самой поверхности, возле каких-то определенных пород. Ученые осторожно говорят: «Возможно, в марсианском воздухе преобладает легкий запах сероводорода в сочетании со сладковатым запахом мела, но это не точно».

И наконец, самое красивое – центр нашей Галактики. В огромном молекулярном облаке Стрелец В2, которое находится в 27 тысячах световых лет от Земли, астрономы нашли молекулу этилформиата. На Земле именно это соединение отвечает за вкус малины и запах рома. Можно было бы сказать: «В центре Млечного Пути пахнет малиновым ромом». И это было бы правдой... почти.

На самом деле в том же облаке есть сероводород (тухлые яйца), угарный газ (без запаха, но смертельный), цианистые соединения и еще куча всего, что человек вдохнуть бы не захотел. Да и облако настолько разреженное, что никакой нос его не почувствует. Но сам факт: сложные органические молекулы, из которых состоит запах малины, летают в космосе за многие тысячи световых лет от нас. И это не поэзия, это данные спектроскопии.

Так что другие миры пахнут по-разному. Кометы – тухлыми яйцами и миндалем. Титан – бензином. Марс – если и пахнет, то слабой серой. А центр Галактики – малиной, которую никто никогда не понюхает. Но знать об этом почему-то очень важно.

ЗАЧЕМ НАМ ЭТО ЗНАТЬ

Мы поговорили о том, чем пахнут далекие миры. Но если задуматься, все это – и кометные газы, и марсианская сера, и малина в центре Галактики – лишь красивая наука. Интересно, но далеко. А есть вопросы, которые касаются человека здесь и сейчас. Точнее, там, на орбите.

Зачем вообще космонавтам нос? Ну, кроме того, чтобы дышать.

Оказывается, запахи в космосе – это не просто «приятный бонус» или повод для шуток про тухлые яйца. Это серьезный фактор, который влияет на самочувствие, работоспособность и даже психологическое состояние экипажа.

Вернемся на минуту к тому, с чего мы начинали. В невесомости у космонавтов отекают слизистые, еда кажется пресной, запахи притупляются. Но организм ко всему привыкает. Через пару недель нос адаптируется, и человек начинает чувствовать себя более-менее нормально. Но проблема в другом. В долгих полетах – а полет на Марс займет около трех лет – на первый план выходит не физиология, а психология.

Замкнутое пространство. Одни и те же лица. Одинаковая еда. Никакой смены времен года. Ни дождя, ни ветра, ни запаха травы после грозы. Ученые называют это сенсорной депривацией – когда мозг перестает получать достаточно новых впечатлений.

Запахи – одна из главных ниточек, связывающих человека с Землей. Запах скошенной травы, свежего хлеба, дождя, маминых духов, кофе по утрам – все это не просто «фоновый шум». Это якоря, которые держат нашу психику в равновесии. Когда их нет, появляется тоска. Непонятная, размытая, но тяжелая.

Космонавты, конечно, люди тренированные. Они умеют справляться. Но даже они признаются: иногда очень хочется чего-то простого и земного. Поэтому многие берут с собой в личные вещи маленькие предметы, которые пахнут домом. Фотографии, письма, кусочек дерева. Это не сентиментальность. Это способ выжить в изоляции.

Ученые задумались об этом всерьез. В 2024 году на Международном астронавтическом конгрессе в Бразилии представили доклад о том, как в наземных экспериментах (проект Habitat Marte, где люди живут в условиях, имитирующих марсианскую базу) ис-

пользовали ароматерапию. Эфирные масла лаванды, цитрусовых, хвойных помогли участникам снизить тревожность и лучше спать.

Конечно, на реальном космическом корабле все сложнее. В замкнутой системе регенерации воздуха любой резкий запах может разлететься мгновенно. А кто-то, например, не переносит лаванду. Но сам факт: ученые ищут способы, как привезти с собой на Марс «запахи Земли».

Возможно, в будущих миссиях у каждого члена экипажа будет персональный набор ароматов. Капсулы, которые можно открывать в трудные моменты. Запах дождя, когда тебе грустно. Запах леса, когда ты устал от металла и пластика вокруг. Запах дома, когда ты за триста миллионов километров от него.

Это звучит почти как фантастика. Но космонавтика всегда была про то, чтобы сделать невозможное возможным.

И еще один важный момент.

Запахи в космосе – это не только про комфорт. Это еще и про диагностику. По запаху можно понять, что где-то перегрелась проводка, что в системе охлаждения утечка, что воздух загрязнился. Нос космонавта – такой же прибор, как и датчики. Только более тонкий.

Так что тема запахов в космосе – это не экзотика и не повод для красивых историй. Это серьезная наука, которая стоит на стыке физиологии, психологии, химии и инженерии. И чем дальше мы планируем летать, тем важнее она становится. Потому что человек остается человеком везде. Даже там, где нет воздуха. Даже там, где пахнет сваркой и жареным мясом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы начали этот разговор с мысли, которая редко приходит в голову, когда речь заходит о космонавтике. Мощные ракеты, сложные двигатели, точные расчеты – все это, безусловно, основа основ. Без этого человек никогда бы не поднялся над Землей. Но за техническим блеском и инженерным гением легко потерять того, ради кого все это задумано – самого человека.

Человека, у которого есть нос, чувствующий запахи. Который через десять минут после прибытия на станцию перестает замечать ее технический запах, потому что станция становится для него домом. Который, выходя в открытый космос, приносит обратно на

скафандре аромат, пахнущий сваркой и жареным мясом – запах самой Вселенной.

Мы говорили о физиологии, о том, как невесомость меняет обоняние. О химии, которая позволяет нам «понюхать» далекие кометы и облака в центре Галактики. О психологии, о том, как в долгой изоляции человек начинает тосковать по самым простым вещам.

Но самое главное, пожалуй, сказал летчик-космонавт, Герой России Юрий Онуфриенко. Когда его спросили, чего ему не хватало на орбите, он ответил не сразу. А потом просто и очень точно заметил: «Очень мало зеленого цвета внутри станции... Значит, запахов травы не хватало, и цвета жизни». Подумав, добавил: «Яблоки – это запах. А главное – грузовик прилетел, или смена, но тоже редко...»

В этих словах – все: цвет жизни, запах яблок, редкие встречи с чем-то новым, живым, настоящим. Человек остается человеком везде. Ему нужна зелень, нужны запахи, нужна Земля. Даже когда он за сотни километров от нее.

Чем дольше будут длиться космические полеты, тем важнее станут эти, казалось бы, «мелочи». Когда мы отправимся на Марс, трехлетняя изоляция станет серьезнейшим испытанием для психики. И, возможно, одним из инструментов, которые помогут экипажу оставаться в равновесии, станут запахи. Те самые, которые на Земле мы даже не замечаем.

А пока космонавты продолжают летать, возвращаться и рассказывать. О том, как пахнет космос. О том, как встречает станция после долгой разлуки. О том, что самое древнее наше чувство – обоняние – работает даже там, где нет воздуха.

И в этом, наверное, и есть главное чудо космонавтики: чем дальше мы улетаем от Земли, тем сильнее понимаем, что мы – земные люди. И запахи – одно из самых сильных напоминаний об этом.

Список литературы

1. *Котов О. В., Иванов И. В.* Влияние микрогравитации на обонятельную функцию человека // Институт медико-биологических проблем РАН. – М., 2021. – С. 112–118.
2. *Petttum Д.* Запах открытого космоса: наблюдения астронавта // NASA Technical Reports Server. – 2016. – URL: <https://ntrs.nasa.gov/>

3. Дьюк Ч. Лунная пыль: запах пороха за пределами Земли // Apollo Lunar Surface Journal. – 1972.
4. Результаты миссии «Розетта»: химический состав кометы 67P / Чурюмова – Герасименко // Европейское космическое агентство (ESA). – 2015. – URL: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta
5. Сенсорная депривация и ароматерапия в условиях изоляции // Материалы Международного астронавтического конгресса (IAC 2024). – Бразилия, 2024. – С. 45–51.

ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ ПО АСТРОНАВИГАЦИИ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ ИМЕНИ Ю. А. ГАГАРИНА

 **Е. А. Черняк**

 **Т. В. Сырейщикова**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»

Аннотация. В статье рассказывается об истории, развитии и уникальной роли космического планетария в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Описывается, как с 1960-х годов это специальное оборудование эволюционировало от простого проектора звездного неба до сложного тренажера, имитирующего кабину космического корабля. Планетарий более 40 лет является ключевым инструментом для обучения космонавтов астронавигации, а также служит целям популяризации космонавтики.


Ключевые слова: космонавт, навигационные звезды, планетарий, тренажер, созвездия.

49

TRAINING OF COSMONAUTS IN ASTRONAVIGATION AT THE YU. A. GAGARIN COSMONAUT TRAINING CENTER

 **E. Chernyak**

 **T. Syrejschikova**

 Yu. A. Gagarin Cosmonaut Training Center

Annotation. The article outlines the history, development, and unique role of the space planetarium at the Yuri A. Gagarin Cosmonaut Training Center. It describes how, since the 1960s, this specialized equipment has evolved from a simple star projector into a sophisticated simulator replicating a spacecraft cabin. For over 40 years, the

planetarium has served as a key tool for training cosmonauts in celestial navigation, while also fulfilling a role in promoting public interest in space exploration.

Keywords: cosmonaut, navigation stars, planetarium, simulator, constellations.

Центр подготовки космонавтов ВВС (1 ЦПК ВВС) был учрежден директивой главнокомандующего ВВС 11 января 1960 года. На его базе была создана необходимая техническая и лабораторная инфраструктура для обучения будущих покорителей космоса.

Важным элементом подготовки является астронавигация, одним из разделов которой является изучение звездного неба и формирование умения идентифицировать созвездия и навигационные звезды в условиях ограниченного обзора через иллюминаторы. Систематическая отработка этих навыков началась с появлением малого планетария фирмы «Карл Цейс Йена». Купол звездного зала диаметром 6,5 метров позволял моделировать картину неба как Северного, так и Южного полушарий.

В процессе обучения космонавты осваивали структуру небесной сферы и визуально-ассоциативный метод запоминания очертаний созвездий. Так, Большая Медведица ассоциировалась с «ковшом», Орион – с «фигурой человека», Лебедь – с «большим крестом». Распознавание других созвездий строилось на запоминании взаимного расположения ярких и слабых звезд, образующих их контуры. Для создания условий, близких к полетным, применялись специальные маски, имитирующие поле зрения иллюминатора.

Наработанный опыт и возрастающие требования к астронавигационному обеспечению полетов обусловили необходимость совершенствования тренировочной базы. Требовалось максимально приблизить условия обучения к реальным, включая определение координат звезд с помощью бортовых оптических приборов.

В 1974 году был разработан проект развития учебной инфраструктуры центра, предусматривавший строительство корпуса для моделирующих устройств и установку нового, более совершенного планетария «Цейс». Помещения для его монтажа были подготовлены к маю 1978 года. Оборудование доставлено, и в августе того же года монтажная бригада под руководством инженера Гиршке приступила к работам. Монтаж был завершен к середине сентября 1979 года, после чего проведены комплексные испытания.

На церемонии открытия планетария были вручены символический ключ и памятная грамота с пожеланиями укрепления дружбы между народами СССР и ГДР, которые до сих пор хранятся в центре.

Планетарий сразу приступил к плановой работе. Первыми, кто прошел в нем подготовку по звездной навигации, стали советский космонавт Виктор Горбатко, а также космонавты из Вьетнама и Монголии Фам Туан и Жугдэрдэмидийн Гуррагча. Этот тренажер по праву стал называться космическим планетарием.

Однако в ходе эксплуатации выявилась потребность в его модернизации. Проведенные исследования показали необходимость расширения области проекции звезд со 180° до 240° , чтобы охватить сектор на 30 градусов ниже линии горизонта. Кроме того, существовавшая конфигурация не позволяла обрабатывать определение координат звезд относительно осей конкретных космических кораблей и станций.

Был реализован проект модернизации, значительно расширивший функциональность планетария. Проекционный аппарат установили на специальную кабину, которая служила опорой и одновременно имитировала внутренний объем космического аппарата. На опорную конструкцию смонтировали панели, воспроизводящие интерьеры рабочих мест, и разместили макеты пультов управления кораблей «Союз» и «Буран», а также орбитальной станции «Мир», с иллюминаторами и узлами крепления реальных оптических приборов. Находясь внутри этого тренажера, космонавты через иллюминаторы могли не только учиться распознавать созвездия и навигационные звезды, но и определять координаты опорных звезд с помощью установленного оборудования.

Уже более 40 лет космический планетарий остается в строю. В нем проходили подготовку все основные и дублирующие экипажи СССР, России и других стран по программам «Интеркосмос», «Сотрудничество», «Мир», а теперь и по программе МКС. Изучение созвездий и навигационных звезд в планетарии является обязательным элементом подготовки каждого нового набора кандидатов в космонавты.

Важно отметить, что планетарий также выполняет просветительскую функцию, способствуя популяризации космонавтики. Он позволяет «приблизить звезды», зажигая энтузиазм и рождая новые мечты. Посетители могут испытать ощущение космического полета, представив себя командиром корабля. С 1999 года в плане-

тарии ведется книга почетных гостей, где каждый может оставить свои впечатления. Вот некоторые из отзывов:

- «На Земле мы не всегда осознаем, что находимся в космосе. Посещение планетария помогает понять, что невозможное стало возможным, и это самое главное».
- «Большое спасибо за увлекательную экскурсию и, самое важное, за ваш ежедневный труд, которым можно гордиться!»

Годы и десятилетия идут, а «наш старичок» – космический планетарий – продолжает свою работу: передает знания и навыки космонавтам, зарождает мечты у юного поколения и пробуждает в нас жажду познания. Хочется пожелать каждому жителю Земли побывать в планетарии, чтобы ощутить красоту и величие Вселенной, прикоснуться к ее тайнам и почувствовать свою связь с Космосом.

Список литературы

1. *Квасова Е. А., Митина А. А., Прудков В. Н., Сырейщикова Т. В., Темарцев Д. А., Черняк Е. А.* Космический планетарий Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина / Материалы XLVIII общественно-научных чтений, посвященных Ю. А. Гагарину. – Гагаринский сборник. – 2021.
2. *Митин А. Т., Митина А. А.* Планетарии Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина // Материалы 11 Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок. 2015.

ПОДГОТОВКА ЭКИПАЖЕЙ МКС К ДЕЙСТВИЯМ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ



Т. А. Копа



ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»

Аннотация. В докладе рассматривается система подготовки экипажей Международной космической станции к действиям в аварийных ситуациях на комплексном тренажере Российского сегмента МКС. Основное внимание уделено трем ключевым видам аварий: разгерметизации, пожару и выбросу опасных веществ. Сформулированные принципы и выявленные взаимозависимости между техническими средствами, программным обеспечением и человеческим фактором создают систематизированную основу для разработки концепций безопасности и программ обучения экипажей перспективных пилотируемых космических комплексов.

Ключевые слова: Международная космическая станция, подготовка экипажей, пожар, разгерметизация, выброс опасных веществ.

53

ISS CREWS TRAINING OF EMERGENCY SITUATIONS



Т. Копа



Yu. A. Gagarin Cosmonaut Training Center

Annotation. The report examines the system of crew emergency response training conducted on the integrated simulator of the Russian Segment of the International Space Station. It focuses on three critical emergency scenarios: depressurization, fire, and hazardous substance release. The identified principles and interdependencies between hardware, software, and human factors provide a structured foundation for developing safety concepts and training programs for future crewed space systems.

Keywords: International Space Station, crew training, fire, depressurization, toxic spill.

Международная космическая станция (МКС) на протяжении более четверти века остается уникальным полигоном для проведения научных исследований и отработки передовых космических технологий. Опыт эксплуатации МКС наглядно демонстрирует, что обеспечение безопасности в условиях космоса определяется не только надежностью технических систем, но и уровнем подготовки экипажа, способного действовать скоординировано и эффективно в условиях крайнего стресса, ограниченности ресурсов и значительной удаленности от Земли.

Накопленный опыт приобретает особую значимость в контексте разработки оборудования, алгоритмов управления и программ подготовки экипажей для перспективных орбитальных станций и лунных баз.

Аварийные ситуации на борту МКС характеризуются рядом специфических особенностей:

- жесткими временными ограничениями на принятие решений и выполнение действий;
- необходимостью строгого следования заранее определенным процедурам;
- повышенными требованиями к надежности и безошибочности действий экипажа;
- высокой психологической нагрузкой и стрессовой обстановкой.

Вся деятельность экипажа по парированию аварийной ситуации представляет собой сложный многоэтапный процесс, требующий четкой координации действий всех членов экипажа.

К аварийным ситуациям на МКС относятся нештатные события, создающие непосредственную угрозу жизни экипажа или сохранности станции и требующие немедленного реагирования всех членов экипажа.

Для условий эксплуатации МКС выделяются три основных вида аварийных ситуаций:

- разгерметизация (нарушение герметичности корпуса);
- пожар в отсеках станции;
- выброс опасных веществ.

Подготовка экипажей МКС к аварийным ситуациям представляет собой стройную и многоступенчатую педагогическую систему. Ее цель – трансформация теоретических знаний в надежные, доведенные до автоматизма действия в условиях предельного стресса. Этот процесс, методологически выверенный и непрерывный,

строится на последовательном прохождении трех ключевых фаз: теоретического усвоения, практического закрепления и комплексного ситуационного моделирования на тренажерах с воспроизведением реальных аварийных сценариев.

В докладе рассматривается подготовка по действиям экипажей в аварийных ситуациях на комплексном тренажере Российского сегмента МКС. Будет рассмотрена эволюция философии реагирования на аварийные ситуации на Международной космической станции, процедуры обучения и изменения в оборудовании за прошедшие годы.

Список литературы

1. Данюк Т. В., Копя Т. А., Курицын А. А. Реализация технологии многосегментной подготовки космонавтов к деятельности при возникновении разгерметизации на борту Международной космической станции // Пилотируемые полеты в космос. – № 1 (50). – 2024. – С. 38–54.
2. Копя Т. А., Данюк Т. В., Анацкий М. А., Вовк В. В., Давыдов В. С. Анализ комплекса индивидуальных средств защиты экипажей Международной космической станции // Материалы 54-х Научных чтений памяти К. Э. Циолковского. – Часть 2 // Сб. тезисов. АКФ «Политоп», 2019. – С. 318–320.
3. Данюк Т. В., Коровкин А. П., Дедков Д. К., Пасечник Ю. М., Чеботарев Ю. С. Проблемы пожарной безопасности космической станции и этапы совершенствования подготовки экипажей по действиям при пожаре // Материалы XII Международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. – 2017. – С. 63.
4. Спирин А. И., Николаева О. А. Методические подходы к парированию аварийных ситуаций на Международной космической станции // Космическая техника и технологии. – 2020. – № 1 (28). – С. 48–59.
5. Chen L., Walker S., Williams D. Enhancing Future Commercial Space Stations: Applying ISS Insights to Environmental Control and Life Support Systems (ECLSS) Development on Emergency Response // 54th International Conference on Environmental Systems 13–17 July 2025. – Prague, Czech Republic.

6. *Tobiasa B., McMillan C.* Evolution of Hardware and Philosophy of Emergency Response Actions on the International Space Station and Future Spacecrafts // 17th International Conference on Space Operations, Dubai, United Arab Emirates, 6–10 March 2023.

ИСТОРИЯ ПРОЕКТОВ ЯДЕРНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: РЕФЕРАТИВНЫЙ ОБЗОР



П. В. Крапошин



ВИНИТИ РАН

Аннотация. Обзор включает материалы о проектах космических ядерных силовых установок, разработанных со второй половины 1950-х годов до настоящего времени.

Ключевые слова: ядерный ракетный двигатель, космический летательный аппарат.

HISTORY OF NUCLEAR POWER SYSTEM PROJECTS FOR SPACECRAFT: A REVIEW

57



P. Kraposhin



VINITI RAS

Annotation. This review includes issues about space nuclear power units projects engineered from 2 half of 50 years of XX century to nowadays.

Keywords: nuclear rocket power, space vehicle.

Создание ядерных двигателей стало возможно благодаря тому, что учеными и инженерами была разработана технология управляемого распада атомного ядра. Эта технология была реализована в электростанциях, первой из которых является Обнинская АЭС, построенная к 1954 году. Атомные электростанции в дальнейшем были созданы и во многих других регионах Советского Союза, на-

пример, в Ленинградской области (Сосновый Бор), Литве (Игналина) и Армении (Раздан). Они сыграли достаточно значимую роль в отечественной энергосистеме в целом. Согласно статистическим данным, собранным во второй половине XX века, доля атомных электростанций составила 12 % всей отечественной энергосистемы. Таким образом, строительство атомных электростанций стало первым направлением использования ядерной энергии в мирных целях. Очередным направлением стали судовые силовые установки, которыми оснащался отечественный ледокольный флот. Первыми атомными ледоколами являются «Ленин» (ныне выведенный из эксплуатации и музеефицированный), «Арктика» и «Сибирь». В военно-морском флоте ядерные силовые установки нашли применение на подводных лодках.

Подобно другим ракетным двигателям, ядерный ракетный двигатель создает движущую силу (тягу) в результате направленного истечения из него реактивной струи вещества – *рабочего тела*, которое запасается на борту летательного аппарата. Наряду с тягой важнейшим параметром ракетного двигателя (РД) является *удельный импульс I_y* , определяемый как отношение тяги к массе рабочего тела, расходуемой в единицу времени. Параметр I_y характеризует экономичность РД: чем он больше, тем меньше рабочего тела можно израсходовать для создания нужной тяги. Он имеет размерность скорости и во многих случаях практически совпадает по величине со скоростью реактивной струи. Последнее связано с тем, что тяга РД обусловлена именно реакцией истекающей струи. РД является частью двигательной установки, в которую в общем случае входят рабочие тела, баки для их хранения, системы подачи рабочих тел в РД и другие структурные элементы. В свою очередь, двигательная установка является частью космического аппарата (ракеты, автоматической станции, пилотируемого корабля). Отношение тяги РД к массе космического аппарата называется *тяговооруженностью* аппарата, и, согласно второму закону Ньютона ($F = ma$), эта величина определяет ускорение, которое работающий двигатель способен сообщить аппарату. Масса некоторых типов РД и двигательных установок может в целом многократно превосходить тягу. В этом случае полет космического аппарата возможен лишь после его вывода в космос, причем разгон до необходимой скорости должен продолжаться длительное время. Вывод же аппарата с такой двигательной установкой в космос осуществляется при помощи других типов РД.

Развитие космической техники связано в первую очередь с созданием таких ракетных двигательных установок, которые характеризовались бы большой тяговооруженностью и высокой экономичностью [1].

Первые исследования по самолетам и ракетам с ядерными силовыми установками были развернуты в США. Уже после окончания Второй мировой войны там одна за другой появляются работы, в которых рассматриваются возможности, открываемые применением ядерной энергии в авиационной и ракетной технике, а также предлагаются схемы самолетных и ракетных ядерных двигателей. Помимо военного назначения прогнозировалось также применение ракет с ЯРД для изучения космического пространства. После примерно 8-летнего периода начальных исследований в США, начиная с 1955 г., развертываются масштабные работы по непосредственной разработке ядерных ракетных двигателей (программа «Ровер») и ядерных прямоточных ВРД (программа «Плутон») для крылатых ракет. К их реализации привлекаются крупнейшие научно-исследовательские центры: Лос-Аламосская лаборатория (ЛАСЛ), Райтовский Центр ВВС и др. Большое внимание уделяется не только созданию собственно ядерных реакторов и двигателей, но и строительству сложнейших испытательных комплексов для их отработки на атомном полигоне Джекас-Флэтс в штате Невада и в Лос-Аламосе [2].

Попытки разработки самолета с силовой установкой, основанной на расщеплении ядер атома, начались еще во времена холодной войны. Эта разработка получила название «Атомолет». Для реализации такого проекта необходимо было решить несколько важных вопросов:

1. Создание ядерного реактора малого веса и габаритов для интеграции в воздушное судно.
2. Защита членов экипажа от опасного для жизни и здоровья излучения.
3. Обеспечение безопасности полета атомолета.
4. Концепция «чистого полета», то есть создание такого реактивного двигателя на ядерной тяге, который не совершал бы выбросов ядерных отходов в атмосферу и, соответственно, не загрязнял ее.

Были разработаны два типа реактивных ядерных двигателей: с открытым и закрытым циклом (последний используется в подводных лодках, ледоколах и электростанциях). Закрытый тип заклю-

чался в полной изоляции ядерных процессов от процесса создания реактивной тяги. Реактор предполагалось устанавливать в хвосте самолета для максимального удаления от экипажа. Но основная проблема заключалась в передаче тепловой энергии от реактора к двигателю для реализации работы последнего. Конструкция получилась громоздкой, и даже самые компактные схемы такого типа не могли бы обеспечивать самолету возможность нести полезную нагрузку, что абсолютно обесценивает данную разработку [3].

В США работы по созданию ядерных ракетных двигателей начались в 1955 году по двум программам: «Ровер» (разработка ядерных ракетных двигателей) и «Плутон» (ядерные прямоточные воздушно-реактивные двигатели для крылатых ракет). Большое внимание уделялось созданию не только самих двигателей, но и испытательных комплексов на атомном полигоне Джекас-Флэтс (штат Невада) и в Лос-Аламосе. В качестве базовой в США изначально была принята «Лобовая» концепция ядерного ракетного двигателя, согласно которой после проведения минимального количества расчетов должен быть спроектирован и построен стендовый гомогенный ядерный реактор, при испытании которого планировалось выявить и решить возникающие в процессе эксплуатации проблемы. Практика показала, что эта концепция нероботоспособна. В 1958 году был построен экспериментальный реактор «Киви-А», испытанный в 1959 году. Позже были построены реакторы этой же линейки, а также «Киви-В», работавшие более длительное время (первый реактор работал 5 минут).

В СССР в первые послевоенные годы все исследования были направлены на создание первой отечественной атомной бомбы, но в начале 50-х годов под влиянием публикаций в западной печати и результатов собственных расчетов советские инженеры, как ракетостроители, так и создатели ядерной техники, начали проработку вопроса создания ядерных силовых установок для самолетов и ракет. Первым документом высокого уровня, связанным с данной темой, стала Записка по стратегическим оборонным вопросам, направленная в Президиум ЦК КПСС министрами среднего машиностроения СССР В. А. Малышевым, Б. Л. Ванниковым (первый заместитель министра среднего машиностроения СССР), М. В. Хруничевым, П. В. Дементьевым (1-й заместитель министра авиационной промышленности) и Д. Ф. Устиновым (министр оборонной промышленности СССР). В документе были изложены предложения, выработанные на специальном совещании с уча-

ствием главных конструкторов авиационной техники (А. Н. Туполев, В. М. Мясищев, С. А. Лавочкин, А. И. Микоян), руководителей научно-исследовательских институтов авиационной промышленности (заведующий кафедрой прочности, профессор А. И. Макаревский, руководитель Отделения прикладной математики Математического института СССР М. В. Келдыш, заведующий кафедрой аэродинамики МФТИ А. А. Дородницын и др.), главных конструкторов ракетной техники (руководитель Совета главных конструкторов С. П. Королев, руководитель ОКБ-456, ныне НПО «Энергомаш», В. П. Глушко, главный конструктор автономных систем управления НИИ-885 Н. А. Пилюгин, руководитель опытного завода №2, он же завод № 276 и Куйбышевский моторный завод, Н. Д. Кузнецов, руководитель радиотехнического направления НИИ-885 Б. М. Коноплев, начальник лаборатории Проектно-конструкторского бюро № 886 Научно-исследовательского института № 885 М. И. Борисенко. В совещании также приняли участие руководители НИИ оборонной промышленности: директор НИИ-88 А. С. Спиридонов, главный инженер НИИ-88, а с 1954 года главный конструктор ОКБ-586 М. К. Янгель, а также ученые-физики Министерства среднего машиностроения: руководитель лаборатории по изучению атомной энергии И. В. Курчатов, первый научный руководитель и главный конструктор ядерного центра Челябинск-70 К. И. Щелкин, директор Института физических проблем А. П. Александров. Участники совещания предлагали приступить к разработке прямоточного воздушно-реактивного двигателя с использованием атомной энергии. Согласно расчетам, использование такого двигателя позволит значительно повысить дальность полета ракеты и снизить ее полетный вес.

Председатель Совета министров СССР Г. М. Маленков 20 ноября 1953 года подписал постановление правительства. Руководителем всех работ по созданию крылатой ракеты с прямоточным воздушно-реактивным двигателем, в том числе и использующим атомную энергию, был назначен М. В. Келдыш. Позже в правительство поступило предложение о создании авиационного двигателя, работающего на атомной энергии. В записке, поданной в Президиум ЦК КПСС 13 октября 1954 года, первый заместитель министра обороны СССР А. М. Василевский и главком ВВС П. Ф. Жигарев отмечали, что в США уже были начаты работы по проектам самолетов с ядерной силовой установкой [4].

В СССР работа по созданию ядерных энергетических установок для космоса началась в 1956 году в ФЭИ (Обнинск), где разрабатывался реактор на быстрых нейтронах. Проектирование установки в целом велось в ОКБ М. М. Бондарюка. На базе этого ОКБ в 1972 году было создано ОКБ «Красная звезда», включившее филиалы ОКБ «Союз» и «Заря» (в последнем ранее велись опытно-конструкторские работы по созданию ядерных энергетических установок с машинным преобразователем). Более простой в конструктивном отношении преобразователь на полупроводниках создавался сначала в Институте источников тока, а затем в Сухумском физико-техническом институте (СФТИ). С 1970 по 1988 год советские энергоустановки с термоэлектрогенератором полезной мощностью около 3кВт производились на специально построенном серийном заводе. Всего на орбиты с высотами от 240 до 280 км было запущено 32 установки данного типа. В 1987 году в СССР был произведен успешный запуск двух энергоустановок типа «Топаз» с термоэмиссионными преобразователями мощностью 6–8 кВт, которые проработали на орбите полгода и год соответственно. До этого времени в мире не производилось запусков космических аппаратов с реакторными установками на борту [5].

В начале 1960-х годов на предприятиях Министерства среднего машиностроения – в Институте атомной энергии, Физико-энергетическом институте, Сухумском физико-техническом институте, Подольском научно-исследовательском технологическом институте, ОКБ «Заря» и затем в Научно-производственном объединении «Красная звезда» и Центральном конструкторском бюро машиностроения были развернуты работы по прямому преобразованию тепловой энергии ядерного реактора в электричество для космических применений с использованием термоэлектрических и термоэмиссионных преобразователей. В Сухумском физико-техническом институте к этому времени был разработан термоэлектрический сплав на основе высокотемпературного кремний-германиевого полупроводникового материала с верхней рабочей температурой до 1000 °С и испытан на теплофизическом стенде термоэлектрический преобразователь.

В 1961 году на основе предложений Института атомной энергии было принято решение правительства о создании и проведении ядерных энергетических испытаний малогабаритной космической электростанции с прямым преобразованием тепловой энергии в

электричество, получившей название реактор-преобразователь «Ромашка». Реактор-преобразователь «Ромашка» был спроектирован и сооружен в ИАЭ в кооперации с СФТИ, ПНИТИ и Харьковским ФТИ. Пуск реактора-преобразователя «Ромашка» был осуществлен 14 августа 1964 года. Он проработал в непрерывном режиме 15 000 часов, выработав ~ 6100 кВт.ч электроэнергии.

Пуск и успешные испытания реактора-преобразователя «Ромашка», как сообщало ТАСС, продемонстрировали, что в Советском Союзе впервые в мире был создан работающий ядерный реактор-преобразователь, способный генерировать электроэнергию без участия каких-либо движущихся рабочих тел и механизмов, и экспериментально показана его способность к длительной работе. В соответствии с программой экспериментов на реакторе-преобразователе был проведен большой комплекс исследований, позволявший изучить его физические и теплоэнергетические характеристики как на стационарных, так и нестационарных режимах работы. В процессе проводимых экспериментов осуществлялся непрерывный контроль температур в различных элементах реактора-преобразователя и периодический замер характеристик термоэлектрического преобразователя.

Накопленный к тому времени опыт отработки высокотемпературного кремний-германиевого преобразователя для установки «Ромашка» был использован СФТИ в работах по верхнему каскаду преобразователя космической ядерной энергетической установки «БУК». Параметры установки: электрическая мощность 3 кВт, тепловая мощность 100 кВт, загрузка урана-235 массой 30 кг, масса установки 930 кг, подтвержденный ресурс 4400 часов.

В 1969 году КБ Прикладной механики в Красноярске было поручено создать космический аппарат, который должен обеспечить непосредственное телевизионное вещание на отдаленные районы страны. Научное руководство по созданию ядерной энергетической установки «Енисей» для этого аппарата было возложено на Институт атомной энергии имени И. В. Курчатова, а Сухумскому физико-техническому институту поручено разработать системы автоматического управления. В реакторе «Енисей» применена термоэмиссионная система преобразования тепловой энергии ядерного реактора в электричество с использованием одноэлементных ЭГК, встроенных в активную зону реактора.

Система автоматического управления (САУ) предназначена для обеспечения работы космической ядерной энергетической

установкой (КЯЭУ) в заданном режиме. САУ состоит из следующих функциональных частей:

- командно-телеметрической системы;
- системы автоматического регулирования;
- системы электропитания.

И выполняет следующие основные функции:

- пуск и вывод ЯЭУ на номинальный режим;
- поддержание номинального режима;
- обеспечение телеметрического контроля параметров КЯЭУ при наземной подготовке, выведении на орбиту и при работе на ней;
- обеспечение ядерной и радиационной безопасности при проведении работ с реактором, загруженным ядерным топливом.

Аппаратура САУ и контрольно-проверочная аппаратура (КПА) САУ разработана полностью на отечественной элементной базе, изготовлена и испытана отделом радиофизического и радиотехнического приборостроения, конструкторским отделом и опытным производством Сухумского физикотехнического института. Ведущие исполнители – разработчики САУ и КПА САУ в СФТИ: Аветисов Э. М., Басин Ю. Г., Бесараб Я. А., Браварец В. И., Васильев В. И., Венедиктов Ю. П., Вознюк А. С., Гоман Н. Б., Гриц Ю. А., Джоджуа А. С., Журавлев П. П., Каландаришвили А. Г., Кобяков В. П., Менабде И. Е., Олиферчук Н. Л., Судак Н. М., Цецхладзе Д. Л.

КЯЭУ «Енисей» по объективным причинам не использовалась в космосе, но созданный при ее разработке задел впоследствии был использован при реализации российско-американской программы «Топаз». Установка не побывала в космосе, но слетала в США и обратно, проложив путь к международному сотрудничеству в области высоких технологий. В то же время в кооперации НПО «Красная Звезда» и ГНЦ РФ-ФЭИ в качестве дублера установки «Бук» для КА УС-А разрабатывался (с некоторым опережением по времени) вариант термоэмиссионной КЯЭУ «Топаз» на основе многоэлементных ЭГК той же электрической мощности, но с меньшим ресурсом (под задачу 5 кВт в космосе на ресурс 1,5 месяца с доведением до года). Российская космическая ядерная термоэлектрическая установка «БУК» успешно эксплуатировалась в составе космических аппаратов морского радиолокационного наблюдения. Две российские космические ядерные термоэмиссионные установки «Топаз» в 1987 и 1988 годах успешно прошли ис-

пытания в течение 6 месяцев и 1 года совместно с электрореактивными двигателями в составе космических аппаратов «Космос-1818 и 1867» [6].

В 1970–1988 годах запускались в космос и успешно эксплуатировались КА наблюдения «УС-А» с термоэлектрической ЯЭУ «Бук» электрической мощностью до 3 кВт. В 1987–1988 годах два КА «Плазма-А» с термоэмиссионной ЯЭУ «Топаз» мощностью 5 кВт прошли летно-космические испытания, во время которых впервые было осуществлено питание электроракетных двигателей (ЭРД) от ядерного источника энергии. Выполнен комплекс наземных ядерно-энергетических испытаний термоэмиссионной ЯЭУ «Енисей» мощностью 5 кВт. На основе этих технологий разработаны проекты термоэмиссионных ЯЭУ мощностью 25...100 кВт [7]. Эта задача также решалась при активном участии специалистов СФТИ. В ООО «ЭРА-СФТИ» продолжают работы по термоэлектрической и термоэмиссионной тематике с целью создания новых эффективных преобразователей тепловой энергии в электрическую в соответствии с программой совместных исследований Республики Абхазия и Госкорпораций «Росатом» и «Роскосмос».

Направление по созданию ядерных двигателей для космических летательных аппаратов активно развивается и за рубежом. Компания Pulsar Fusion приступила к строительству крупнейшего в мире ракетного двигателя на основе ядерного синтеза. В термоядерной камере длиной 9,8 м при ее запуске в следующем году будут достигнуты температуры, превышающие температуры в центре Солнца. Испытания на орбите запланированы на 2027 год. Компания Pulsar Fusion занимается разработкой ракетных двигателей на основе ядерного синтеза уже около десяти лет. В настоящее время компания находится на третьей стадии разработки проекта и планирует провести первые статические испытания уже в следующем году, а испытания на орбите – в 2027 году. Для получения тяги, необходимой для взлета ракеты, в термоядерной камере должна быть достигнута температура в сотни миллионов градусов – необходимый параметр для реакций ядерного синтеза. Поскольку эти температуры выше, чем в ядре Солнца, камера на время станет самым горячим местом в Солнечной системе. Энергия, выделяемая термоядерным двигателем, может позволить ракете развивать скорость от 110 до 350 км/с. «Наши нынешние спутниковые двигатели, которые мы производим сегодня в компании Pulsar, развивают скорость выхлопа до 40 км/с. С помощью

термоядерного синтеза мы надеемся достичь более чем в 10 раз большей скорости», – поясняет в пресс-релизе Ричард Динан, генеральный директор компании Pulsar Fusion. Если все пойдет по плану, Pulsar Fusion может произвести революцию в космических путешествиях. При скорости, достигнутой первым устройством, время полета к Марсу будет сокращено в 3 раза (2–3 месяца вместо 6–8), а до Сатурна и Плутона можно будет добраться всего за 2 и 4 года соответственно. Для сравнения, путь к Сатурну при нынешних технологиях занял бы около 8 лет, т. е. в 4 раза больше. Если технология окажется жизнеспособной, она может развиваться в направлении еще более короткого времени полета [8].

В России запатентован форсируемый газофазный ядерный ракетный двигатель, позволяющий космическому аппарату выполнять длительный полет в атмосфере Земли и других планет. Для создания двигателя с низким удельным весом и высоким удельным импульсом было принято решение форсировать тягу инъекцией воздуха в сопло. Воздух поступает в воздухозаборник, связанный с полостью сопла и каналом, по которому подается запасенный на борту космического аппарата воздух. На малых скоростях полета воздух подается с помощью турбовентиляторных нагнетателей, которые после достижения больших скоростей убираются в корпус корабля, воздухозаборник при этом остается открытым. Данные двигатели могут также устанавливаться на гиперзвуковые самолеты. Аналогами являются жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели, которыми оснащаются многоразовые космические корабли и ракетопланы. Недостатком этих двигателей является низкая скорость истечения газов из сопел. Прототипом является газофазный ядерный ракетный двигатель, использующий водород в качестве рабочего тела. Его мощность достаточна для вывода на околоземную орбиту искусственных спутников Земли, но вследствие большого удельного веса недостаточна для взлета с Земли, так как тяга двигателя незначительно превышает его вес. Главным преимуществом форсированной версии газофазного ядерного ракетного двигателя является возможность повышения тяги без увеличения веса и мощности реактора, а также запаса рабочего тела [9].

В 2009 году указом президентской комиссии по модернизации было принято решение о запуске проекта транспортно-энергетического модуля на основе ядерной электро-ракетной двигательной установки (ЯЭРДУ). Разработкой занимаются «Роскосмос» и

«Росатом». Согласно проекту, используется ионный электрореактивный двигатель (ЭРД). Это один из видов электростатического двигателя. Идея использования электрической энергии для получения реактивной тяги обсуждалась еще К. Э. Циолковским и другими пионерами космонавтики. В ионных двигателях тяга создается за счет ионизированного газа, разогнанного в электрическом поле. Поток ионизированного газа способен достигать скоростей вплоть до 20...50 км/с. В традиционном представлении электрическую энергию такой двигатель берет от фотоэлектрических панелей, но в рассматриваемой установке для этого используется ядерный реактор. Применение такого типа устройств обусловлено высокой экономичностью и продолжительным сроком службы по сравнению с аналогичными ракетно-двигательными установками на химическом топливе. Рассматриваемая в статье двигательная установка получила название – ядерно-электрическая ракетная двигательная установка (ЯЭРДУ). Эти двигатели используют в качестве топлива ксенон. В ионизатор подается топливо, которое само по себе нейтрально, но при бомбардировании высокоэнергетическими электронами ионизируется. Таким образом, в камере образуется смесь из положительных ионов и отрицательных электронов. Для «отфильтровывания» электронов в камеру вводится трубка с катодными сетками, которая притягивает к себе электроны. Положительные ионы притягиваются к системе извлечения, состоящей из двух или трех сеток. Между сетками поддерживается большая разность потенциалов. В результате попадания ионов между сетками они разгоняются и выбрасываются в пространство, ускоряя корабль, согласно третьему закону Ньютона. Электроны, пойманные в катодную трубку, выбрасываются из двигателя под небольшим углом к соплу и потоку ионов. Это делается для того, чтобы ионы, нейтрализованные таким образом, не притягивались обратно к кораблю. В настоящее время ионные двигатели применяются в основном в коммерческих космических аппаратах, например в спутниках связи или глобальной системе спутникового позиционирования. Главной целью проекта является обеспечение пилотируемого полета на Марс [10].

Развитие космической ядерной энергетики в настоящее время обсуждается на государственном уровне. Президент РФ Владимир Путин 16 апреля 2025 года провел в МГТУ имени Н. Э. Баумана совещание по вопросам развития космической деятельности. В ходе совещания Президент напомнил о необходимости разрабо-

тать комплексный, системный национальный проект в сфере космической деятельности. Он призван охватить все важнейшие для России направления: от создания собственных многоспутниковых группировок различного назначения и национальной орбитальной станции до программ изучения дальнего космоса. В ходе совещания Владимир Путин также затронул вопрос о создании двигательных установок и других систем, необходимых для автономной работы на различных космических объектах. В ходе совещания обсуждались вопросы основных параметров работы по созданию космической системы со специальной электростанцией и так называемого космического буксира – транспортно-энергетического модуля на базе ядерной энергодвигательной установки. Эти масштабные программы реализуются при ведущем участии «Роскосмоса», «Росатома» и Курчатовского института [11].

Освоение дальнего космоса и организация межпланетных космических экспедиций является основной сферой применения космических ядерных энергетических установок.

Список литературы

1. *Паневин И. Г., Прищепа В. И., Хазов В. Н.* Космические ядерные ракетные двигатели // Новое в жизни, технике. Серия «Космонавтика, астрономия». – М. – 1978. – № 6 / www.epizodyspace.ru
2. Ядерные ракетные двигатели. ПВ РФ // Международный промышленный портал / www.promvest.info.
3. *Кузьменко Ф. С.* Эволюция авиационных двигателей // Chronos: Мультидисциплинарные науки. – 2022. – Т. 6, № 11 (7). – С. 133.
4. *Демянко Ю. Г. и др.* Ядерные ракетные двигатели. – М., 2001. – С. 12–13.
5. *Андреев П. В. и др.* Космические ядерные энергоустановки и электроракетные двигатели. – М., 2014. – С. 8.
6. Сухумский физико-технический институт: история развития и вклад в мировую науку / гл. ред. А.И. Марколия. – Тюмень, 2024. – С. 168–172.
7. *Легостаев В. И., Лопота В. А., Синявский В. В.* Перспективы и эффективность применения космических ядерно-электрических силовых установок и ядерных электроракетных

- двигательных установок // Космическая техника и технологии. – 2013. – № 1. – С. 7.
8. New-Science.ru / <https://new-science.ru/krupnejshij-sozdavaemyj-raketnyj-dvigatel-na-yadernom-sinteze-dostich-marsa-za-60-dnej/>
 9. *Войтко В. В., Потупайло Н. В., Войтко И. В.* Форсируемый газофазный ядерный ракетный двигатель. – М., Российское агентство по патентам и товарным знакам. – 1995 RU 2 041 392. – С. 1.
 10. *Шацкий О. Е., Ямбаев Р. К., Шевченко В. В.* Перспективы использования ядерно-электрической ракетной двигательной установки для исследования дальнего космоса // Молодой ученый. – 2016. – № 28 (132). – С. 209–212.
 11. Совецание по вопросам космической деятельности. 16 апреля 2025 г. // www.kremlin.ru

ПРОВЕРКА ПРИНЦИПА ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В СИЛЬНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ



А. В. Сергиенко



Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов

Аннотация. Принцип эквивалентности формулируется следующим образом: в одном и том же гравитационном поле каждое тело приобретает одно и то же ускорение, то есть ускорение тела в гравитационном поле не зависит от его массы и состава. Принцип эквивалентности в слабом гравитационном поле (поле Земли) был проверен еще Галилео Галилеем, когда он бросал шары разной массы с Пизанской башни. Чтобы проверить принцип эквивалентности в сильном гравитационном поле, обратимся к тесным двойным системам, компоненты которых проэволюционировали в пульсары ([1],[2],[3],[4],[5]).

Ключевые слова: принцип эквивалентности, тесные двойные системы, двойные пульсары.

70

TESTING THE EQUIVALENCE PRINCIPLE IN A STRONG GRAVITATIONAL FIELD



A. Sergiyenko



Yaroslavl State Institute for the Quality of Raw Materials and Food Products

Annotation. The equivalence principle is formulated as follows: in the same gravitational field, each body acquires the same acceleration, that is, the acceleration of a body in a gravitational field does not depend on its mass and composition. The principle of equivalence in a weak gravitational field (the Earth's field) was tested by Galileo Galilei when he threw balls of different masses from the Leaning Tower of Pisa. To test the equivalence principle in a strong gravitational field, we turn to close binary systems whose components have evolved into pulsars.

Keywords: equivalence principle, close binary systems, binary pulsars.

Пульсары в тесных двойных системах движутся вокруг их центра масс по подобным эллиптическим орбитам, прецессирующим в направлении их (пульсаров) движения. Пульсары в тесных двойных системах можно считать материальными точками, так как их размеры ничтожны по сравнению с расстоянием между ними. Рассмотрим движение двух точечных тел по подобным равномерно прецессирующим в направлении движения тел эллипсам. Уравнение относительной траектории тел:

$$\rho = \frac{p}{1 + e \cos k\varphi}, \quad p = a(1 - e^2), \quad k = 1 - \epsilon, \quad 0 < \epsilon \ll 1. \quad (1)$$

Здесь ρ – расстояние между телами, φ – полярный угол, отсчитываемый от периастра (момента наибольшего сближения тел), p – фокальный параметр эллипса, a – большая полуось эллипса, e – эксцентриситет ($0 < e < 1$), k – параметр прецессии. Здесь параметр прецессии $k = 1 - \epsilon$, где $0 < \epsilon \ll 1$, что соответствует медленному и равномерному смещению периастра в направлении движения тел. Согласно второму закону Кеплера, произведение квадрата расстояния между телами на угловую скорость есть постоянная. Исходя из этого, мы можем записать:

$$\rho^2 \dot{\varphi} = v_p a(1 - e) = h, \quad (2)$$

где v_p – относительная скорость тел в периастре, h – постоянная. Вычислим относительное ускорение тел. Оно равно:

$$-w_\rho = \rho \dot{\varphi}^2 - \ddot{\rho} = \frac{h^2 k^2}{p \rho^2} + \frac{h^2(1 - k^2)}{\rho^3}, \quad (3)$$

$$w_\varphi = \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt}(\rho^2 \dot{\varphi}) = 0. \quad (4)$$

Здесь точки сверху обозначают дифференцирование по времени. Для силы можно написать:

$$F(\rho) = -\frac{w_\rho}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}} = \frac{A}{\rho^2} + \frac{B}{\rho^3}, \quad (5)$$

$$A = \frac{\mu h^2 k^2}{p}, \quad B = \mu h^2 (1 - k^2), \quad (6)$$

где

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

– приведенная масса двух тел. Таким образом, мы получили, что сила притяжения между двумя точечными телами, движущимися по прецессирующим орбитам, состоит из двух слагаемых. Первое слагаемое – это ньютоновская сила, обратно пропорциональная ρ^2 , а второе слагаемое обратно пропорционально ρ^3 . Учитывая, что

$$A = \frac{\mu h^2 k^2}{p} = G m_1 m_2,$$

где G – гравитационная постоянная, получим:

$$B = \frac{1 - k^2}{k^2} p A = \frac{1 - k^2}{k^2} G p m_1 m_2,$$

$$h^2 k^2 = G p (m_1 + m_2) = G a (1 - e^2) (m_1 + m_2).$$

Выведем третий закон Кеплера для прецессирующих орбит. Интеграл

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{(1 + e \cos \varphi)^2}$$

можно вычислить методами комплексного анализа. Однако мы для его вычисления рассмотрим обычный эллипс. Запишем для него:

$$\int_0^{2\pi} \rho^2 d\varphi = 2\pi ab,$$

где b – малая полуось эллипса. Подставляя сюда выражения:

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \varphi}, \quad b = a\sqrt{1 - e^2},$$

получим:

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{(1 + e \cos \varphi)^2} = \frac{2\pi}{(1 - e^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Применим полученный интеграл к задаче:

$$\int_0^{\frac{2\pi}{k}} \rho^2 d\varphi = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{k} = hT.$$

Таким образом,

$$T = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{hk} = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{\sqrt{Ga(1 - e^2)}(m_1 + m_2)} = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{G(m_1 + m_2)}}.$$

Следовательно,

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}. \quad (8)$$

Таким образом, мы получили третий закон Кеплера, который, как видно, справедлив и в случае прецессирующих орбит. Следует, однако, отметить, что под периодом T в этой формуле подразумевается время, прошедшее между двумя периастроми, то есть время, за которое полярный угол меняется на

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{k}.$$

Учитывая, что

$$\Delta\varphi = 2\pi + \dot{\omega}T,$$

где $\dot{\omega}$ – скорость изменения долготы периастроми орбиты, найдем связь между параметром прецессии k и $\dot{\omega}$:

$$k = \left(1 + \frac{\dot{\omega}T}{2\pi}\right)^{-1}. \quad (9)$$

Обратимся теперь к условию выполнения принципа эквивалентности. Это условие имеет вид:

$$A = Gm_1m_2, \quad B = Jm_1m_2, \quad (10)$$

где A и B – постоянные из формулы (5), J – фундаментальная постоянная. То есть для выполнения принципа эквивалентности нужно, чтобы постоянные из закона тяготения были пропорциональны произведению инертных масс тел. Следовательно, отношение

$$\delta = \frac{B}{A}$$

в случае выполнения принципа эквивалентности должно быть фундаментальной постоянной:

$$\delta = \frac{B}{A} = \frac{J}{G}.$$

Подставляя выражения для A и B из формулы (6) и учитывая формулы (1) и (9), получим:

$$\delta = a(1 - e^2) \frac{1 - k^2}{k^2}, \quad k = \left(1 + \frac{\dot{\omega}T}{2\pi}\right)^{-1}. \quad (11)$$

В 2010 году было известно три двойных пульсара с измеренными орбитальными параметрами ([1],[2],[3],[4],[5]). В настоящее время, возможно, их известно уже больше. Подставляя в формулу (11) значения большой полуоси орбиты a , эксцентриситета орбиты e , скорости изменения долготы периастра орбиты $\dot{\omega}$ и периода обращения T , получим значения δ для каждого двойного пульсара. Если принцип эквивалентности в природе выполняется, то δ – универсальная постоянная для всех двойных пульсаров.

Выведем теперь выражения для постоянной второго закона Кеплера и параметра прецессии при условии выполнения принципа эквивалентности. При выполнении принципа эквивалентности выполняется условие (10). Из формул (6), (7), (10) получим:

$$h^2 k^2 = Gp(m_1 + m_2), \quad h^2(1 - k^2) = J(m_1 + m_2). \quad (12)$$

Сложим почленно формулы (12). Получим:

$$h^2 = (Gp + J)(m_1 + m_2). \quad (13)$$

Из первой формулы (12) и формулы (13) следует, что

$$k^2 = \frac{Gp}{Gp + J}. \quad (14)$$

Таким образом, мы получаем выражения для постоянной второго закона Кеплера и параметра прецессии при условии выполнения принципа эквивалентности:

$$h = \sqrt{(Gp + J)(m_1 + m_2)}, \quad k = \sqrt{\frac{Gp}{Gp + J}}. \quad (15)$$

Интересно отметить, что при условии выполнения принципа эквивалентности параметр прецессии зависит только от фокального параметра орбиты. Чем больше фокальный параметр орбиты, тем параметр прецессии ближе к единице, и, следовательно, прецессия орбиты менее заметна.

Список литературы

1. An increased estimate of the merger rate of double neutron stars from observations of a highly relativistic system / M. Burgay, N. D'Amico, A. Possenti [et al.] // *Nature*. – 2003. – Vol. 426. – P. 531–533.
2. A double-pulsar system: a rare laboratory for relativistic gravity and plasma physics / A.G. Lyne, M. Burgay, M. Kramer [et al.] // *Science*. – 2004. – Vol. 303. – P. 1153–1157.
3. Discovery of a very bright, nearby binary millisecond pulsar / S. Johnston, D. R. Lorimer, P. A. Harrison [et al.] // *Nature*. – 1993. – Vol. 361. – P. 613–615.
4. Hulse R.A., Taylor J.H. Discovery of a pulsar in a binary system // *Astrophysical Journal*. – 1975. – Vol. 195. – P. L51–L53.
5. Taylor J.H., Fowler L. A., McCulloch P.M. Measurements of general relativistic effects in the binary pulsar PSR1913 + 16 // *Nature*. – 1979. – Vol. 277. – P. 437–440.

ПРЕЦЕССИЯ ОРБИТЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ



А. В. Сергиенко



Ярославский государственный институт качества сырья
и пищевых продуктов

Аннотация. Прецессия орбиты, известная также как смещение перигелия, если речь идет о Солнечной системе, или смещение периастра, если речь идет о тесных двойных системах ([1],[2],[3],[4],[5]), – хорошо известный эффект в астрофизике. Этот эффект является одним из основных подтверждений общей теории относительности. В классической механике в задаче многих тел возникает прецессия орбит, но, как принято считать, этот эффект недостаточен для описания наблюдений. И, как принято считать, для решения этой проблемы нужна общая теория относительности. Однако если мы модифицируем силу тяготения, добавив в нее дополнительное слагаемое, то сможем описать прецессию орбиты в рамках чисто классической механики.

Ключевые слова: прецессия орбиты, классическая механика, общая теория относительности.

ORBITAL PRECESSION IN CLASSICAL MECHANICS



A. Sergiyenko



Yaroslavl State Institute for the Quality of Raw Materials and Food
Products

Annotation. Orbital precession, also known as perihelion shift in the Solar System or periastron shift in close binary systems, is a well-known effect in astrophysics. This effect is one of the main confirmations of the general theory of relativity. In classical mechanics, orbital precession occurs in the many-body problem, but this effect is generally considered insufficient to describe observations. And, as is commonly believed, to solve this problem we need the general theory

of relativity. However, if we modify the force of gravity by adding an additional term, we can describe the precession of the orbit within the framework of purely classical mechanics.

Keywords: orbital precession, classical mechanics, general theory of relativity.

Рассмотрим сначала, как описывается этот эффект в общей теории относительности. Изложим основную идею этого описания согласно книге Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшица «Теория поля» ([6]). В этом описании используется лагранжеев формализм, основным объектом которого является действие – функционал, характеризующий некоторую систему, например систему материальных точек. К материальным точкам можно отнести планеты, так как их размеры ничтожны по сравнению с расстоянием до Солнца. Однако в этом описании нет уравнения орбиты в явном виде. Ведь когда мы говорим о прецессии орбиты, первое, что нужно сделать, – это записать уравнение орбиты в явном виде. Оно легко записывается, и мы увидим это в дальнейшем. Вместо этого в данном описании приводится уравнение орбиты в неявном виде:

$$\varphi + \frac{\partial S_r}{\partial M}(r) = \text{const.} \quad (1)$$

Здесь φ – полярный угол, r – расстояние от планеты до Солнца, S_r – радиальная часть действия, M – параметр (момент импульса планеты). Второе слагаемое в левой части уравнения (1) представляет собой функцию расстояния. Может ли такое уравнение описывать эллипс? Эллипс обладает тем свойством, что мы можем указать две разные точки на нем, равноудаленные от одного фокуса. Естественно, значения полярных углов этих точек будут разными. Поэтому если мы подставим в уравнение (1) полярные координаты этих двух точек, то правые части окажутся разными. Следовательно, уравнение (1) не может описывать эллипс.

Рассмотрим теперь, как можно описать прецессию орбиты в классической механике. Для этого нужно, прежде всего, записать уравнение прецессирующего эллипса в полярных координатах. Уравнение прецессирующего эллипса отличается от уравнения обычного эллипса. Чтобы описать прецессию, необходимо в уравнении обычного эллипса под косинус полярного угла внести коэф-

фицент. Рассмотрим движение двух точечных тел по подобным, равномерно прецессирующим в направлении движения тел эллипсам. Уравнение относительной траектории тел:

$$\rho = \frac{p}{1 + e \cos k\varphi}, \quad p = a(1 - e^2), \quad k = 1 - \epsilon, \quad 0 < \epsilon \ll 1. \quad (2)$$

Здесь ρ – расстояние между телами, φ – полярный угол, отсчитываемый от периастра (момента наибольшего сближения тел), p – фокальный параметр эллипса, a – большая полуось эллипса, e – эксцентриситет ($0 < e < 1$), k – параметр прецессии. Здесь параметр прецессии $k = 1 - \epsilon$, где $0 < \epsilon \ll 1$, что соответствует медленному и равномерному смещению периастра в направлении движения тел. Согласно второму закону Кеплера произведение квадрата расстояния между телами на угловую скорость есть постоянная. Исходя из этого, мы можем записать:

$$\rho^2 \dot{\varphi} = v_p a(1 - e) = h, \quad (3)$$

где v_p – относительная скорость тел в периастре, h – постоянная.

Вычислим относительное ускорение тел. Оно равно:

$$-w_\rho = \rho \dot{\varphi}^2 - \ddot{\rho} = \frac{h^2 k^2}{p \rho^2} + \frac{h^2(1 - k^2)}{\rho^3}, \quad (4)$$

$$w_\varphi = \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt}(\rho^2 \dot{\varphi}) = 0. \quad (5)$$

Здесь точки сверху обозначают дифференцирование по времени. Для силы можно написать:

$$F(\rho) = -\frac{w_\rho}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}} = \frac{A}{\rho^2} + \frac{B}{\rho^3}, \quad (6)$$

$$A = \frac{\mu h^2 k^2}{p}, \quad B = \mu h^2(1 - k^2), \quad (7)$$

где

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad (8)$$

– приведенная масса двух тел. Таким образом, мы получили, что сила притяжения между двумя точечными телами, движущимися по прецессирующим орбитам, состоит из двух слагаемых. Первое слагаемое – это ньютоновская сила, обратно пропорциональ-

ная ρ^2 , а второе слагаемое обратно пропорционально ρ^3 . Учитывая, что

$$A = \frac{\mu h^2 k^2}{p} = G m_1 m_2,$$

где G – гравитационная постоянная, получим:

$$B = \frac{1 - k^2}{k^2} p A = \frac{1 - k^2}{k^2} G p m_1 m_2,$$

$$h^2 k^2 = G p (m_1 + m_2) = G a (1 - e^2) (m_1 + m_2).$$

Выведем третий закон Кеплера для прецессирующих орбит. Интеграл

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{(1 + e \cos \varphi)^2}$$

можно вычислить методами комплексного анализа. Однако мы для его вычисления рассмотрим обычный эллипс. Запишем для него:

$$\int_0^{2\pi} \rho^2 d\varphi = 2\pi a b,$$

где b – малая полуось эллипса. Подставляя сюда выражения:

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \varphi}, \quad b = a\sqrt{1 - e^2},$$

получим:

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{(1 + e \cos \varphi)^2} = \frac{2\pi}{(1 - e^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Применим полученный интеграл к задаче:

$$\int_0^{\frac{2\pi}{k}} \rho^2 d\varphi = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{k} = hT.$$

Таким образом,

$$T = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{hk} = \frac{2\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}{\sqrt{Ga(1 - e^2)(m_1 + m_2)}} = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{G(m_1 + m_2)}}$$

Следовательно,

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}. \quad (9)$$

Таким образом, мы получили третий закон Кеплера, который, как видно, справедлив и в случае прецессирующих орбит. Следует, однако, отметить, что под периодом T в этой формуле подразумевается время, прошедшее между двумя периастроми, то есть время, за которое полярный угол меняется на

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{k}.$$

Учитывая, что

$$\Delta\varphi = 2\pi + \dot{\omega}T,$$

где $\dot{\omega}$ – скорость изменения долготы периастроми орбиты, найдем связь между параметром прецессии k и $\dot{\omega}$:

$$k = \left(1 + \frac{\dot{\omega}T}{2\pi}\right)^{-1}. \quad (10)$$

В заключение, получим выражение для интеграла энергии. Уравнения движения двух взаимодействующих точечных тел под действием силы притяжения имеют вид:

$$m_1\vec{w}_1 = -\vec{F}, \quad m_2\vec{w}_2 = \vec{F}.$$

Здесь m_1 и m_2 – массы тел, \vec{w}_1 и \vec{w}_2 – их ускорения, \vec{F} – сила, с которой первое тело действует на второе. Будем считать для определенности, что $m_1 \geq m_2$. Умножим скалярно первое уравнение на $d\vec{\rho}_1$, а второе – на $d\vec{\rho}_2$, где $\vec{\rho}_1$ и $\vec{\rho}_2$ – радиусы-векторы тел. Затем сложим почленно полученные уравнения. В результате получим:

$$m_1(\vec{w}_1 \cdot d\vec{\rho}_1) + m_2(\vec{w}_2 \cdot d\vec{\rho}_2) = (\vec{F} \cdot d(\vec{\rho}_2 - \vec{\rho}_1)) = (\vec{F} \cdot d\vec{\rho}),$$

где $\vec{\rho} = \vec{\rho}_2 - \vec{\rho}_1$ – относительный радиус-вектор (радиус-вектор второго тела относительно первого). Так как

$$\begin{aligned} m_1(\vec{w}_1 \cdot d\vec{\rho}_1) + m_2(\vec{w}_2 \cdot d\vec{\rho}_2) &= m_1(\vec{v}_1 \cdot d\vec{v}_1) + m_2(\vec{v}_2 \cdot d\vec{v}_2) \\ &= d\left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}\right) = d\frac{\mu v^2}{2}, \end{aligned}$$

где \vec{v}_1 и \vec{v}_2 – скорости тел, $\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ – относительная скорость двух тел, а

$$\vec{F} = -\left(\frac{A}{\rho^2} + \frac{B}{\rho^3}\right)\vec{e}_\rho,$$

где

$$\vec{e}_\rho = \frac{\vec{\rho}}{|\vec{\rho}|}$$

– единичный вектор, проведенный по направлению от первого тела ко второму, то

$$d\frac{\mu v^2}{2} = -\left(\frac{A}{\rho^2} + \frac{B}{\rho^3}\right)d\rho = d\left(\frac{A}{\rho} + \frac{B}{2\rho^2}\right).$$

Следовательно,

$$\frac{\mu v^2}{2} - \frac{A}{\rho} - \frac{B}{2\rho^2} = C,$$

где C – постоянная. Таким образом,

$$K = \frac{\mu v^2}{2}$$

– кинетическая энергия тел,

$$U = -\frac{A}{\rho} - \frac{B}{2\rho^2}$$

– потенциальная энергия их взаимодействия. Найдем константу C . Для этого подставим в выражение для квадрата относительной скорости тел:

$$v^2 = \dot{\rho}^2 + \rho^2\dot{\phi}^2$$

уравнение относительной орбиты:

$$\rho = \frac{p}{1 + e \cos k\phi}, \quad \rho^2\dot{\phi} = h.$$

После преобразований получим:

$$\frac{\mu v^2}{2} - \frac{A}{\rho} - \frac{B}{2\rho^2} = -\frac{A}{2a}. \quad (11)$$

Таким образом, полная энергия системы:

$$E = K + U = -\frac{A}{2a}.$$

Мы рассмотрели задачу двух тел. Мы показали, что, вопреки распространенному мнению, в классической механике в задаче двух тел появляется прецессия орбиты. В нашем случае параметр прецессии $k < 1$, что соответствует смещению периастра в направлении движения тел. Это соответствует наблюдениям. Теоретически также возможно рассмотреть случай $k > 1$, который соответствует смещению периастра в направлении, противоположном движению тел. Интересно также отметить, что теорема вириала ([7]), справедливая в задаче двух тел, взаимодействующих с ньютоновской силой тяготения, обратно пропорциональной квадрату расстояния между телами, перестает работать в случае прецессирующих орбит.

Список литературы

1. *Burgay M., D'Amico N., Possenti A. [et al.] An increased estimate of the merger rate of double neutron stars from observations of a highly relativistic system // Nature. – 2003. – Vol. 426. – P. 531–533.*
2. *Lyne A. G., Burgay M., Kramer M. [et al.] A double-pulsar system: a rare laboratory for relativistic gravity and plasma physics // Science. – 2004. – Vol. 303. – P. 1153–1157.*
3. *Johnston S., Lorimer D. R., Harrison P. A. [et al.] Discovery of a very bright, nearby binary millisecond pulsar // Nature. – 1993. – Vol. 361. – P. 613–615.*
4. *Hulse R. A., Taylor J. H. Discovery of a pulsar in a binary system // Astrophysical Journal. – 1975. – Vol. 195. – P. L51–L53.*
5. *Taylor J. H., Fowler L. A., McCulloch P. M. Measurements of general relativistic effects in the binary pulsar PSR1913 + 16 // Nature. – 1979. – Vol. 277. – P. 437–440.*
6. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. – Москва: Наука, 1973. – 508 с.*
7. *Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии. – Москва: УРСС, 2001. – 544 с.*

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТОВ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

 **М. В. Мартынов, Е. А. Огрызков**

 Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского

Аннотация. Для планирующихся миссий по исследованию дальних областей Солнечной системы важным является сокращение времени полетов космических аппаратов и их удешевление. Одним из возможных вариантов решения таких задач оказывается использование солнечного паруса. В работе строится математическая модель движения такого объекта, анализируется зависимость параметров движения космического аппарата в зависимости от парусности как его основной характеристики. Показано, что сокращение времени полета и увеличение скорости являются существенными для высоких значений парусности.

Ключевые слова: солнечный парус, межпланетные миссии, световое давление, космические технологии.

83

APPLICATION OF SOLAR SAIL SPACECRAFT FOR EXPLORING DISTANT REGIONS OF THE SOLAR SYSTEM

 **M. Martynov, E. Ogryzkov**

 Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky

Annotation. For planned missions to explore distant regions of the Solar System, reducing spacecraft flight time and cutting costs are of paramount importance. One possible solution to such challenges is the use of a solar sail. This study develops a mathematical model of the motion of such an object and analyzes the dependence of spacecraft motion parameters on its sail loading as its primary characteris-

tic. It is shown that reductions in flight time and increases in velocity are significant for high values of sail loading.

Keywords: solar sail, interplanetary missions, light pressure, space technologies.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование дальних рубежей Солнечной системы, таких как пояс Койпера и облако Оорта, а также перспектива будущих межзвездных миссий, представляет собой одну из наиболее амбициозных задач современной космонавтики. Растущий научный интерес к этим областям обусловлен возможностью получить уникальные данные о ранних этапах формирования нашей планетной системы и физических условиях на ее границах.

Однако реализация таких миссий сталкивается с фундаментальным ограничением, которое накладывают возможности современных химических ракетных двигателей. Для полетов к окраинам Солнечной системы в приемлемые сроки (десятилетия, а не столетия) необходимы скорости, труднодостижимые для аппаратов, использующих традиционное топливо. Огромная масса топлива, требуемая для разгона, и короткое время работы двигателей делают такие проекты чрезвычайно сложными и дорогостоящими.

В качестве перспективной альтернативной технологии, способной преодолеть этот барьер, активно рассматривается использование солнечного паруса. Принцип его действия основан на использовании импульса, передаваемого аппарату потоком солнечных фотонов [1, 2]. Давление солнечного излучения составляет около 9 мкН/м^2 на расстоянии 1 а.е. от Солнца. Хотя величина кажущаяся незначительной, при правильном проектировании аппарата (большая площадь паруса и малая масса полезной нагрузки) она позволяет развивать ощутимое ускорение на протяжении длительного времени. Такая непрерывная, хотя и малая, сила тяги, в отличие от химических двигателей, действует на аппарат постоянно и не требует расхода топлива. Накапливаясь в течение месяцев и лет, этот эффект позволяет развивать скорости, сравнимые с ракетными двигателями.

Несмотря на высокую перспективность, солнечные паруса имеют ряд ограничений. Прежде всего, это крайне низкое ускорение, что делает невозможным быстрые маневры и ограничива-

ет применение для пилотируемых миссий. Эффективность паруса снижается обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца, что делает применение в дальнем космосе менее результативным. Также существуют технические сложности, связанные с разворачиванием больших и тонких структур в условиях невесомости. Управление ориентацией требует точной и надежной электроники, а риск повреждения тонкого материала микрометеоритами остается актуальным. Тем не менее, эти проблемы постепенно решаются с развитием технологий [3].

Целью данной работы является математическое моделирование динамики космического аппарата, оснащенного солнечным парусом, в гравитационном поле Солнечной системы. Основное внимание уделяется анализу влияния ключевой характеристики паруса – его парусности σ , определяемой как отношение площади к массе, – на параметры итоговой траектории и конечную скорость аппарата.

Для достижения поставленной цели была разработана математическая модель, описывающая движение аппарата под действием гравитационных сил со стороны Солнца и планет, а также силы светового давления. Соответствующая система дифференциальных уравнений была составлена и решена численно. Моделирование и визуализация результатов проводились в программной среде Wolfram Mathematica.

ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

Для построения модели будет рассматриваться случай плоского паруса. Зеркальная модель плоского паруса является удовлетворительной для решения траекторных задач, не затрагивающих вопросов, связанных с физическим состоянием самого паруса или с его конструктивными особенностями.

Давление, создаваемое солнечным излучением на плоский парус, можно представить в виде [1]:

$$P_r^{\text{отр}} = \frac{(1 + \varepsilon)S_r}{c}, \quad (1)$$

$$S_r = S_r \left(\frac{r_3}{r} \right)^2, \quad (2)$$

где ε – коэффициент отражения поверхности паруса, S_r – плотность потока энергии на расстоянии r от Солнца, а

$$S_3 = 1360,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

– солнечная постоянная, т. е. плотность потока энергии на расстоянии от Солнца равному r_3 или одной а.е., c – скорость света.

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение материальной точки массы m с учетом эффективного воздействия солнечного излучения на парус с площадью поверхности $S_{\text{пов}}$.

Уравнение движения можно представить в виде

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = - \sum_j G \frac{m_j}{|\vec{r} - \vec{r}_j|^3} (\vec{r} - \vec{r}_j) + P_r^{\text{отр}} \frac{S_{\text{пов}}}{m} \cdot \frac{(\vec{r} - \vec{r}_1)}{|\vec{r} - \vec{r}_1|^3}. \quad (3)$$

В уравнении (3) первым слагаемым учтено гравитационное воздействие со стороны планет Солнечной системы, второе слагаемое описывает ускорение, создаваемое световым давлением.

Для обезразмеривания уравнения (3) введем новые единицы:

$$\vec{r}_i = r_3 \cdot \vec{x}_i,$$

$$t = T \cdot \tau, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}, \quad (4)$$

$$m_i = \mu_i \cdot M_{\odot}.$$

То есть все расстояния будут выражены в долях а.е., время – в долях сидерического года, а массы – в долях массы Солнца.

С учетом введенных единиц уравнение движения (3) примет вид

$$\frac{d^2 \vec{x}}{d\tau^2} = -4\pi^2 \sum_j \frac{m_j}{|\vec{x} - \vec{x}_j|^3} (\vec{x} - \vec{x}_j) + 4\pi^2 \frac{r_3^2}{GM_{\odot}} \cdot P_3^{\text{отр}} \cdot \frac{S_{\text{пов}}}{m} \cdot \frac{(\vec{x} - \vec{x}_1)}{|\vec{x} - \vec{x}_1|^3}. \quad (5)$$

Возникающий множитель для случая полного отражения имеет значение:

$$\frac{4\pi^2 r_3^2}{GM_{\odot}} \cdot P_3^{\text{отр}} = \frac{4\pi^2 r_3^2}{GM_{\odot}} \cdot \frac{2S_3}{c} = 0,060435 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}. \quad (6)$$

Далее для вычислений мы используем значения:

$$\begin{aligned}GM_{\odot} &= 1,32712442099 \cdot 10^{20} \frac{M^3}{c^2}, \\1 \text{ а. е.} &= 149\,597\,870\,700 \text{ м}, \\T &= 2\pi \sqrt{\frac{1 \text{ а. е.}^3}{GM_{\odot}}} = 31\,558\,149,8 \text{ с.}\end{aligned}\tag{7}$$

В качестве ключевого параметра, характеризующего эффективность солнечного паруса, вводится параметр парусности σ , определяемый как отношение площади поверхности паруса $S_{\text{пов}}$ к полной массе аппарата m :

$$\sigma = \frac{S_{\text{пов}}}{m}.\tag{8}$$

Варьирование данного параметра в моделировании позволяет оценить влияние характеристик паруса на итоговую траекторию и скорость космического аппарата. Для различных аппаратов параметр парусности σ может составлять от единиц до десятков для типичных межпланетных аппаратов и вплоть до тысяч для микро- и наноспутников [4, 5].

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ WOLFRAM MATHEMATICA

Для численного решения получившейся системы дифференциальных уравнений (5) была составлена программа на языке Wolfram Language. В ходе решения для получения законов движения аппарата необходимы были начальные условия: начальное положение и скорость, а также законы движения планет. Эти данные были получены с помощью системы астрономических данных NASA Horizons [3, 6, 7].

В качестве базового сценария для моделирования был выбран аппарат «Пионер-10». Этот аппарат, запущенный 3 марта 1972 года, стал первым, достигшим внешних планет и начавшим движение за пределы Солнечной системы. В нашей модели предполагалось, что на аппарат, аналогичный «Пионеру-10», был установлен солнечный парус. В качестве начальных условий были взяты его реальные положение и скорость. Такой подход позволяет оценить, какой выигрыш в скорости и дальности полета можно было бы получить,

используя солнечный парус для ускорения на начальном этапе межпланетного перелета.

На графике 1 показана зависимость добавочной скорости ΔV от времени полета для трех различных значений парусности. Как видно из графика, скорость аппарата со временем увеличивается и приближается к некоторому предельному значению. Этот процесс происходит значительно быстрее и приводит к более высоким конечным скоростям для аппаратов с большей парусностью. Например, для $\sigma = 1000 \text{ м}^2/\text{кг}$ добавочная скорость приближается к 11 км/с, в то время как для $\sigma = 700 \text{ м}^2/\text{кг}$ она достигает лишь около 1,8 км/с. Это демонстрирует, что постоянное, хоть и слабое, давление солнечного света способно со временем разогнать аппарат до скоростей, сравнимых со скоростями современных аппаратов на ракетных двигателях с химическим топливом.

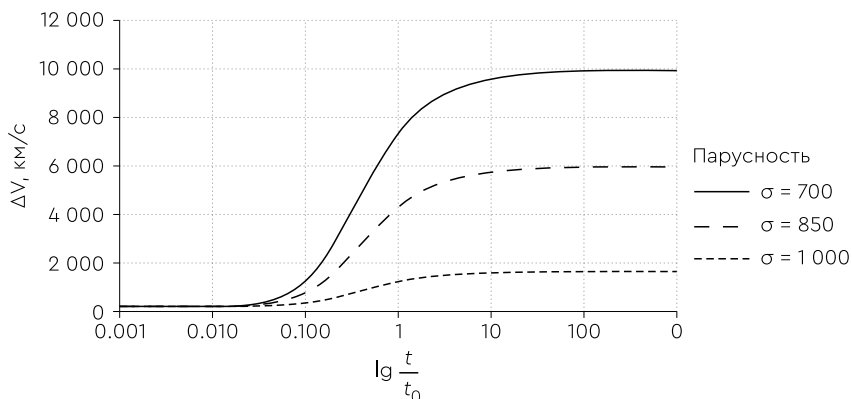


Рис. 1. Зависимость добавочной скорости от времени полета

На графиках 2 и 3 представлены итоговые параметры полета – расстояние от Солнца и гелиоцентрическая скорость – через 54 года (т. е. на текущий момент) в зависимости от параметра парусности. Оба графика показывают выраженный рост этих величин при увеличении σ , особенно в области высоких значений. При малых значениях парусности $\sigma < 50 \text{ м}^2/\text{кг}$ прирост дальности и скорости незначителен. Однако для высоких значений $\sigma > 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ наблюдается резкое увеличение как пройденного расстояния, так и набранной скорости. Так, при $\sigma = 1000 \text{ м}^2/\text{кг}$ аппарат за 54 года может удалиться от Солнца на расстояние более 600 а. е. и развить скорость свыше 50 000 м/с.

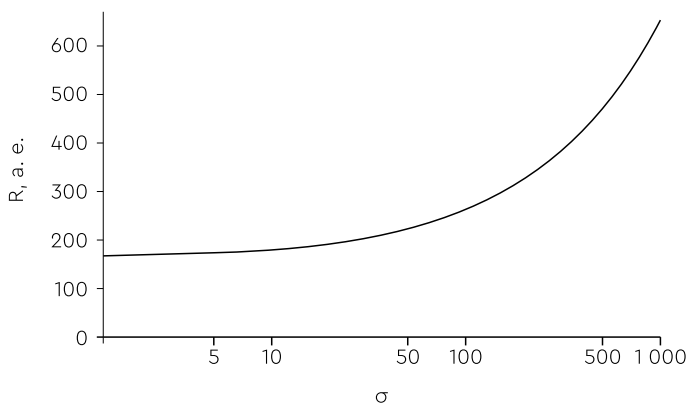


Рис. 2. Расстояние от Солнца в зависимости от парусности через 54 года полета

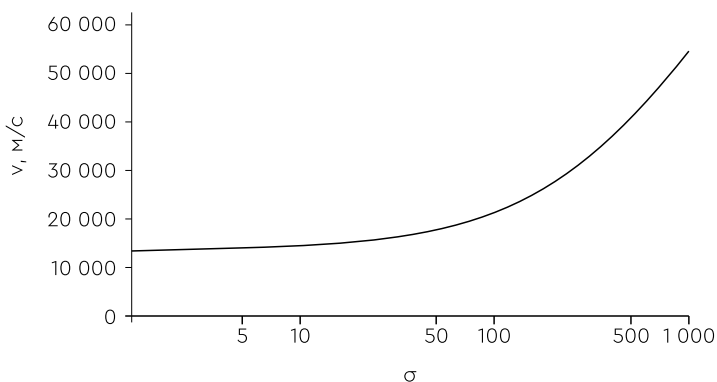


Рис. 3. Скорость от Солнца в зависимости от парусности через 54 года полета

Эти результаты подтверждают ключевую роль парусности как основного параметра, определяющего эффективность миссии с использованием солнечного паруса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была разработана математическая модель движения космического аппарата с солнечным парусом и прове-

дено численное моделирование для оценки влияния параметра парусности на динамику полета.

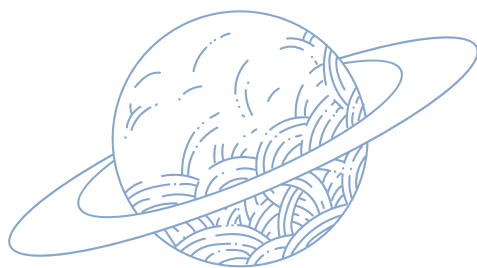
Результаты показали, что использование солнечного паруса с высокой парусностью сотни и тысячи $\text{м}^2/\text{кг}$ позволяет достичь скоростей и дальностей полета, значительно превосходящих возможности современных технологий. Это открывает реальные перспективы для исследования дальних рубежей Солнечной системы, таких как пояс Койпера и облако Оорта, в приемлемые сроки.

Дальнейшее развитие работы может включать учет неидеальности отражающей поверхности, оптимизацию углов ориентации паруса и моделирование более сложных гравитационных маневров.

Список литературы

1. Поляхова Е. Н. Космический полет с солнечным парусом. – Москва: URSS, 2018. – 320 с.
2. Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: Наука, 1980. – 511 с.
3. Giorgini J. D. [et al.] Status of the JPL Horizons Ephemeris System // 2015.
4. Ancona E., Kezerashvili R. Y., Matloff G. L. Exploring the Kuiper Belt with sun-diving solar sails // Acta Astronautica. – 2019. – Vol. 160. – P. 601–605.
5. Лебедев К. А., Салимов Н. Р., Сафин А. Р. Солнечные паруса и их использование в современных космических программах // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 6 (87). – С. 1708–1715.
6. Solar System Dynamics Group. Horizons System. – California Institute of Technology. – URL: <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/> (дата обращения: 28.01.2026). – Текст: электронный.
7. Turyshev S. G., Klupar P., Loeb A. [et al.] Exploration of the outer solar system with fast and small sailcraft. – 2020. – E-print: arXiv:2005.12336 [astro-ph.IM]. – Текст: электронный.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ
И ПРОСВЕЩЕНИЕ



ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ АСТРОНОМИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ: ОПЫТ ПЛАНЕТАРИЯ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



И. А. Феоктистова



Планетарий Самарского университета

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества одной из форм работы по популяризации астрономии. Приводится опыт работы планетария Самарского университета в качестве научной астрономической площадки в массовых, культурных, спортивных мероприятиях. Определяются ключевые элементы успешного проведения таких мероприятий.

Ключевые слова: планетарий, массовое мероприятие, популяризация астрономии, астрономические наблюдения.

92

POPULARIZATION OF ASTRONOMY THROUGH MASS EVENTS. THE EXPERIENCE OF THE PLANETARIUM AT SAMARA UNIVERSITY



I. Feoktistova



Planetarium at Samara University

Annotation. The article discusses the advantages of one of the forms of work on popularization of astronomy. The experience of the Planetarium of Samara University as a scientific astronomical platform in mass, cultural, and sports events is presented. The key elements of a successful event are identified.

Keywords: planetarium, mass event, popularization of astronomy, astronomical observations.

Астрономия – наука, которая веками будоражит умы человечества, заставляя нас смотреть в небо с трепетом и любопытством. Однако для многих она остается чем-то далеким и сложным, доступным лишь узкому кругу специалистов. В настоящее время популяризация астрономии активно набирает обороты, во многом благодаря участию в массовых мероприятиях представителей астрономических сообществ и планетариев. Необходимость популяризации наук о космосе в настоящее время увеличивается в связи с тем, что астрономия как предмет отсутствует в школьной программе. Поэтому для астрономического просвещения особенно важно, чтобы оно было направлено на широкие массы общественности. При проведении массовых мероприятий – фестивалей, праздников, дней города, выставок – часто собирается большое количество людей, которые могут быть участниками демонстрационных астрономических наблюдений, слушателями популярных лекций по астрономии или участниками познавательных игр. Для подготовки площадок на подобных мероприятиях привлекаются различные организации, которые могут не только развлекать, но и популяризировать научные знания. В этом случае планетарий может выступить в роли организатора одной из площадок. Привлекательность участия в подобных мероприятиях заключается в том, что подготовку и привлечение контингента берут на себя организаторы, а планетарий обеспечивает организацию работы площадки. Также при участии в большом празднике или фестивале обычно собирается значительное количество посетителей. Поэтому есть возможность установить контакт с различными аудиториями.

Привлекательность участия в таких мероприятиях с целью популяризации астрономии заключается еще и в следующем.

1. *Доступность и демократичность коммуникаций.* Массовые мероприятия стирают границы между наукой и обычным человеком. Они не требуют специальных знаний и подготовки. Любой, кто испытывает интерес к космосу, может прийти, посмотреть, послушать и задать вопросы.
2. *Эмоциональное вовлечение аудитории.* Организация астрономических наблюдений Солнца, Луны, планет в телескоп, рассказ о далеких галактиках под звездным небом – это не просто получение информации, это настоящее приключение. Эмоции, которые испытывают участники, запоминаются надолго и пробуждают искренний интерес к предмету.

3. *Интерактивность и наглядность.* Вместо скучных лекций все желающие могут попробовать привести телескоп или бинокль на выбранный объект, познакомиться с подвижной картой звездного неба, ответить на вопросы астрономической викторины и получить приз. Возможность увидеть своими глазами пятна на Солнце, кратеры на Луне, поучаствовать в мастер-классе по изготовлению лунного календаря, научиться находить созвездия при помощи астрономических приложений делает процесс наглядным и интересным. Интерактивный формат взаимодействия с аудиторией делает коммуникацию более эффективной.
4. *Социальный аспект.* Массовые мероприятия – это возможность встретить единомышленников, обменяться впечатлениями, почувствовать себя частью сообщества любителей астрономии. Это создает позитивную атмосферу и мотивирует к дальнейшему изучению.
5. *Разрушение стереотипов.* Часто астрономия ассоциируется с чем-то сухим и наукообразным. Массовые мероприятия показывают, что это может быть весело, захватывающе и даже романтично [1].

Следует выделить несколько ключевых элементов успешного проведения мероприятия.

1. Профессиональные спикеры. Приглашение увлеченных астрономов, ученых и популяризаторов науки, которые умеют говорить интересно и доступно.
2. Наглядные материалы. Использование качественных фотографий, видео, моделей, интерактивных демонстраций.
3. Тщательная предварительная подготовка. Необходимо заранее уточнить место проведения, оборудование, время, примерное количество и возраст посетителей. В случае проведения астрономических наблюдений необходимо заранее учесть объекты, которые можно показать на небе, в зависимости от экспозиции, засветки и времени суток.

В качестве иллюстрации того, как планетарий может принимать участие в крупных культурных и спортивных массовых мероприятиях, можно привести пример нескольких мероприятий, в которых участвовал планетарий Самарского университета с 2023 по 2025 год.

Планетарий Самарского университета является структурным подразделением крупного вуза. Он располагается в одном из кор-

пусов университета в центре города и имеет несколько помещений, в том числе звездный зал, оборудованный сферическим потолком диаметром 6 м и проекционной системой, позволяющей не только показывать полнокупольные фильмы, но и проводить лекции с использованием аудиовидеотехники и специализированных программ. Планетарий располагает несколькими телескопами и биноклями, необходимыми для проведения астрономических наблюдений. Это позволяет не только организовывать и проводить собственные мероприятия, но и участвовать в крупных массовых мероприятиях, которые проводит университет. При необходимости можно привлекать необходимое количество волонтеров. В университете действует волонтерская организация, состоящая из студентов.

Самарский университет образовался в результате объединения Самарского аэрокосмического университета и Самарского государственного университета. Поэтому в его составе есть как обширная материальная и техническая база, так и большое количество специалистов по различным дисциплинам. Именно это позволяет проводить массовые мероприятия, которые привлекают большое внимание общественности и становятся яркими праздниками для всего города.

В течение года университет проводит различные массовые мероприятия, рассчитанные не только на студенческую аудиторию, на школьников, студентов колледжей, но на всех жителей города, желающих принять участие в событии. Для организации подобных мероприятий привлекаются различные подразделения вуза. В таком случае они становятся эффективными площадками для популяризации различных наук.

Фестиваль студенческих объединений (ФСО) – это массовое мероприятие, которое проходит обычно в начале сентября. Организатором выступает управление внеучебной работы Самарского университета. В этот день на территории кампусов студенты 1 курсов приходят и знакомятся с клубами, спортивными секциями, студиями, музеями и различными подразделениями университета, которые принимают участие во внеучебной работе со студентами. Каждой площадке выделяют свое место и оборудование. Площадки работают весь день, с 10 до 17 часов. Так, чтобы все студенты первых курсов прошли через каждую площадку и познакомились с возможностями вуза. Обычно студентов разбивают на группы по 15–20 человек, и кураторы каждой группы подводят студентов и

знакомят с площадкой. Продолжительность беседы со студентами на площадке разная от 10 до 20 минут, в зависимости от проявленного интереса. Планетарий с помощью волонтеров из студенческого астрономического клуба «Вега» организует две площадки. На них устанавливаются телескопы, бинокли, проводятся наблюдения Солнца (если позволяет погода). Волонтеры готовят викторины, игры, мастер-классы и рассказывают о работе планетария и деятельности астрономического клуба. Победителям викторин вручают небольшие призы (брелки, календарики, значки). На площадке представлена атрибутика планетария и астроклуба (флаг, штендер, буклеты, раздаточный материал). Так как учебные корпуса университета разбросаны по городу, студенты, обучающиеся, например, на филологическом факультете, могут совсем не посещать корпус, в котором находится планетарий. Именно поэтому благодаря проведению подобного ознакомительного мероприятия и работе планетария на площадке студенты имеют возможность познакомиться с его деятельностью и в дальнейшем приобрести к возможностям астрономического просвещения в университете.



Фото 1. Астрономическая площадка на ФСО 2025 год

Второе крупное мероприятие – это праздник улицы В. П. Лукачева (ПУЛ). Оно проходит каждый год в конце мая в Самаре в выходной день. Это одно из самых масштабных мероприятий университета, посвященное памяти Виктора Павловича Лукачева – первого легендарного ректора нашего университета (Куйбышевского авиационного института, позже Самарского аэрокосмического университета, сейчас Самарского университета). Праздник проходит на территории кампуса университета, так как именно кампус южной площадки университета находится на улице В.П. Лукачева. Во время праздника проходят образовательные, развлекательные, спортивные мероприятия для студентов и всех жителей города. Территория кампуса разбивается на несколько площадок. На них представлены: спортивный сектор, научные объединения, творческие коллективы, интерактивные площадки, военно-патриотические объединения и др. Обычно на празднике проходят различные концерты, на площадках спортивных секций можно попробовать свои силы в преодолении спортивной переправы, а на площадке исторических реконструкций – познакомиться с костюмами прошлых эпох.

Праздник привлекает не только студентов, но и жителей города, как взрослых, так и детей. Он имеет большую медийную поддержку и широко освещается в СМИ. Программа мероприятий распланирована на весь день. Планетарий вместе с астрономическим клубом «Вега» организуют свою площадку. Обычно площадка располагается так, чтобы можно было проводить наблюдения в телескоп. Днем сотрудники показывают Солнце, а ближе к вечеру – Луну. На площадке организуются мероприятия для разных целевых групп. Для детей обычно проводятся игры и викторины. Для студентов и взрослых посетителей подготовлены мастер-классы и астрономические наблюдения. Посетителям рассказывают о работе планетария и проводят популярные лекции по астрономии. Праздник продолжается с утра и до вечера, поэтому на площадке обычно работает несколько команд волонтеров. Планетарий принимал участие в этом празднике с 2019 года с перерывом в годы пандемии. Большое количество людей приходит на праздник с детьми. Это позволяет заинтересовать астрономией не только взрослых жителей города, но и самых маленьких посетителей. Познакомиться с мероприятиями праздника, которые состоялись в 2025 году, можно ознакомиться по ссылке [2].



Фото 2. Праздник улицы Лукачева

Еще одно интересное мероприятие, которое было впервые организовано в 2025 году планетарием и яхт-клубом Самарского университета, объединило в себе интерес к звездам и парусным яхтам. Оно получило название «Звездные гонки» и было приурочено к наблюдению метеорного потока «Персеиды», проводилось в середине августа 2025 года.

Мероприятие проводилось только для студентов Самарского университета. Основная цель проекта – популяризация парусного спорта и астрономии через связь этой науки с практическим применением в астронавигации. Организацией мероприятия занималось управление внеучебной работы (спортивный сектор) при поддержке планетария.



Фото 3, 4. «Звездные гонки» август 2025 года

В процессе проекта предполагалось рассказать о том, как использовались знания астрономии в мореплавании, показать, как управляют парусной яхтой, и провести астрономические наблюдения. Идея проведения подобного мероприятия возникла в связи с тем, что в городе проводить астрономические наблюдения сложно из-за засветки. Из-за светового загрязнения ночное небо

над Самарой намного ярче естественного звездного неба. Поэтому встает необходимость выбора безопасной и удобной площадки для астрономических наблюдений с учетом этого эффекта, особенно когда необходимо проводить наблюдения всю ночь. Выбор локации проведения мероприятия остановился на яхт-базе университета.

Самарский университет имеет яхт-клуб, который располагается за Волгой, напротив речного вокзала, на острове Поджабный. На остров организована регулярная переправа с речного вокзала. На территории клуба есть домик сторожа, ангар для хранения парусных яхт, вагончики для размещения со спальными местами, оборудованная газом и водой летняя крытая кухня. Территория огорожена и охраняется. На территории есть места для установки палаток. Яхт-клуб находится на берегу внутреннего озера, которое расположено в центре острова. Рядом с базой есть открытая территория, удобная для проведения астрономических наблюдений. Засветка от города небольшая, а охраняемая территория позволяет безопасно проводить ночные наблюдения. На несколько дней в середине августа студенты совместно с сотрудниками планетария, тренером по парусному спорту и преподавателями отправились на это мероприятие. Днем ребята обучались искусству управления парусными яхтами. Опытные инструкторы помогли им освоить основные навыки управления парусной яхтой. Также днем проводились популярные лекции по астрономии и наблюдения Солнца в телескоп. Вечером были организованы лекции по астрономии и проводилась подготовка к астрономическим наблюдениям. На лекциях ребята познакомились с принципами ориентирования по звездам, созвездиями летнего неба, яркими навигационными звездами, узнали о принципах астронавигации, о практическом использовании астрономических знаний в мореплавании. Вечером перед наблюдениями была предусмотрена культурная программа: ребята пели песни под гитару у костра. Время проведения мероприятия было выбрано специально, чтобы не только понаблюдать в телескоп, но и потренироваться в наблюдении метеорного потока Персеиды. Ночью проводились наблюдения метеорного потока.

В результате организации и проведения этого мероприятия была апробирована новая форма взаимодействия различных подразделений университета и организации выездных мероприятий. Всем участникам «Звездных гонок» очень понравилось мероприятие, потому что оно сочетало в себе различные виды деятель-

ности: популяризацию научных знаний (астрономические лекции и наблюдения), спорт (отработку навыков управления парусной яхтой) и отдых на реке.

Таким образом, массовые культурные, спортивные, патристические и др. мероприятия могут выступать эффективным способом популяризации астрономии и наук о космосе при условии правильной организации работы площадки и профессиональной коммуникации спикеров.

Список литературы

1. Дивеева Н. В. Популяризация науки как разновидность массовых коммуникаций в условиях новых информационных технологий и рыночных отношений. Автореферат диссертации. [Электронный ресурс]. – 2026. – Режим доступа <https://www.dissercat.com/content/populyarizatsiya-nauk-kak-raznovidnost-massovykh-kommunikatsii-v-usloviyakh-novykh-informat>
2. Официальная группа в «ВКонтакте». Праздник улицы Лукачева [Электронный ресурс]. – 2026. – Режим доступа <https://vk.com/lukachevday>
3. Аршинова А. Профессор Евгений Пальчиков о популяризации науки / Компьютерра-опНе. 2012 г. 27 июля [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://old.computerra.ru/interactive/697108/>.
4. Ваганов А. Г. Нужна ли популяризация науке? Как остановить падение престижа российской науки // Экология и жизнь. – 2008. – № 6. – С. 19–21.
5. Дивеева Н. В., Айдаркин Е. К. Фестиваль науки как средство научной популяризации // Гуманитарные и социальные науки. – 2013. – № 1. – С. 152–162.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЧАСТНОГО СОЛНЕЧНОГО И ПОЛНОГО ЛУННОГО ЗАТМЕНИЙ В 2025 ГОДУ В СМОЛЕНСКОМ ПЛАНЕТАРИИ



И. А. Осипов



МБУК «Смоленский планетарий имени Ю. А. Гагарина»

Аннотация. Смоленский планетарий имени Ю. А. Гагарина, являясь ведущим центром астрономического просвещения Смоленской области, в 2025 году организовал и провел два значимых публичных астрономических мероприятия, приуроченных к редким небесным явлениям – частному солнечному затмению 29 марта и полному лунному затмению 7 сентября.

Ключевые слова: планетарий, солнечное затмение, Лунное затмение

102

EXPERIENCE OF OBSERVING PARTIAL SOLAR AND TOTAL LUNAR ECLIPSES IN 2025 AT THE SMOLENSK PLANETARIUM



I. Osipov



Smolensk Planetarium named after Yu. A. Gagarin

Annotation. In 2025, the Gagarin Smolensk Planetarium, being the leading center for astronomical education in the Smolensk region, organized and held two significant public astronomical events dedicated to rare celestial phenomena – a partial solar eclipse on March 29 and a total lunar eclipse on September 7.

Keywords: planetarium, Solar eclipse, Lunar eclipse

Основные цели мероприятий заключались не только в популяризации фундаментальных астрономических знаний и формирова-

нии стойкого интереса к естественным наукам среди различных возрастных групп населения, но и в практической демонстрации современных методик безопасного наблюдения небесных объектов, прямое наблюдение которых опасно для зрения (прежде всего Солнца). Также была поставлена задача внедрения эффективных форматов научно-просветительской деятельности в условиях городской среды.

В рамках подготовки и проведения мероприятий применялись комплексные подходы к визуализации астрономических явлений: от телескопических наблюдений с солнечными фильтрами и проекционных методик до цифровых трансляций в режиме реального времени. В статье рассматриваются методология организации мероприятий, техническое оснащение, особенности взаимодействия с аудиторией и анализ достигнутых результатов с точки зрения эффективности просветительской деятельности.

ВВЕДЕНИЕ

Астрономические явления, в особенности солнечные и лунные затмения, на протяжении всей истории человечества служили не только объектом научного изучения, но и мощным культурным, образовательным и мотивационным стимулом.

В современных условиях, когда вопросы научной грамотности населения, популяризации естественнонаучных дисциплин и формирования устойчивого интереса к космосу приобретают все большую значимость, подобные события становятся уникальной возможностью для интеграции науки, образования и общественного участия. Планетарии, как специализированные учреждения астрономического просвещения, играют ключевую роль в обеспечении доступности, безопасности и научной достоверности наблюдений за такими редкими явлениями.

Смоленский планетарий имени Ю. А. Гагарина, названный в честь первого в мире космонавта, уроженца Смоленской области, исторически выполняет функции регионального центра астрономического образования, популяризации космических исследований и поддержки любительской астрономии. В рамках своей миссии учреждение регулярно организует публичные мероприятия, приуроченные к значимым астрономическим событиям, сочетая научную строгость с доступностью изложения.

В 2025 году Смоленский планетарий провел два масштабных наблюдательных мероприятия: частное солнечное затмение 29 марта и лунное затмение 7 сентября. Эти события были выбраны не случайно: они представляют собой яркие примеры циклических процессов в системе «Земля–Луна–Солнце», демонстрируют разнообразие методик безопасного наблюдения и позволяют охватить широкую аудиторию – от младших школьников до взрослых энтузиастов науки. Организация данных мероприятий была направлена на достижение трех целей: повышение уровня астрономической грамотности, демонстрация возможностей современного научно-просветительского оборудования и укрепление связи между научным сообществом и общественностью. Результаты проведенных наблюдений и методика их реализации составляют основу настоящей статьи.

НАБЛЮДЕНИЕ ЧАСТНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 29 МАРТА 2025 ГОДА

29 марта 2025 года на территории Смоленской области можно было наблюдать частное солнечное затмение, при котором Луна закрыла небольшую часть солнечного диска – около 9 % его площади (фаза затмения составила 0,09, что соответствует закрытию 9 % диаметра солнечного диска).

Учитывая высокие риски для зрения при непосредственном наблюдении за Солнцем без специальной защиты, Смоленский планетарий имени Ю. А. Гагарина разработал и реализовал комплексную программу, направленную на обеспечение максимальной безопасности, информативности и доступности мероприятия для широкой аудитории.

Для проведения визуальных наблюдений частного солнечного затмения 29 марта 2025 года был использован компьютеризированный телескоп Celestron CPC 800 XLT с оптической схемой Шмидта – Кассегрена (апертура 203 мм, фокусное расстояние 2032 мм, относительное отверстие $f/10$). Инструмент оснащен многослойными просветляющими покрытиями StarBright XLT, обеспечивающими светопропускание до 97 % и повышенную контрастность изображения. Наблюдения осуществлялись исключительно через полноапертурный солнечный фильтр Baader AstroSolar Safety Film (оптическая плотность OD 5.0), надежно закрепленный на передней части трубы. Данная конфигурация обеспечивала абсолютную

безопасность участников за счет ослабления солнечного излучения в 100 000 раз.



Фото 1. Наблюдения частного солнечного затмения 29.03.25

Выбор данного инструмента обусловлен оптимальным сочетанием светосилы, портативности (масса оптической трубы около 9 кг) и надежности для проведения массовых просветительских мероприятий на открытой площадке Смоленского планетария.

Применение профессиональной аппаратуры в сочетании с сертифицированным солнечным фильтром позволило совместить полную безопасность участников с демонстрацией высококачественного астрономического изображения. Подготовка к событию началась за три недели: были проведены технические проверки оборудования, обучение персонала методикам безопасного наблюдения, а также запущена информационная кампания через социальные сети, сайт учреждения и партнерские СМИ. В день события посетителям были предложены три взаимодополняющих канала визуализации:

Прямая трансляция на экраны фойе и мониторы – изображение, получаемое с астрономической камеры, установленной на телескопе с полноапертурным солнечным фильтром Baader AstroSolar, выводилось в реальном времени на несколько дисплеев.



Фото 2. Трансляция частного солнечного затмения 29.03.25

Это позволило одновременно обслуживать до 150 человек, обеспечивая четкое и безопасное представление о динамике затмения.

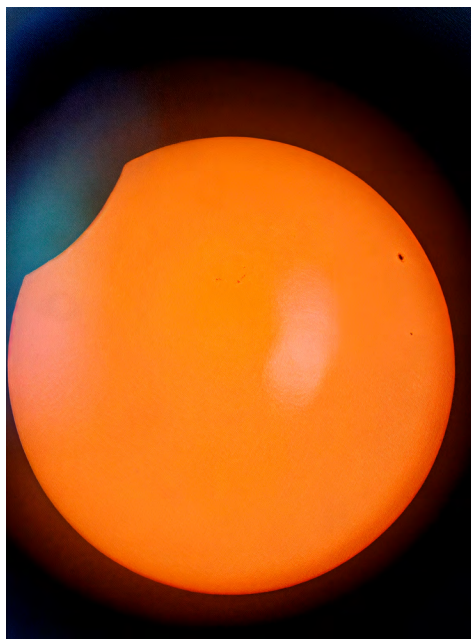


Фото 3. Частное солнечное затмение 29.03.25

Проекционный метод – параллельно осуществлялась проекция частного солнечного диска на белый экран с помощью небольшого телескопа-рефрактора, что гарантировало абсолютную безопасность даже для самых юных участников.



Фото 4. Проекция частного солнечного затмения

Перед началом основной фазы затмения была проведена краткая вводная лекция (15 минут), в которой разъяснялись физические причины возникновения солнечных затмений, их классификация, а также особенности именно этого события.

107



Фото 5. Лекция перед началом частного солнечного затмения

Погодные условия оказались благоприятными: небо было преимущественно ясным, с минимальной облачностью в критический период. Это позволило не только провести качественные наблюдения, но и зафиксировать ряд фотографий и видеозаписей, впоследствии использованных в образовательных материалах. Участники проявили высокий уровень вовлеченности: задавали вопросы как по физике явления, так и по истории астрономии, интересовались возможностями дальнейшего участия в подобных мероприятиях.

НАБЛЮДЕНИЕ ПОЛНОГО ЛУННОГО ЗАТМЕНИЯ 7 СЕНТЯБРЯ 2025 ГОДА

7 сентября 2025 года произошло полное лунное затмение, видимое практически на всей территории России, включая Смоленск. Максимум затмения пришелся на 21:12 по местному времени, а длительность полной фазы составила 1 час 22 минуты 6 секунд.



Фото 6. Наблюдения полного лунного затмения 07.09.25

Несмотря на относительно низкое положение Луны над юго-восточным горизонтом, что создавало потенциальные трудности из-за городской застройки и возможной дымки, погодные условия сложились удачно: небо было ясным, а атмосферная прозрачность – высокой.

Для наблюдения полного лунного затмения 7 сентября 2025 года также применялся телескоп Celestron CPC 800 XLT (апертура 203 мм, $f/10$). В отличие от солнечных наблюдений, фильтр не использовался – большая апертура инструмента позволила четко различать детали лунной поверхности даже в фазе полного затмения, когда яркость Луны снижалась более чем в 10 000 раз, а ее диск приобретал характерный медно-красный оттенок. Система автонаведения обеспечивала стабильное сопровождение Луны в течение всех этапов явления, что дало возможность участникам мероприятия последовательно наблюдать динамику погружения и выхода спутника из тени Земли с сохранением видимости кратеров и морей на диске.



Фото 7. Полное лунное затмение 07.09.25

В отличие от частного солнечного затмения, наблюдение полного лунного затмения не требует специального оборудования и является абсолютно безопасным для невооруженного глаза, что делает его идеальным объектом для массовых публичных мероприятий. Тем не менее Смоленский планетарий организовал открытую площадку на прилегающей территории, оснащенную аудиосистемой и дополнительным освещением для комфортного пребывания. На мероприятии присутствовало более 30 человек, включая семьи с детьми, студентов, педагогов и представителей местных астрономических клубов.



Фото 8. Полное лунное затмение 07.09.25

110

В ходе наблюдения сотрудники планетария сопровождали процесс комментариями в режиме реального времени: объясняли причины «кроваво-красного» окраса Луны во время полной фазы (обусловленного рассеянием солнечного света в земной атмосфере), демонстрировали динамику движения тени Земли по лунному диску и отвечали на многочисленные вопросы. Особое внимание уделялось образовательному компоненту: школьникам и студентам разъяснялись механизмы возникновения затмений, их цикличность (цикл Сарос), а также историческое значение этих явлений в развитии астрономии. Были распространены памятки с основными характеристиками события и рекомендациями по самостоятельным наблюдениям в будущем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в 2025 году Смоленским планетарием имени Ю. А. Гагарина публичные наблюдения частного солнечного и полного лунного затмений продемонстрировали высокую эффективность интеграции научного содержания, современных технологий и просветительской практики. Оба мероприятия стали не просто астрономическими событиями, но и значимыми социокультурными акциями, способствовавшими укреплению научной грамотности

населения, формированию устойчивого интереса к естественным наукам и популяризации космической тематики среди широких слоев общества. Особенно важно отметить, что использование многоформатных методик – от телескопических наблюдений с профессиональным оборудованием до цифровых трансляций и проекционных систем – позволило обеспечить как безопасность участников (в случае частного солнечного затмения), так и максимальную вовлеченность аудитории различных возрастов и уровней подготовки.

Организационный опыт, накопленный в ходе подготовки и реализации проведенных мероприятий, подтвердил необходимость комплексного подхода: от раннего информационного сопровождения и технической готовности оборудования до квалифицированного сопровождения наблюдений специалистами. Обратная связь от участников свидетельствует о высокой оценке образовательной ценности событий, а также о росте мотивации к дальнейшему изучению астрономии.

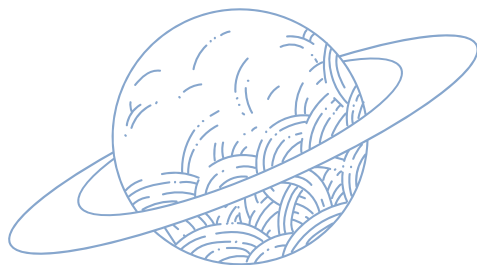
Более того, такие инициативы укрепляют роль планетария как центра научно-культурной жизни региона, способного выступать площадкой для диалога между наукой и обществом. В условиях глобального дефицита компетенций в области естественных наук, технологий, инженерии и математики подобные мероприятия приобретают особую стратегическую значимость, поскольку формируют у молодежи представление о науке как о живой, доступной и вдохновляющей сфере деятельности. Таким образом, проведенные наблюдения не только выполнили свою непосредственную просветительскую функцию, но и заложили основу для дальнейшего развития долгосрочных программ астрономического образования и общественного участия в научных событиях.

Список литературы

1. Частное затмение Солнца в планетарии: как это было! [Электронный ресурс] // ВКонтакте: [сайт]. – Смоленск, 2025. – 29 марта. – URL: https://vk.com/wall-184969271_3381 (дата обращения: 6.03.2026).
2. 7 сентября 2025 года жителей России ждет уникальное астрономическое шоу... [Электронный ресурс] // ВКонтакте: [сайт]. – Смоленск, 2025. – URL: https://vk.com/wall-184969271_3764 (дата обращения: 6.03.2026).
3. До-

- рогие друзья! При наличии благоприятных погодных условий... [Электронный ресурс] // ВКонтакте: [сайт]. – Смоленск, 2025. – 27 марта. – URL: https://vk.com/wall-184969271_3353 (дата обращения: 16.03.2026).
4. Дата частного Солнечного затмения: 29 марта 2025 года... [Электронный ресурс] // ВКонтакте: [сайт]. – Смоленск, 2025. – 27 марта. – URL: https://vk.com/wall-184969271_3350 (дата обращения: 16.03.2026).
3. Сегодня смоляне могут увидеть частное солнечное затмение [Электронный ресурс] // Рабочий путь: сетевое издание. – Смоленск, 2025. – 29 марта. – URL: <https://www.rabochy-put.ru/news/198329-segodnya-smolyane-mogut-uidet-chastnoe-solnechnoe-zatmenie.html> (дата обращения: 16.03.2026).

КОСМИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ
И ПРОСВЕЩЕНИЕ



СИСТЕМА АСТРОКОСМИЧЕСКОГО ПРОСВЕЩЕНИЯ В КУЛЬТУРНО- ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ



Е. Н. Тихомирова

Ярославский государственный педагогический университет
имени К. Д. Ушинского



Государственное автономное учреждение культуры
Ярославской области «Культурно-просветительский центр
имени В. В. Терешковой»

Аннотация. Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой в Ярославле – многофункциональный комплекс (планетарий, обсерватория, экспозиционно-выставочный зал, интерактивная галерея и учебные помещения), реализующий системную модель дополнительного астрономического и космического образования. Его деятельность включает учебные и просветительские занятия и программы, экспозиционную и экскурсионную работу, организацию работы клубных формирований, проведение масштабных мероприятий и научно-методическую работу. Центр служит ключевой площадкой для популяризации наук о космосе, сочетая инновационные форматы просвещения для всех возрастов и активное международное сотрудничество.

Ключевые слова: дополнительное образование, просвещение, астрономия, науки о космосе, планетарий.

THE ASTRONOMICAL AND SPACE OUTREACH SYSTEM AT THE CULTURAL AND EDUCATIONAL CENTER NAMED AFTER V. V. TERESHKOVA

 **E. Tikhomirova**



Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii
SACI YR «Center named after Valentina V. Tereshkova»

Annotation. The Cultural and Educational Center named after V. V. Tereshkova in Yaroslavl is a multifunctional complex (the planetarium, the observatory, the exhibition hall, the interactive gallery and educational spaces) implementing a systemic model of supplementary astronomical and space education. Its activities include educational and outreach classes and programs, exhibition and excursion work, the organization of club associations activity, large-scale events, and scientific-methodological work. The center is a key platform for promoting space sciences, combining innovative educational formats for all ages with active international cooperation.

Keywords: supplementary education, outreach, astronomy, space sciences, planetarium.

115

Уже в течение почти 15 лет Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой (Центр имени В. В. Терешковой) выступает проводником культурной политики региона. Центр имени В. В. Терешковой представляет собой современный комплекс, объединяющий Звездный зал – планетарий, экспозиционно-выставочный зал «История космонавтики» и цикл передвижных выставок, интерактивный класс, Малый зал, астрономическую обсерваторию, а также мобильный планетарий.

Главная миссия организации – развитие культурного пространства региона и воспитание всесторонне развитой личности, создание условий для организации интеллектуального и культурного досуга и отдыха. Особое внимание в работе уделяется популяри-

зации знаний о космосе и Земле: сотрудники центра стремятся привить жителям Ярославской области и гостям из других регионов интерес к астрономии, расширить их кругозор и удовлетворить познавательный интерес к наукам [1, 2].

Работу Центра имени В. В. Терешковой в сфере просвещения можно представить как целостную систему дополнительного образования. Ее уникальность заключается в направленности на изучение астрономии и космоса, доступном как для детей, так и для взрослых. Рассмотрим следующие составляющие системы астро-космического просвещения:

- просветительские и учебные естественнонаучные программы (полнокупольные программы, лекции, тематические экскурсии, интерактивные уроки, мастер-классы, квест-игры, астрономические наблюдения небесных тел и явлений, а также выездные лекции и занятия);
- экспозиционно-выставочная деятельность (разработка и формирование тематических экспозиций и выставок в стационарном и передвижном формате). Одним из значимых направлений данного вида деятельности стало сотрудничество Центра имени В. В. Терешковой с РГАНТД (Российский государственный архив научно-технической документации). В рамках взаимодействия учреждений в сфере популяризации истории космонавтики, науки и техники реализуются и планируются проекты по культурно-просветительской работе среди молодежи; организация и проведение совместных мероприятий и выставок. При взаимодействии с РГАНТД и Ассоциацией планетариев России были разработаны и презентованы в Центре имени В. В. Терешковой фотовыставки, посвященные истории космического полета первой женщины-космонавта, Героя Советского Союза Валентины Владимировны Терешковой; высоким технологиям, зародившимся в космосе, благодаря которым упростилась жизнь людей на Земле. РГАНТД оказал помощь в подготовке совместного праздничного мероприятия, приуроченного к 95-летию со дня рождения летчика-космонавта, дважды Героя Советского Союза, генерал-майора авиации А.Г. Николаева;
- клубные формирования (астрономические кружки (для детей от 7 до 17 лет), Отряд Юных Космонавтов (дети 14–17 лет), любительское объединение «Вселенная» (объединение астролюбителей: студенты, молодые исследователи, педагоги),

- клуб-лекторий «Трибуна ученого» (любители астрономии и космонавтики всех возрастов), факультатив по естествознанию (для учащейся молодежи)). Помимо участия в просветительской и поисково-исследовательской работе участники клубных формирований становятся инициаторами и присоединяются к международным проектам. Так, проект «Космические мосты: Ярославль – Санкт-Петербург – Талгар» объединил активную, интересующуюся космосом молодежь, представляющую разные страны и города. В рамках этого проекта реализованы знакомства между: детьми (акция пост-кроссинг), детскими коллективами (визитная карточка в меди-формате), городами с их космическими достопримечательностями (разнообразные форматы). Несмотря на значительный объем и доступность информации в эпоху распространенной интернет-среды, подобные методы взаимодействия между детскими коллективами, разделенными расстояниями, но объединенными идеями изучения космоса, демонстрируют повышение эффективности образовательного процесса;
- общественно значимые культурные и научно-практические мероприятия (традиционные Международные, Всероссийские и региональные мероприятия: научно-практические конференции («Чтения имени В. В. Терешковой», «Дорога к звездам», «Планетарий XXI века»), фестивали («Отражение Вселенной», Фестиваль науки в Центре имени В. В. Терешковой), конкурсы («Небо и Земля»), а также олимпиады, тематические вечера и концерты, семинары). Уникальность мероприятий, периодичность их проведения, стремление к развитию позволили объединить многочисленных единомышленников, почитателей космоса из разных стран, которые ежегодно активно присоединяются к этим событиям Центра имени В. В. Терешковой. Также в данный раздел можно включить ежегодно проводимые мероприятия и акции, посвященные значимым датам: День российской науки, Неделя космоса (с 2026 года будет проводиться ежегодно с 6 по 12 апреля), День авиации и космонавтики, День Победы, День защиты детей, День космического полета первой женщины-космонавта В. В. Терешковой, День астрономии, День планетариев, Всемирная неделя космоса (4–10 октября), акция «Ночь в музее», акция «Ночь кино», акция «День темной материи», акция «Ночь искусств»;

- научно-методическая работа и консультационная помощь по направлениям деятельности учреждения (разработка и выпуск учебно-методических пособий, сборников материалов конференций, научно-популярных и информационно-справочных изданий, научных, научно-популярных и методических статей, создание аудиовизуальных и полнокупольных культурно-просветительских и учебных программ, участие сотрудников в Международных, Всероссийских и региональных мероприятиях и курсах повышения квалификации, составление устных и письменных ответов на обращения граждан и организаций, разработка и продвижение научно-методической информации на радио и телевидении, в Интернет-пространстве) [1].

Благодаря членству автора статьи в комитете по астрономическому образованию Международного астрономического союза (IAU NAEC), начиная с 2020 года активно реализуются проекты в области международной просветительской деятельности по астрономии [3].


Действующая модель дополнительного образования в сфере астрономии и космонавтики, ориентированная на детскую и взрослую аудиторию, доказывает свою востребованность, подтверждает свою результативность и демонстрирует устойчивую динамику развития.

Список литературы

1. Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой: официальный сайт. – Ярославль, [б. г.]. – URL: <https://yarplaneta.ru/areas/> (дата обращения: 2.03.2026). – Текст: электронный.
2. Тихомирова Е. Н., Иродова И. А. Дополнительное астрономическое образование в Культурно-просветительском центре имени В. В. Терешковой // Физика в школе. – 2020. – № 4. – С. 56–64. – ISSN 0130–5522.
3. The IAU OAE National Astronomy Education Coordinator team for The Russian Federation: [сайт] / International Astronomical Union. – [Мюнхен, б. г.]. – URL: <https://www.astro4edu.org/naec-network/RU/> (дата обращения: 2.03.2026). – Текст: электронный.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КЕЙСОВ В РАБОТЕ С ПРЕПРОФИЛЬНЫМ КОСМИЧЕСКИМ КЛАССОМ

 **М. А. Боцьева**

 Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования «Школа космонавтики имени Р. В. Комаева»

Аннотация. В статье описывается опыт применения метода кейсов в работе педагогов «Школы космонавтики». Автор говорит о том, как решение кейсов используется в качестве инструмента развития критического мышления школьников. Использование метода кейсов в системе дополнительного образования помогает повысить мотивацию обучающихся предпрофильных классов к изучению астрономии и космонавтики. Приводится пример готового кейса.

Ключевые слова: дополнительное образование, космонавтика, метод кейсов.

119

APPLICATION OF THE CASE METHOD IN WORKING WITH THE PRE-PROFESSIONAL SPACE CLASS

 **M. Botsieva**

 SBIAE «School of Cosmonautics named after R. V. Komaev»

Annotation. The article describes the experience of using the case study method in the work of teachers at the School of Cosmonautics. The author discusses how case studies are used as a tool for developing critical thinking in students. The use of case studies in additional education helps to increase the motivation of students in pre-profile classes to study astronomy and space exploration. An example of a completed case study is provided.

Keywords: additional education, cosmonautics, case method, case study.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КЕЙСОВ В РАБОТЕ С ПРЕДПРОФИЛЬНЫМ КОСМИЧЕСКИМ КЛАССОМ

По поручению Президента Российской Федерации В.В. Путина, отвечая на запрос государства о подготовке инженерных кадров, в Республике Северная Осетия-Алания были созданы предпрофильные и профильные классы. Школа космонавтики имени Р. В. Комарева является учреждением дополнительного образования и в рамках сотрудничества с Государственной корпорацией «Роскосмос» реализует проект «Космический класс». Цель проекта заключается в вовлечении ребят в космонавтику, в том числе в раннюю профессиональную ориентацию детей и формирование интереса к инженерным специальностям космической отрасли. В нашей школе учащиеся 5–9 классов из космических классов занимаются по дополнительным общеразвивающим программам, изучают астрономию, космонавтику, математику, физику и другие предметы.

Воспитывая будущих инженеров ракетно-космической отрасли, мы считаем важным развитие навыков критического мышления. Под критическим мышлением мы понимаем способность анализировать информацию, ставить под сомнение утверждения, оценивать ситуацию с учетом имеющихся данных, принимать обоснованные решения, приводя аргументы «за» и «против». Школьники, обладающие критическим мышлением, умеют задавать вопросы, способны проверять достоверность источников информации, осмысленно делать выводы, анализировать и учитывать различные факты.

Для формирования умения самостоятельно анализировать данные, развития способности видеть решения проблем и «прокачивания» навыка генерировать идеи прекрасно подходит такой активный метод обучения, как решение кейсов. Мы применяем метод кейсов при преподавании космонавтики для обучающихся начиная с 6 класса и считаем, что внедрение этого инновационного метода обучения позволяет стимулировать рост познавательной активности, творческого потенциала и критического мышления. Данный метод активно применяется в профессиональной подготовке студентов вузов, однако его применение в дополнительном образовании пока ограничено. Включение разбора конкретных практических ситуаций в обучающий процесс способствует развитию самостоятельности, коммуникативных навыков и способности

находить нестандартные решения проблем у обучающихся. Развитие критического мышления невозможно без выработки аналитических навыков. Применение в обучении метода кейсов позволяет школьникам нарастить умения классифицировать информацию и разделять ее по категориям. И здесь дополнительное образование играет важную роль в становлении личности ребенка, формировании его метапредметных компетенций.

Метод кейсов позволяет создать условия для активного освоения теоретических знаний и приобретения опыта «мыслить как инженер». Конечно, при этом важно учитывать возрастные психологические особенности шестиклассников, которые находятся в переходном периоде от детского любопытства к осознанному интересу к знаниям.

Под методом кейсов понимается методика обучения, основанная на разборе реальных ситуаций, предложенных преподавателем. То есть метод кейсов – это обучение посредством предложения детям рассмотреть ситуацию, требующую принятия решений для преодоления затруднения, изучение предмета путем рассмотрения большого количества ситуаций или задач в определенных комбинациях.

ЦЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕЙС-МЕТОДА СЛЕДУЮЩИЕ:

- способствовать развитию умений: анализировать ситуации;
- оценивать альтернативы, выбирать оптимальный вариант и составлять план его осуществления;
- решать практические задачи.

ЗАДАЧИ ПЕДАГОГА:

- подбор материала кейсов;
- направление обсуждения в нужное русло, например, с помощью проблемных вопросов при групповой работе с кейсом;
- контроль за временем работы;
- побуждение школьника к отказу от поверхностного мышления.

Преподаватель может обобщать, пояснять, напоминать теоретические аспекты или делать ссылки на усвоенный ранее материал или справочники.

ЗАДАЧА УЧАЩИХСЯ – разрешить поставленную перед ними проблему и получить реакцию окружающих (других учащихся и педагогов) на свои действия. При этом им нужно помнить, что возможны разные способы решения проблемы.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ КЕЙСА

В кейсе должна рассматриваться конкретная ситуация, в описание которой включаются случаи, факты, решения, имевшие место в течение определенного времени. Но при этом вполне допустимо переносить реальные ситуации в условия фантастические или те, что могут наступить в будущем. Эти ситуации могут отражать как комплексную проблему, так и частную задачу. Кейс может нести любую информацию: биографические сведения из жизни космонавта или космического конструктора (занятия по истории космонавтики), фрагменты научных статей о факторах космических полетов (занятия, посвященные космической медицине) и др.

ВИДЫ КЕЙСОВ В ОБУЧЕНИИ

1. Вводный кейс (рассказ о наличии проблемы, ситуации, явления);
2. Предоставление информации, знаний по теме или проблеме;
3. Стратегический кейс, предполагает развитие умения анализировать в условиях неопределенности и решать проблемы с учетом нескольких факторов;
4. Исследовательский кейс схож с групповым и индивидуальным проектом, анализирует определенную ситуацию или проблему, а результаты этого анализа представляются в форме изложения;
5. Кейс, имеющий целью развитие определенных навыков, закрепляет, тренирует использование полученных знаний, навыков на примере реальных ситуаций.

СТРУКТУРА КЕЙСА

1. Модульный кейс содержит, как правило, довольно большой объем информации, вводных данных, видеороликов. Этот вариант сложен для реализации с детьми из шестых и седьмых классов, подходит для старшеклассников.
2. Кейс-изложение содержит рассказ о каких-либо ситуациях, явлениях, проблемах, путях их решения, а также основные выводы по теме.
3. Кейс-иллюстрация содержит небольшой объем данных, может использоваться для подтверждения, иллюстрации изучаемой темы.

4. Кейс-практическая задача содержит небольшой или средний объем информации о реальной ситуации, на основе которой слушатели должны выполнить задание по теме.
5. Кейс со структурированными вопросами содержит перечень вопросов после основного текста, а его обсуждение построено на основе этих вопросов. Вопросы к кейсу можно разделить на «обучающие», призванные закрепить полученные знания, и «проблемные», развивающие приемы творческого, аналитического мышления.

Организация учебной деятельности космического класса при использовании метода кейсов.

Класс делится на группы (команды), состоящие из трех-пяти человек. Каждая команда выбирает капитана. На нем лежит ответственность за организацию работы группы, распределение ролей между участниками и выбор окончательного решения. После завершения работы капитан делает доклад в пределах 10 минут о результатах своей группы. Педагог выступает в роли модератора. Составы команд периодически меняются, капитаны тоже.

Работу над кейсами можно организовать двумя способами. В первом случае каждая группа разрабатывает только одну тему в течение нескольких практических занятий; во втором случае все группы работают над одним и тем же кейсом. Здесь возможна конкуренция команд между собой в поиске оптимальных решений. Педагог может создать кейс таким образом, чтобы тот имел несколько решений проблемы, описанной в кейсе. Тогда ребята могут развивать критическое мышление, разбирая представленные решения других команд, оценивая их, приводя аргументы.

КАЖДЫЙ УЧЕБНЫЙ КЕЙС СОСТОИТ ИЗ ТРЕХ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ:

1. Описание ситуации – подробное изложение обстоятельств проблемы.
2. Задачи – четко сформулированные вопросы, которые учащиеся должны решить.
3. Материалы для работы – вспомогательные документы, таблицы, схемы, необходимые для анализа.

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ С КЕЙСАМИ СКЛАДЫВАЕТСЯ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ЭТАПОВ:

- выбор темы кейса. На этом этапе следует определить конкретную тему и учебные цели, которые вы хотите достичь с помощью кейс-метода, убедиться, что выбранная тема

подходит для использования кейса и соответствует уровню знаний и навыков учащихся;

- разработка или подбор подходящей проблемной ситуации. После того, как определена тема занятия, наступает время создания собственного кейса или подбора уже существующего. Кейс должен быть актуальным, увлекательным и содержать достаточно информации для анализа и обсуждения;
- подготовка открытых вопросов для обсуждения которые будут стимулировать критическое мышление и направлять дискуссию.

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЕЙС-МЕТОДА ОБЫЧНО ВЫГЛЯДИТ ТАК:

1. Введение в кейс. Представление кейса учащимся, объяснение контекста и целей занятия. Обучающиеся получают задание проанализировать представленную ситуацию, выявить проблему, предложить возможные пути ее решения и аргументированно обосновать свою позицию.
2. Индивидуальная работа учащихся с кейсом. Обучающимся дается время для самостоятельного изучения кейса, анализа информации и формулирования идей и решений.
3. Обсуждение в командах. Выдвижение гипотез, проведение обсуждения, обмен мнениями.
4. Презентация решения кейса. Обсуждение всем классом, где все команды представляют свои выводы и решения.
5. Подведение итогов и рефлексия. Идет обобщение ключевых моментов обсуждения, педагог предлагает учащимся поразмышлять над процессом и результатами работы с кейсом. Далее следует подведение итогов работы над кейсом учителем, оценка результатов работы над кейсом. Педагог разрабатывает четкие критерии оценки, учитывающие качество анализа, обоснованность решений, активность участия в обсуждении, способность применять теоретические знания на практике, умение презентовать полученные выводы перед сверстниками и педагогом. Дети должны быть заранее ознакомлены с этими критериями. Очень важно давать обратную связь по работе ребят с кейсом, отмечать что удалось, сильные стороны, и где еще надо поработать, учитывать самооценку детей.

Чтобы был максимальный эффект от использования кейс-метода на занятиях надо, во-первых, стремиться подбирать темы для

кейсов, которые подходят ребятам по возрасту и сложности. Для успешного применения метода кейсов необходимо учитывать возрастные особенности и интересы обучающихся. Шестиклассники проявляют особый интерес к фантастике, приключениям и новым открытиям. Поэтому создание привлекательных сюжетов и постановка интересных «космических» задач играют ключевую роль в вовлеченности ребят в процесс обучения. Для составления кейсов можно использовать персонажей мультфильмов, героев фильмов о космосе, в том числе и супергероев.

Во-вторых, надо установить четкие правила уважительного общения в начале занятия, поощрять активное слушание, призвать реагировать на все комментарии нейтрально, избегать оценочных суждений. При этом педагогу важно поощрять разнообразие мнений, задавать вопросы, которые помогут «подтолкнуть мысль» в нужном направлении. Важно предлагать учащимся «примерить» различные роли или позиции при анализе кейса. Перед началом работы над проблемой надо сообщить детям, что они могут выдвигать абсолютно любые идеи, даже если они кажутся нереалистичными на первый взгляд.

Перед обсуждением кейса бывает необходимо кратко повторить теоретический материал, который будет рассмотрен в данной ситуации. После обсуждения кейса провести рефлексию, где учащиеся смогут обсудить, какие теоретические концепции оказались наиболее полезными при анализе ситуации.

СЛОЖНОСТИ, ОЖИДАЮЩИЕ ПЕДАГОГА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДАННОГО МЕТОДА:

- необходимость тратить довольно много времени на разработку кейсов и подбор материалов;
- разный уровень подготовки обучающихся.

Опыт нашей работы показывает, что элементы метода кейсов нужно вводить в учебный процесс постепенно, начиная с простых заданий и усложняя их по мере усвоения материала. Для усиления эффекта погружения в ситуацию мы используем мультимедийные технологии и нейросети, помогая сделать обучение нагляднее и интереснее. Интересные задания и яркие иллюстрации способствуют привлечению внимания школьников и пробуждают желание узнавать больше о космосе и науке.

Опыт внедрения метода кейсов доказал его эффективность на практике. Наша Школа космонавтики во Владикавказе успешно реализует эту образовательную технологию при изучении учениками

дополнительных образовательных программ по истории отечественной космонавтики, космической медицине и биологии. Подобные занятия позволяют ученикам представить себя участниками события, осознать значимость научных исследований и развить креативность мышления. Результатом применения кейс-метода в обучении стал рост исследовательских компетенций школьников, повышение мотивации к учебе, развитие коммуникативных навыков.

ПРИМЕРЫ КЕЙСОВ

При проведении занятий применяются специально разработанные кейсы на космическую тему. Например – кейс по теме «Подготовка экипажа к полету на МКС». Цель кейса: закрепить знания о факторах пребывания космонавта в невесомости. Ситуация: «Вы – будущий экипаж МКС. Вам предстоит пробыть там один месяц. Вы можете взять с собой тренажеры. Вам нужно разработать программу тренировок, учитывая физические нагрузки и условия невесомости, режим работы и отдыха экипажа».

Следующий кейс «Подготовка экипажа к полету на Марс». Цель кейса: закрепить знания по теме «Изменения в организме человека при длительном полете».

Ситуация: «Вы – будущий экипаж космического корабля, который полетит на Марс. У вас 3 года для подготовки к полету. Какие вредные факторы вам нужно учесть при подготовке, и какие специалисты вам понадобятся в процессе подготовки?»

Ученикам предлагается разработать программу подготовки для будущего полета, учитывая физические нагрузки, режим питания и необходимость психологической адаптации.

Кейс «Эксперимент в космосе». Цель кейса: закрепить знания по теме «Биологические эксперименты на орбите».

Ситуация: «Предположим, вы посадили семена растений на борту МКС. Вам нужно добиться получения урожая. Ответьте: как изменяется рост и развитие растений в условиях невесомости по сравнению с земными условиями? Сделайте вывод о влиянии силы тяжести на биологические процессы роста и размножения растений».




Фото 1. Космический класс 6 «Г» и педагог М.А. Боцьева

Список литературы

1. *Виневская А. В.* Метод кейсов в педагогике: практикум для учителей и студентов / под ред. М.А. Пуйловой. – Ростов на Дону: Феникс, 2015.
2. *Поташник М. М., Кедрова Л. П.* Эффективные формы и методы обучения: Кейс-технология // Инновационное образование и воспитание. – 2016. – № 1. – С. 56–63.

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО КВЕСТА К НЕДЕЛЕ КОСМОНАВТИКИ

 **В. Н. Рогачева, А. В. Лукьянова**

 Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского

Аннотация. В работе рассматривается проектирование образовательного квеста по астрономии как средства для развития soft skills, формирования познавательного интереса к изучению физики в школе и как профориентационного мероприятия. Проектирование заданий квеста по астрономии базируется на предметном содержании школьной физики. Использование игровых технологий и остросюжетных приключенческих фильмов (книг) помогает в достижении образовательных целей.

Ключевые слова: познавательный интерес, школьная физика, образовательный квест, неделя космонавтики, «софт скиллс».

CREATION OF AN EDUCATIONAL QUEST IN PHYSICS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAPABILITIES

 **V. Rogacheva, A. Lukyanova**

 Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky

Annotation. The paper considers the design of an educational quest on astronomy as a means of developing soft skills, forming a cognitive interest in studying physics at school and as a career guidance event. The design of tasks for the quest on astronomy is based on the subject content of school physics. The use of gaming technologies and action-packed adventure films (books) helps in achieving educational goals.

Keywords: cognitive interest; school physics; educational quest; cosmonautics week; soft skills.

Современное общество сталкивается с рядом вызовов, формируя особые требования к выпускникам образовательных учреждений. В условиях быстро меняющегося мира навыки, которые ранее считались второстепенными, теперь становятся ключевыми. Для успешной профессиональной деятельности важны не только специализированные умения, но и дополнительные компетенции, такие как способность общаться, работать в группе, планировать свои задачи, обрабатывать информацию, сохранять спокойствие в стрессовых ситуациях, проявлять креативность, брать на себя ответственность и многие другие. Эти навыки называют *soft skills*, или «мягкие навыки» [Гридасова, Гринько, Паперная, 2023]. Важно отметить, что они нашли свое отражение в Федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС), где акцент сделан на метапредметные и личностные результаты обучения.

Кроме того, современное общество испытывает острую необходимость в высококвалифицированных инженерно-технических кадрах [Комплексный план мероприятий..., 2024]. В связи с этим профориентационные мероприятия в образовательных учреждениях приобретают особую значимость. Они служат важным инструментом для ознакомления школьников с многообразием профессий и особенностями различных видов деятельности.

Мы живем в реальности, где у нас есть возможность в любой момент времени получить огромный объем информации. Нам требуется с этой информацией работать, анализировать ее, трансформировать и транслировать обратно. Но не всегда человеку удастся воспринимать и усваивать такой огромный поток информации. В наше время школьникам становится все сложнее ориентироваться в большом количестве информации, которая постоянно поступает. Преподавателям важно научить детей быстро находить нужные данные, анализировать и систематизировать их, а также применять в своей деятельности.

Ученикам легче работать с информацией, которая вызывает интерес, поэтому преподавателям необходимы инструменты, которые отвечают запросам нынешнего поколения. Таким образом, наиболее востребованы становятся такие интерактивные формы работы, как ролевая игра, коллективное решение творческих задач, работа в малых группах и т. д. Эти формы обеспечивают заинтересованность и увлеченность детей, развивают стремление к индивидуальной и творческой деятельности, способствуют развитию личности, а также формируют умение взаимодействовать друг с другом, работать в команде [Надвидова, 2021; Сафонова, 2018].

На школьной неделе космонавтики, которую можно приурочить к Дню космонавтики 12 апреля, возможно использовать квест-технологии [Горбунова, 2016], так как она, во-первых, помогает повысить мотивацию учеников к изучению астрономии. Квесты могут включать в себя практические задания, загадки и ситуации из реальной жизни, связанные с астрономическими явлениями, что делает обучение более увлекательным. Атмосфера игры способствует формированию познавательного интереса, стимулирует вопросы о Вселенной, планетах, звездах и других астрономических объектах.

Во-вторых, данная технология развивает интерес к инженерно-техническим профессиям и освоению космоса [Попова, Попов, 2018]. Проходя квесты, учащиеся сталкиваются с задачами, связанными с проектированием, конструированием и исследованием, что формирует их любознательность к техническим дисциплинам. Темы, связанные с космосом, привлекают внимание и вдохновляют стремлением стать частью этой захватывающей области. Учащиеся могут изучать основы астрофизики, аэрокосмической инженерии и робототехники. Это помогает им осознать, как технологии влияют на освоение космоса.

В-третьих, воспитание гордости за свою страну. Участие в квестах и проектах, связанных с историей, культурой и достижениями своей страны, способствует формированию патриотических чувств у молодежи.

Астрономия не изучается в школе как отдельный предмет, однако астрономия и физика неразрывно связаны между собой, взаимодействуя активным и взаимодополняющим образом. Понимание физических законов позволяет глубже осознать процессы, происходящие во Вселенной. В этой связи можно выделить несколько тем, которые станут основой для квеста по астрономии для учащихся 7–9 классов.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Рассматривая законы механики, можно затронуть основную астрономическую силу – гравитацию. Она определяет движение звезд в галактике, планет вокруг звезд, спутников вокруг планет, а также взаимодействие галактик и скоплений галактик. При проектировании космических полетов необходимы знания законов механики, например, для расчета траекторий космических аппаратов,

скорости и времени вхождения в атмосферу, что жизненно важно для успешной посадки и возвращения. С помощью законов Ньютона можно вычислить ускорение свободного падения на любом космическом объекте – планете или звезде.

АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ И АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Исследуя атмосферу, можно понять, как климат на Земле влияет на условия, требуемые для жизни, что важно для поиска жизни на других планетах.

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Можно увидеть, как температура влияет на жизнь в космосе, и рассмотреть возможность существования жизни на других планетах в условиях сурового климата. Также можно изучить, как тепло от Солнца влияет на климат и погоду на различных планетах. Важным является обеспечение теплового комфорта космонавтов во время работы на орбите, а также взлета и посадки космического корабля.

МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

С учениками можно сравнить магнитное поле Земли с полями других планет, например, Юпитера, у которого магнитное поле значительно сильнее. Явления солнечных пятен и корональных выбросов массы связаны с магнитной активностью Солнца и влияют на пространство вокруг него.

СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Эта тема затрагивается при рассмотрении того, как звезды, планеты и галактики излучают свет, а также при изучении разницы в яркости и цвете звезд, их спектров и температур. В курсе физики дети знакомятся с различными типами оптических устройств, в том числе телескопов (оптические, радиотелескопы), и понимают, как они помогают изучать удаленные объекты.

Таким образом, хотя «астрономия» и отсутствует в курсе основной школы, предметное содержание физики предоставляет обширный набор вопросов для астрономического квеста.

Выбор сюжета для квеста по космонавтике является ключевым этапом в его разработке. Сюжет должен быть не только увлека-

тельным, но и образовательным, усиливая интерес к изучению космоса и смежных наук.

На наш взгляд, одним из подходящих вариантов сюжета является фильм «Марсианин» (2015), снятый по мотивам одноименной книги Энди Вейера, который рассказывает о приключениях астронавта, оказавшегося в изоляции на Марсе. Перед началом квеста участники должны быть знакомы как с фильмом (книгой), так и с основными сведениями о планете Марс, например, на основе [Хомяков, Перов, 2021]. Опишем возможный ход игры.

Участники делятся на две группы: команда астронавта, цель которой – выполнить ряд научных заданий, чтобы выжить и найти способы связи с Землей, а также подготовить условия для спасательной миссии, и команда спасателей, задача которой – разработать план спасения и подготовить экипировку для успешной доставки астронавта обратно на Землю.

Команде астронавта предлагаются задания по общему знакомству с планетой Марс (в виде викторины), по получению воды из льда, по расчету движения марсохода к кратеру Скиапарелли и передаче сообщения Земле для установления связи с командой спасателей.

Команде спасателей даются задания по ориентации в космосе, расчету количества топлива, необходимого для полета к Марсу, вычислению необходимого ускорения для полета, налаживанию связи с Марсом и с командой астронавта.

Задания можно оформить в виде карточек, которые удобно готовить, используя онлайн-сервисы с бесплатными дизайнерскими шаблонами (например, [Visme.com](https://visme.com)), и в виде ссылок на онлайн-викторины или кроссворды (например, [LearningApps.org](https://learningapps.org)).

По завершении всех заданий обе команды собираются вместе и обсуждают, что они узнали. Ведущий квеста подсчитывает набранные баллы и объявляет итог.

Нам представляется, что подобные мероприятия являются весьма востребованными в современной школе. Тяга к приключениям и космическая романтика должны способствовать формированию познавательного интереса школьников, который следует плавно трансформировать в стойкую учебную мотивацию.

Список литературы

1. *Горбунова Н. И.* Современные педагогические технологии: технология «веб – квест» // Педагогическое мастерство: всероссийский журнал. – 2016. URL: https://www.pedm.ru/conference_notes/307 (дата обращения: 10.08.2025).
2. *Гридасова А. В., Гринько М. А., Паперная Н. В.* Развитие soft skills (социальных навыков) как необходимое условие воспитания инновационной личности // Гуманитарные и социальные науки. – 2023. – № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-soft-skills-sotsialnyh-navykov-kak-neobhodimoe-uslovie-vozpitaniya-innovatsionnoy-lichnosti> (дата обращения: 12.08.2025).
3. Комплексный план мероприятий по повышению качества математического и естественно-научного образования на период до 2030 года. Утвержден распоряжением Правительства РФ от 19 ноября 2024 г. № 3333-р. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202411230014> (дата обращения: 10.08.2025).
4. *Надвидова Т. В.* Квест-технологии в преподавании астрономии // Наука и практика в образовании: электронный научный журнал. – 2021. – № 4 (6). – С. 15–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kvest-tehnologii-v-prepodavanii-astronomii> (дата обращения: 10.08.2025). DOI: 10.54158/27132838_2021_4_15
5. *Полова М. Н., Попов И. П.* Использование квест-технологий при проведении внеурочной деятельности по физике // Перспективы науки и образования. – 2018. – № 3 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kvest-tehnologiy-pri-provedenii-vneurochnoy-deyatelnosti-po-fizike> (дата обращения: 19.01.2025).
6. *Сафонова Е. В.* Образовательный квест: смысл, содержание, технологические приемы // Народное образование. – 2018. – № 1–2 (1466). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnyy-kvest-smysl-soderzhanie-tehnologicheskie-priyomy> (дата обращения: 10.01.2025).
7. *Хомяков А. И., Перов Н. И.* Марс и земная цивилизация: рассказ о Марсе – его изучении и будущем освоении землянами. – Ярославль: Канцлер, 2021. – 27 с.

«СЫН ВЕКА»: ПОЭМА О ГАГАРИНЕ – ГОЛОСАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



Н. И. Булгакова



ГБОУ школа № 690 Невского района Санкт-Петербурга

Аннотация. В год 65-летия полета Ю. А. Гагарина Федерация космонавтики Санкт-Петербурга и школьные музеи реализуют медиапроект, основанный на поэме Игоря Ринка «Сын века», опубликованной в «Комсомольской правде» 13 апреля 1961 г. Уникальность проекта заключается в «хоровом» исполнении поэмы: космонавтами России (А. Борисенко и И. Вагнер), ведущими экспертами отрасли (В. Куприянов, М. Охочинский и др.) и 25 школьниками из пяти школ с музеями космонавтики.

Распределение строк выстроено драматургически, чтобы обеспечить «диалог поколений». Применяется профессиональный подход к съемкам: единая выездная группа гарантирует качество видео и звука, что выгодно отличает проект от любительских видео. Ожидаемый результат – создание цифрового артефакта, актуализирующего подвиг Гагарина для молодежи через личное творческое участие и современные форматы.

Ключевые слова: Юрий Гагарин, Игорь Ринк, поэма «Сын века», патриотическое воспитание, школьные музеи космонавтики, 65-летие полета в космос, медиапроект.

«THE SON OF THE CENTURY»: A POEM ABOUT GAGARIN – VOICES OF THE NEW GENERATION



N. Bulgakova



State Budgetary Educational Institution School No. 690, Nevsky District, St. Petersburg

Annotation. The article analyzes a socio-cultural project implemented in February – March 2026 and dedicated to the 65th anniversary

sary of Yuri Gagarin's flight. The focus is on the poem «The Son of the Century» by Igor Rink, published in the Komsomolskaya Pravda newspaper on April 13, 1961.

The project's uniqueness lay in the synthesis of a historical and literary source with modern digital formats. The author examines the methodology of creating a video in which the poem was performed by a "chorus of voices": cosmonauts (including the ISS crew), experts of the rocket and space industry, and students from St. Petersburg schools with space museums.

Special attention is paid to the educational potential of the project, the mechanism of the "connection of generations", and the role of school museums as platforms for preserving historical memory. The principles of distributing the poetic text, technical aspects of implementation, and achieved results, including digital audience reach indicators, are presented.

Keywords: Yuri Gagarin, Igor Rink, poem "The Son of the Century", patriotic education, school museums of cosmonautics, 65th anniversary of the space flight, media project.

ВВЕДЕНИЕ

2026 год стал юбилейным в истории отечественной космонавтики – 65 лет назад Юрий Алексеевич Гагарин совершил первый полет человека в космос. Это событие остается не только триумфом науки и техники, но и мощнейшим нравственным ориентиром для многих поколений. Однако в условиях современного информационного общества перед педагогами и организаторами стоит задача поиска новых форматов трансляции исторической памяти, способных вызвать живой эмоциональный отклик у молодежи.

В феврале-марте 2026 года Санкт-Петербургской региональной организацией Федерации космонавтики России совместно со школьными музеями космонавтики был реализован проект «Сын века. Поэма о Гагарине – голосами нового поколения». Его цель заключалась в создании медиапродукта, который через поэтическое слово объединяет прошлое и настоящее. Основой проекта стала поэма Игоря Ринка «Сын века» – уникальный литературный памятник, созданный 12 апреля 1961 года и опубликованный на следующий день в газете «Комсомольская правда» (№ 88 (11028)).

Этот факт придал проекту особую документальную и эмоциональную глубину.

ИСТОРИКО-ЛИТЕРАТУРНЫЙ КОНТЕКСТ: ПОЭТ ИГОРЬ РИНК И ЕГО «СЫН ВЕКА»

Игорь Александрович Ринк (1924–1988) – советский поэт и журналист, чье творчество сегодня незаслуженно забыто. Его оперативный отклик на полет Гагарина – редчайший случай в мировой журналистике. Поэма была написана буквально «по горячим следам» и уже 13 апреля 1961 года заняла четверть полосы в центральном печатном органе страны.

Произведение состоит из 34 четверостиший, разбитых на семь частей. Ринку удалось запечатлеть не только хронологию полета (подготовку, старт, нахождение на орбите, возвращение), но и передать психологическое состояние героя, а главное – всенародное ликование и гордость. Стихотворение насыщено деталями эпохи, но его пафос обращен в будущее, что сделало его идеальной основой для диалога с новыми поколениями.

КОНЦЕПЦИЯ И УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА

Ключевая идея проекта – создание видеоролика, в котором поэма исполняется «хором голосов», символизирующим связь времен. В качестве чтецов выступили три группы участников:

Космонавты: Борисенко Андрей Иванович, летчик-космонавт, Герой России, и Вагнер Иван Викторович, летчик-космонавт, Герой России.

Школьники: 25 учащихся из пяти петербургских школ, где действуют музеи космонавтики (ГБОУ № 45, 58, 521, 525, 690). Школа № 690 в лице руководителя музея Н. И. Булгаковой выступила инициатором проекта.

Эксперты и хранители истории: ведущие историки космонавтики Санкт-Петербурга: А. Р. Емельянов, И. А. Исаева, А. Г. Калистратов, В. Б. Краскин, В. Н. Куприянов, О. П. Мухин, М. Н. Охочинский.

Главная гордость нашего проекта – Владимир Борисович Краскин. Это человек-легенда. Он лично участвовал в запуске первого искусственного спутника Земли, первых станций к Луне и Марсу и самого Юрия Гагарина на корабле «Восток». Он был там, на старте, 12 апреля 1961 года. И спустя 65 лет читает строки, написанные в тот самый день!

Такое представительство обеспечило многоуровневую коммуникацию: профессионалы, совершающие полеты сегодня, ветераны отрасли, создававшие историю, и дети, которым предстоит ее продолжать.

МЕТОДОЛОГИЯ И ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ

При разработке плана реализации был применен проектный подход, учитывающий ограниченные временные ресурсы и необходимость высокого технического качества. Основная работа по съемкам и монтажу заняла всего две недели – с 20 февраля по 6 марта.

Принцип распределения текста. 34 четверостишия поэмы мы распределили так: школьники ведут основной рассказ, а эксперты произносят самые глубокие, философские слова. В кадре постоянно меняются лица и места – ведь снимали в самых разных локациях. В основном это были школьные музеи, которые на время превратились в съемочные павильоны. Это подняло их статус в глазах учеников: они увидели, что их музей – это современное, живое пространство для создания крутого контента.

Техническое решение. Для профессионального подхода к реализации задуманного привлекли студентов 2 курса программы «Медиакоммуникации» из Высшей школы экономики Санкт-Петербурга. Уже третий год Федерация космонавтики России по Санкт-Петербургу ведет медиапроекты со студентами этого вуза.

Работа с удаленными участниками. Для космонавтов было разработано подробное техническое задание с требованиями к фону, форме одежды и четкости речи. Координация с Центром подготовки космонавтов и личные контакты Федерации позволили получить видеофрагменты в установленный срок.

Воспитательный и культурный потенциал

Проект вышел за рамки традиционного урока патриотизма. Его новизна заключается в следующем:

Актуализация наследия. Возвращение в культурный оборот текста Игоря Ринка, который сегодня малоизвестен даже специалистам-филологам.

Субъектность школьников. Учащиеся перестали быть пассивными зрителями. Они стали соавторами контента, который впоследствии распространяли в своих социальных сетях. Личная ответственность за прочтение строфы усилила эмоциональное присвоение истории.

Роль музеев. Школьные музеи космонавтики выступили не как архивные хранилища, а как живые съемочные павильоны и центры генерации контента. Это повысило их статус в образовательной среде.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРЕЗЕНТАЦИЯ

Итогом проекта стал видеоролик хронометражем 8 минут. Было создано две версии: полная для размещения в сети («ВКонтакте», RuTube) и несколько тизеров (до 1 минуты) для презентации на различных мероприятиях.

Публикация коротких промо на ресурсах Федерации космонавтики и школьных музеев состоялась в день рождения Юрия Алексеевича Гагарина – 9 марта 2026 года. За первую неделю ролики набрали более 5 000 просмотров на различных платформах, получили положительные отзывы от педагогов, музейных работников, представителей космической отрасли и широкой общественности.

Полную версию проекта успешно представила руководитель музея «Открытый космос» ГБОУ школы № 690 Н. И. Булгакова 11 марта 2026 года на 53-х Международных общественно-научных чтениях, посвященных памяти Ю. А. Гагарина (г. Гагарин), а также 19 марта 2026 года на VII Чтениях имени В. В. Терешковой в Ярославле. Ближе к апрелю видео будет размещено на множестве интернет-ресурсов, и его увидят тысячи людей не только в нашей стране, но и во всем мире.

Опыт подтвердил эффективность взаимодействия общественной организации, системы образования и профессионального медиасообщества в деле сохранения исторической памяти и патриотического воспитания молодежи.

Для школьников это стало важной личной историей. Они не просто выучили строки, они стали соавторами большого проекта вместе с настоящими героями космоса. Наш проект – это мост через время, из 1961 года в 2026-й. Голос Гагаринской эпохи, который звучит сегодня голосами детей XXI века.

Список литературы

1. Гагарин Ю. А. Дорога в космос. – М.: Правда, 1961. – 320 с.
2. Ринк И. Сын века // Комсомольская правда. – 1961. – № 88 (11028). – 13 апреля. – С. 4.
3. Железняков А. Б. Космонавтика: от первых шагов к звездным экспедициям. – СПб.: Питер, 2021. – 416 с.
4. Охочинский М. Н. История ракетной техники в лицах и фактах // Труды БГТУ «Военмех». – 2020. – № 2. – С. 45–52.
5. Куприянов В. Н. Ленинград-Петербург и космонавтика. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – 288 с.
6. Сухина В. И. Музеи космонавтики как ресурс патриотического воспитания // Современные проблемы музейной педагогики. Сб. науч. тр. – М., 2022. – С. 112–118.

ГАГАРИН В ИНДИИ

 **М. В. Арбузова**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»


Аннотация. Проведен исторический анализ ключевых этапов развития пилотируемых космических аппаратов (ПКА) в России/СССР. Выделены семь технологических этапов, определивших эволюцию от первых одноместных кораблей к сложным орбитальным станциям и программам освоения дальнего космоса. Особое внимание уделено влиянию перехода от аналоговых к цифровым технологиям на повышение надежности, функциональности и автономности ПКА. На основе анализа сформулированы технические тренды и перспективы развития пилотируемой космонавтики, включая создание напланетных баз.

Ключевые слова: пилотируемый космический аппарат, космический корабль, дальний космос.

140

GAGARIN IN INDIA

 **M. Arbuzova**

 Yu. A. Gagarin Cosmonaut Training Center

Annotation. A historical analysis of the key stages in the development of human spacecraft (HSC) in Russia/the USSR has been carried out. Seven technological stages are identified that determined the evolution from the first single-seat spacecraft to complex orbital stations and deep space exploration programs. Special attention is paid to the impact of the transition from analog to digital technologies on increasing the reliability, functionality, and autonomy of HSC. Based on the analysis, technical trends and prospects for the development of human spaceflight are formulated, including the creation of planetary bases.

Keywords: human spacecraft, spaceship, deep space.

«Мне бы хотелось принять участие в полете на космическом корабле с группой молодых космонавтов разных национальностей – русскими, индийцами, американцами... Это был бы мирный научный космический корабль. Давайте будем все вместе стремиться к тому, чтобы эта мечта осуществилась, ведь не является ли наша Земля таким космическим кораблем, который несется в просторах Вселенной? Этот корабль принадлежит всем нам, всем народам, и его команда должна жить в мире и дружбе...»

Ю. А. Гагарин. «Дорога в космос». Бомбей

Поездки, особенно первые, стали для Гагарина серьезным испытанием: за это время он сформировался как общественно-политический деятель и популяризатор космонавтики. Как правило, космонавта сопровождала целая делегация, при этом основную ответственность нес генерал-лейтенант Н.П. Каманин, который знал, что такое всемирная прижизненная слава, и делился опытом с Гагариным. Перед началом заграничных поездок космонавт прошел пятидневное послеполетное обследование в Центральном научно-исследовательском авиационном госпитале в Сокольниках, во время которого он работал с корреспондентами газеты «Правда» С. А. Борзенко и Н.Н. Денисовым, готовившими записи воспоминаний Гагарина для книги «Дорога в космос».

Юрий Гагарин совершил 46 зарубежных визитов, посетив при этом 29 стран.

После своего исторического полета Юрий Гагарин совершил масштабное «Космическое турне мира», посетив десятки стран в 1961–1967 годах, включая Чехословакию, Великобританию, Кубу, Бразилию, Индию, Японию, Францию, Египет, Канаду, Афганистан и другие, где его встречали как героя, а он нес послание мира, рассказывая о красоте Земли из космоса.

Первый космонавт, человек-легенда. За 65 лет, прошедших после первого полета в космос, мы, казалось бы, знаем о Юрии Гагарине все. На самом деле великий полет и личность Гагарина до сих пор раскрываются с новых интересных сторон.

«Первый гражданин Вселенной с открытым сердцем» – это Юрий Алексеевич Гагарин, первый космонавт Земли, который 12 апреля 1961 года совершил исторический полет вокруг планеты на корабле «Восток», открыв космическую эру для человечества, и чья доброта, светлая душа и обаяние сделали его всемирно из-

вестным символом покорения космоса. Его знаменитое «Поехали!» стало символом новой эры, а его визиты по всему миру демонстрировали его человечность и открытость миру.

Целыми днями в советском посольстве раздавались телефонные звонки. Чувства восторга по поводу приезда майора Гагарина в Индию проявлялись не только в больших городах, а даже в самых маленьких деревушках, и народ только об этом и говорил. Ведь первый пилот легендарного «Востока» летел к народам Востока.

Северная и Южная Индия выразили настроения народа всей страны. Подвиг Юрия Гагарина индийцы восприняли как величайшее событие в истории. Молодые люди из высших учебных заведений, школ, техникумов, фабрик и заводов были совершенно покорены подвигом Гагарина. Их сердца были открыты советскому летчику и герою Советского Союза, герою мира.

Сожалели лишь о том, что космонавт пробудет в Индии очень мало времени. Программа его пребывания заключалась в посещении больших городов. Но к сердечному приглашению со стороны правительства Индии, к просьбам множества организаций присоединили свои голоса тысячи молодых индийцев. Они просили Гагарина посетить их древнюю страну.

И вот настало 29 ноября. Перевалив покрытые вечным снегом Гималаи, в 11 часов 30 минут самолет приземлился на аэродроме Палам в Дели. Площадь, прилегающая к аэродрому, напоминала огромный красочный ковер. Тысячи жителей индийской столицы собрались на ней, чтобы поприветствовать Юрия Гагарина, отдать дань глубокого уважения непревзойденным достижениям Страны Советов, проложившей человечеству путь в космос.

На аэродроме от имени индийского правительства героя-космонавта приветствовали министр научных исследований и культуры Индии профессор Хумаюн Кабир и дочь премьер-министра Джавахарлала Неру Индира Ганди.

Посол Советского Союза в Индии И. А. Бенедиктов представил Юрия Алексеевича и Валентину Ивановну собравшимся на аэродроме. Приветствия, аплодисменты, букеты живых цветов и тысячи радостных, внимательных и очень дружелюбных лиц сопровождали Гагарина от самолета до машины.

Юрий Гагарин нанес визит премьер-министру Индии Неру в его домашней резиденции. Неру тепло приветствовал прославленного советского героя, познакомил его с членами своей семьи, беседовал с ним о деталях полета в космос, выразил восхищение его подвигом, пожелал ему новых успехов.



Фото 1. Премьер-министр Индии Джавахарлал Неру приветствует первого космонавта Юрия Гагарина / Фото П. Кречнева

После встречи с господином Неру Юрий Алексеевич выступил на пресс-конференции. На открытой зеленой лужайке собралось около трехсот индийских и иностранных корреспондентов. Это была двадцать восьмая пресс-конференция Гагарина после его поразившего весь мир первого космического полета.

143



Фото 2. <https://russiainphoto.ru/photos/86649/>



Фото 3. Премьер-министр Индии Джавахарлал Неру приветствует первого космонавта Юрия Гагарина / Фото П. Кречнева

После пресс-конференции муниципальная корпорация города организовала массовый митинг жителей индийской столицы. Первый покоритель космоса прибыл на место встречи – центральный стадион – вместе с премьер-министром Джавахарлалом Неру. Под несомлаемые аплодисменты мэр города увенчал Гагарина гирляндой цветов. Гагарин отвечал на приветствия, складывая руки в традиционном индийском жесте. Девушки исполняли в его честь мелодичную песню.

Вечером во дворце всех встретила Индира Ганди и объявила, что господин Неру приглашает всех на небольшой ужин. Всем очень хотелось спать, но разве можно было обидеть радушного и гостеприимного хозяина отказом.

За ужином завязался оживленный разговор. Много говорили о предстоящих выборах в Центральный парламент Индии и в законодательные собрания штатов. Индира Ганди возглавляла избирательную кампанию партии «Национальный конгресс», она очень

много и напряженно работала в эти дни. Позднее из газет узнали, что партия «Национальный конгресс» одержала на выборах новую внушительную победу.

Далеко за полночь закончилась эта интереснейшая встреча с одним из самых авторитетных людей Индии и с его замечательной дочерью.

Повсюду, где бы ни появлялся советский космонавт, его окружали толпы народа. Индийцы пожимали Гагарину руки, дарили цветы, просили автографы, приглашали в гости. Когда Гагарин посетил одно из наиболее почитаемых мест в Индии – Раджгохат, место кремации выдающегося деятеля национально-освободительного движения Индии Махатмы Ганди, чтобы возложить там венок из живых цветов, собралось множество народа. Люди с восторгом смотрели на советского человека, который на следующий же день после прибытия в их страну почтил память национального героя Индии.

Состоявшаяся затем встреча в столичном планерном клубе была особенно приятна для советского летчика. В честь гостя были устроены показательные выступления планеристов. Двое юношей и две девушки продемонстрировали свое мастерство в воздухе и были очень довольны, когда Юрий Гагарин дал высокую оценку их полетам.

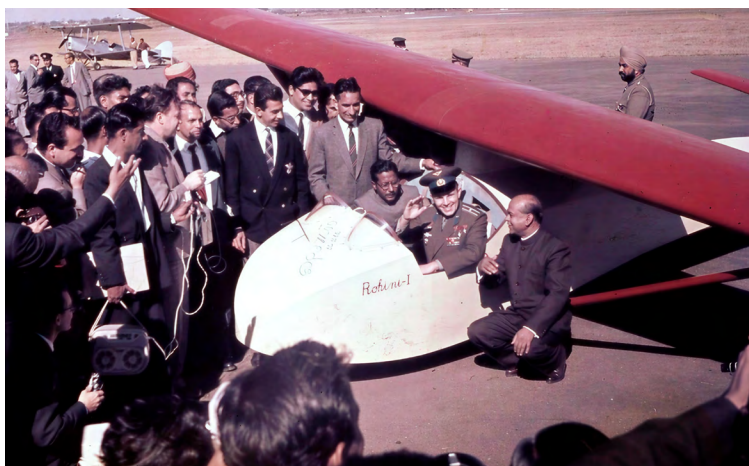


Фото 4. Ю. А. Гагарин в кабине планера RG-1 Rohini.
На носу планера видна надпись «Дружба»
(А. Симонов, «Земные орбиты Юрия Гагарина»)

Министр авиации и другие высокопоставленные лица тепло приветствовали первого космонавта. Секретарь клуба преподнес ему в подарок искусно выполненную модель планера и вручил грамоту почетного члена клуба. Он предложил советскому летчику-космонавту дать имя одному из планеров клуба. Юрий Гагарин дал этому планеру имя «Дружба» в честь советско-индийской дружбы, во имя того, чтобы эта дружба росла и крепла. Под возгласы одобрения Юрий Гагарин вывел по-русски на носовой части фюзеляжа планера слово «Дружба».

Горячо и радостно встречали в Индии первого в мире космонавта – посланца великой Страны Советов.

Встречали цветами, улыбками, флагами. Индийская республика – десятая страна, встречавшая на своей гостеприимной земле майора Гагарина. Где бы ни появлялся советский космонавт, всюду было слышно крылатое «Гагарин – шанти!» – «Гагарин – мир!».

На одном из митингов в Дели, решительно расталкивая полицейских, к Гагарину подбежала темноволосая девушка. Она надела ему на руку браслет и смущенно опустила длинные ресницы. Отныне, согласно индийскому обычаю, Юрий Гагарин и эта девушка стали братом и сестрой.

Большое волнение вызвал седой худощавый старик, который упрямо и долго протискивался к трибуне, где выступал космонавт. Старик прошел пешком около ста километров, чтобы по поручению жителей своей деревни передать советскому человеку – герою космоса – привет и скромный подарок.

1 декабря самолет с делегацией прилетел в Лакхнау – промышленный и культурный центр Северной Индии. Здесь, у стен Лакхнауского университета, Юрия Гагарина встречали более двадцати тысяч собравшихся. Профессор университета Дикскит внимательно выслушал рассказ советского космонавта о подготовке полета «Восток-1» и о самом полете.

В Лакхнау делегация пробыла лишь один день, и 2 декабря все вылетели в Бомбей.

В Бомбее, как и в других городах Индии, было много интересных встреч с народом, но особенно всем запомнился грандиозный городской митинг. На нем присутствовало более полумиллиона человек, и около миллиона людей приветствовали Гагарина на улицах по пути к месту митинга. Семьдесят различных организаций города прислали делегации приветствовать космонавта, каждая делегация считала своим долгом преподнести ему подарки.



Фото 5. «Земные орбиты Юрия Гагарина» / А. Симонов

После митинга делегация с большим удовольствием осмотрела Бомбейский океанский аквариум.

По приглашению посетили школу йогов. Ее называют Институтом здоровья. В школе всем продемонстрировали оригинальные физические упражнения, показали альбомы и плакаты с комплексами самых разнообразных приемов тренировки тела и различных органов.

Поздно вечером Юрий Алексеевич и Валентина Ивановна в открытой машине едут на киностудию. Им приходится все время стоять и отвечать на приветствия. Бомбейская киностудия – одна из лучших в Индии. Она создала много хороших кинокартин, заслуживших самые высокие оценки и у советских зрителей. В студии и прилегающем к ней парке собрались тысячи людей, посвятивших себя киноискусству, и их ближайшие друзья. Парк и главный павильон были так иллюминированы, что напоминали райские сады и прекрасные дворцы из старинных индийских сказок. Над входом в главный зал – громадные огненные буквы на русском языке: «Привет первому космонавту мира Ю. А. Гагарину!».

Гагарина приветствовал хозяин киностудии, после него выступил известный индийский киноартист Радж Капур. Десятки кинозвезд Индии приветствовали советского космонавта. Они продемонстрировали перед гостями высокое искусство национального индийского танца и пения.

Из Бомбея рано утром 5 декабря делегация вылетела в Калькутту.

За время поездки по городам Индии подарков набралось так много, что экипаж самолета стал побаиваться перегрузки. По возвращении на Родину почти все подарки Гагарин передал в различные музеи нашей столицы и других городов.

Запомнилась небольшая, но очень интересная прогулка по реке Ганг.

Из Калькутты полетели в Хайдарабад. Город всем понравился. Своим расположением и архитектурой он напоминает курортный город. В центре города – огромное озеро. Много зелени, прямые широкие улицы. Музей города Хайдарабада заслуживает самой лестной оценки. В нем собраны богатейшие памятники культуры древнего Востока: картины, скульптуры, посуда, мебель, ковры и другие ценнейшие экспонаты.

Гагарин покорила сердца миллионов людей. Индийцы полюбили посланца великой страны Советов.

– Нам очень нравится ваша замечательная страна, – сказал Юрий Алексеевич на одной из пресс-конференций.

– А вы нравитесь Индии, – ответили ему индийские друзья.

Юрий Алексеевич выразил желание полететь в космос вместе с представителем Индии. К сожалению, он не успел это сделать. Но индийский космонавт побывал в космосе! Им стал Ракеш Шарма, который 3 апреля 1984 года вместе с советскими космонавтами Юрием Малышевым и Геннадием Стрекаловым летал в космос.

Для Юрия Гагарина учредили специальную медаль за длительную поездку, ведь он проехал и пролетел по стране более 5000 км.

Список литературы

1. *Юрий Гагарин. «Дорога в космос» // Записки летчика-космонавта СССР.*
2. *Россошанский В. «Феномен Гагарина» // Саратов: Летопись. Издательский центр Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2004.*
3. *Денисов Н. «Хорошо, хорошо, Гагарин». – Московский рабочий, 1963.*
4. *Каманин Н. Первый гражданин Вселенной. – ЦК ВЛКСМ. – «Молодая гвардия», 1962.*
5. *Симонов А. «Земные орбиты Юрия Гагарина»: [Хроника визитов Ю. А. Гагарина]. – М.: Фонд «Русские витязи», 2024. – 648 с.: илл. – (Ключи от космоса).*

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В РОССИИ/СССР

 **А. А. Курицын, А. А. Ковинский, Д. А. Темарцев**

 ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»

Аннотация. Проведен исторический анализ ключевых этапов развития пилотируемых космических аппаратов (ПКА) в России/СССР. Выделены семь технологических этапов, определивших эволюцию от первых одноместных кораблей к сложным орбитальным станциям и программам освоения дальнего космоса. Особое внимание уделено влиянию перехода от аналоговых к цифровым технологиям на повышение надежности, функциональности и автономности ПКА. На основе проведенного анализа сформулированы технические тренды и перспективы развития пилотируемой космонавтики, включая создание напланетных баз.

Ключевые слова: пилотируемый космический аппарат, техническая эволюция, орбитальная станция, космический корабль, дальний космос.

149

KEY STAGES AND TECHNOLOGICAL DIRECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF MANNED SPACE CRAFT IN RUSSIA/USSR

 **A. Kuritsyn, A. Kovinsky, D. Temartsev**

 Yu. A. Gagarin Cosmonaut Training Center, Star City

Annotation. This article provides a historical analysis of the key stages in the development of manned spacecraft in Russia/USSR. Seven technological stages are identified that determined the evolution from the first ballistic spacecraft to complex orbital stations and deep

space exploration programs. Particular attention is paid to the impact of the transition from analog to digital technologies on improving the reliability, functionality, and autonomy of manned spacecrafts. Based on this analysis, technical trends and prospects for the development of manned spaceflight, including the creation of orbital bases, are formulated.

Keywords: manned spacecraft, technical evolution, orbital station, spacecraft, deep space.

ВВЕДЕНИЕ

Пилотируемая космонавтика представляет собой вершину технологического развития, интегрирующую достижения науки, техники и международной кооперации [1]. За шесть десятилетий, прошедших со времени первого полета человека в космос, конструкции ПКА претерпели радикальную трансформацию, обусловленную как прогрессом смежных отраслей, так и усложнением целевых задач. Целью данного исследования является систематизация основных этапов технического развития ПКА в России/СССР, выявление ключевых технологических инноваций и оценка перспектив, связанных с освоением дальнего космоса.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Космическое пространство является экстремальной средой, где жизнедеятельность человека возможна исключительно внутри специализированных технических систем. ПКА – это комплексная инженерная система, предназначенная для обеспечения безопасного пребывания, работы и возвращения экипажа, а также для выполнения целевых работ (научных, технологических, прикладных) в условиях вакуума, микрогравитации, радиации и термических перепадов.

КЛЮЧЕВЫМИ ПРИЗНАКАМИ ПКА ЯВЛЯЮТСЯ [2]:

- наличие целостной технической структуры (модули, агрегаты, системы жизнеобеспечения, управления, терморегулирования, связи);
- способность выполнять заданные функции при непосредственном участии человека-оператора.

Фундаментальное значение на этапе проектирования имеет компоновка – процесс интеграции всего бортового оборудования и конструктивных элементов в единое функциональное целое.

ЗАДАЧИ КОМПОНОВКИ ВКЛЮЧАЮТ [2]:

- определение номенклатуры и состава бортовых систем;
- выбор оптимальной геометрической формы и силовой схемы корпуса;
- декомпозицию внутреннего пространства на отсеки;
- рациональное размещение аппаратуры с учетом масс-инерционных характеристик, эргономики и требований теплового режима.

Анализ эволюции отечественных ПКА позволяет выделить семь последовательных этапов, каждый из которых ознаменовал качественный технологический прорыв:

1. Эра первопроходцев (1961 год). Полет корабля «Восток» с Ю. А. Гагариным доказал принципиальную возможность безопасного пребывания человека в космосе и его возвращения на Землю. Базовые технологии: баллистический спуск, система жизнеобеспечения в гермообъеме.
2. Расширение операционных возможностей (1965 год). Корабль «Восход» позволил вывести в космос многоместный экипаж и осуществить первый выход человека (А.А. Леонов) в открытый космос. Это потребовало создания шлюзовой камеры и усовершенствованных скафандров.
3. Орбитальная сборка и сближение (1969 год). Отработка первой в мире автоматической стыковки двух пилотируемых кораблей («Союз-4» и «Союз-5») создала технологический фундамент для построения орбитальных комплексов. Ключевая инновация – стыковочный узел.
4. Эпоха орбитальных станций (1971 год). Запуск первой в мире орбитальной станции «Салют-1» открыл путь к долговременным космическим экспедициям. Акцент сместился на создание систем жизнеобеспечения, увеличение энергообеспечения и объема жилого пространства.
5. Цифровая революция (с 1980-х годов по наше время). Поэтапный переход от аналоговых приборов и систем управления к цифровым вычислительным комплексам. Преимущества: радикальное повышение точности навигации и управления, рост уровня автоматизации, снижение массы и энергопотребления аппаратуры, увеличение надежности за

счет резервирования и автоматизации, возможность обработки больших объемов данных в реальном времени.

6. Освоение дальнего космоса (проекты). Подготовка к межпланетным полетам (проекты России и Китая по освоению Луны) выдвигает новые требования: создание сверхнадежных и автономных бортовых систем, мощных средств радиационной защиты экипажа, ядерных энергоустановок, систем длительного хранения ресурсов.
7. Создание напланетных инфраструктур (перспектива). Концепции обитаемых баз на Луне и Марсе предполагают переход от транспортных ПКА к стационарным модулям (энергетическим, жилым, лабораторным), использованию местных ресурсов, развертыванию специализированной техники (роверы, строительные машины).

Эволюция ПКА демонстрирует четкую логику: от решения базовых задач выживания к обеспечению долговременной работы, а затем – к расширению функциональности и автономности. Технический прогресс носит кумулятивный характер: каждое достижение (первый полет человека в космос, выход в открытый космос, стыковка) становилось стандартом для последующих, более сложных программ («Мир», МКС).

Переход к цифровым технологиям стал ключевым моментом, усилившим все основные характеристики ПКА: безопасность, эффективность, научную отдачу. Современные тенденции указывают на конвергенцию технологий: робототехника, искусственный интеллект, аддитивное производство и биотехнологии становятся неотъемлемой частью архитектуры перспективных ПКА для дальнего космоса и напланетных миссий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволяет сделать выводы:

1. Развитие пилотируемых космических аппаратов в России/СССР шло через семь качественно различных этапов, определявшихся как внутренней логикой технологического развития, так и стратегическими целями космической программы.
2. Основным вектором эволюции является движение от простых, узкоспециализированных кораблей к сложным, многофункциональным и интеллектуальным орбитальным и меж-

планетным комплексам. Критическую роль в этом процессе сыграла цифровизация бортовых систем.

3. Перспективы развития связаны с преодолением фундаментальных вызовов дальнего космоса: радиационной защиты, длительной автономности, замкнутости циклов жизнеобеспечения и создания устойчивой инфраструктуры за пределами Земли. Успех в этих направлениях определит следующий этап в истории пилотируемой космонавтики.

Список литературы

1. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди / И. Б. Афанасьев, Ю. М. Батурина, А.Г. Белозерский и др.; под ред. Ю. М. Батурина; авт. вступ. ст. Ю. М. Батурина и Б.Е. Чертока. – М.: Издательство «РТСофт», 2005. – 752 с.: ил. – ISBN 5-9900271-2-5.
2. Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов: учебное пособие / А. В. Туманов и др.; под ред. Г. А. Щеглова. – Москва: Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2020. – 755 с.: ил. – (Серия «Вооружение и военная техника»). ISBN 978-5-7038-5134-0.

РАБОТА С ЮНОШЕСКИМ КЛУБНЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ОТРЯД ЮНЫХ КОСМОНАВТОВ»

 **И. А. Волков**

 ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»

*Образование – это самое мощное оружие,
которое вы можете использовать, чтобы изменить мир.*

Нельсон Мандела

Аннотация. В статье представлено обсуждение заявленной темы: процесс работы с клубным формированием «Отряд юных космонавтов», рассмотрена его структурная организация, обозначены цели и задачи, а также программы для их реализации.

Ключевые слова: отряд юных космонавтов, клубное формирование, педагогика, культура.

154

WORKING WITH YOUTH CLUB FORMATION BY EXAMPLE OF «YOUNG COSMONAUTS SQUAD»

 **I. Volkov**

 SACL YR «Center named after Valentina V. Tereshkova»

*Education is the most powerful weapon
which you can use to change the world.*

Nelson Mandela

Annotation. The article presents a discussion of the stated topic: the process of working with the Young Cosmonauts Squad club formation, the structural organization is considered, goals and objectives are outlined, and programs for their implementation are outlined.

Keywords: Squad of Young Cosmonauts, club formation, pedagogy, culture.

ВВЕДЕНИЕ

Первый отряд юных космонавтов был организован в 2016 году под личным патронажем вице-президента благотворительного фонда «Чайка» имени В. В. Терешковой Е.А. Терешковой.

Клубное формирование «Отряд юных космонавтов» – это имиджевый проект Ярославской области и ГАУК ЯО «Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой», созданный с целью привлечения детей, интересующихся успехами отечественного космического кораблестроения и освоения космоса, для представления региона на мероприятиях федерального уровня с участием представителей администрации президента, Правительства РФ и героев отечественной космонавтики. 10 октября 2023 года, в год 60-летнего юбилея полета в космос первой женщины-космонавта В. В. Терешковой, был осуществлен третий набор в Отряд юных космонавтов. Членами нового отряда стали учащиеся 6 и 7 классов средней школы № 84 с углубленным изучением английского языка, средней школы № 91 «ИнТех» и средней школы № 32 имени В. В. Терешковой. В настоящий момент в число участников клубного формирования входит 47 детей.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Клубное формирование «Отряд юных космонавтов Центра имени В. В. Терешковой» является проектом по профориентации. Отряд призван оказать содействие интеллектуальному, духовному и физическому развитию, раскрыть потенциал подрастающего поколения, приобщить к истории отечественной космонавтики и ее настоящему, способствовать развитию патриотизма и морально-этическому воспитанию.

В качестве целей клубного формирования рассматриваются просветительские и воспитательные.

1. ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ ЦЕЛИ

- способствовать формированию научного интереса членов Отряда;
- углубить знания по астрономии и космонавтике;
- развить аналитические способности;
- привить слушателям навыки самостоятельной научно-исследовательской работы;

- привлечь участников к углубленному изучению актуальных и важных проблем в соответствии с профилем Отряда юных космонавтов;
- обеспечить участие членов Отряда юных космонавтов в региональных, российских и международных конкурсах научных работ, научных конференциях, обсуждениях, семинарах.

2. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ

В качестве основной воспитательной задачи отряда рассматривается самоопределение, саморазвитие и формирование личностных приоритетов школьника, приучение его к дисциплине, культуре и коммуникации. Развитие умения созидать, творить, помогать, трудиться и самосовершенствоваться; брать на себя ответственность и справляться с поставленными задачами.

ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА

Внутри клубного формирования предусмотрена система иерархии. Участники отряда поделены на команды по школам. У каждой команды есть название и девиз, а также должности шкипера, инструктора и испытателя, которые могут занять наиболее активные ученики. Названия должностей соответствуют званиям в военно-воздушном флоте.

Командир отряда	Работник центра, отвечающий за отряд юных космонавтов. Осуществляет руководство, отвечает за деятельность. Формирует цели и задачи, организует мероприятия и осуществляет оценочный анализ отряда.
Старший помощник	Сотрудник центра, осуществляющий педагогическую деятельность. В его обязанности входит проведение лекций и занятий по проектной деятельности.
Инспектор отряда	Педагог, отвечающий за организацию отряда на местах, осуществляет сопровождение участников клубного формирования во время поездок.

Шкипер отряда (староста)	Отличительный титул, присуждающийся заметным участникам клубного формирования. Шкиперы формируют ученый совет отряда, а также выполняют обязанности со-капитана.
Инструктор отряда (капитан)	В его обязанности входят написание и представление отчетов по деятельности отряда, он является «лицом» команды.
Испытатель отряда (помощник капитана)	Заместитель инструктора. В его задачи входит помощь инструктору, а также, представление фотоотчетов.
Исследователь отряда	Рядовой участник Отряда космонавтов.
<p>По желанию ученики могут попробовать свои силы в качестве репортера и модератора.</p>	
Репортер отряда	В его обязанности входит написание материалов для социальных сетей и медиаресурсов
Модератор отряда	Ассистент командира, оказывающий помощь в ведении социальных сетей и чатов клубного формирования. В его обязанности входит публикация и правка объявлений, фотоотчетов и документов.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОТРЯДА ЮНЫХ КОСМОНАВТОВ

В рамках проекта клубного формирования предусмотрены различные направления деятельности. Все они, в своей совокупности, призваны помочь участнику отряда в развитии навыков изучения методических материалов, разработки собственного исследования и подготовки публичного выступления.

Учебная деятельность включает занятия по астрономии, космонавтике и космической биологии. Учебная программа отряда рассчитана на четыре года. Посещение занятий обязательно для всех учеников.

Практическая деятельность заключается в участии в экскурсиях, квестах и интерактивных программах. На базе Отряда юных космонавтов создано Бюро экскурсоводов, где участники проходят обучение и аттестацию у сотрудников центра. После этого они получают возможность участвовать в экскурсионных мероприятиях. Практическая деятельность обязательна для шкиперов, инструкторов и испытателей. Для остальных участников – по желанию.

Проектная деятельность предполагает разработку индивидуальных исследований и представление их результатов на конференциях и конкурсах. Каждый участник отряда обязан в течение года защитить свой проект. Тема исследования выбирается самостоятельно или назначается командиром либо старшим помощником. Проектная работа затрагивает различные области космической отрасли: от гуманитарных до технических.

Итогом проектной деятельности отряда является представление результатов исследований на конференциях и конкурсах. За два года работы отряда ребята успешно выступили в Ярославле, Гагарине и Санкт-Петербурге с практическими и теоретическими работами.

Заметные примеры проектов:

Кирилл Никифоров, Сергей Баранов, Иван Камышников	Создание и запуск модели ракеты
Иван Камышников	Проект создания макета космического корабля «Союз ТМА»
Соколова Светлана	Разработка интернет-ресурса по теме «Астрономия в культуре древних цивилизаций»
Артем Кондаратцев	Проект «Музыка и космос»
Носова Варвара	Проект «Астрология – правда или вымысел?»
Виктория Клименко	Проект «Влияние стресса на космонавта в космосе»
Арина Мелихова	Химический эксперимент с целью получить запахи известных туманностей

Сергей Махров	Использование дронов в космосе
Егор Панов	Разработка экскурсии по космическим местам города Ярославля
Вероника Хабибова	Разработка урока по теме «Животные в космической программе» для младших классов
Кирилл Никифоров и Анна Сосновкина	Разработка квеста «Ужасы Космоса» для посетителей центра

УЧАСТИЕ В КОНКУРСАХ И КОНФЕРЕНЦИЯХ

Результатом плодотворной работы над проектами становится выступление на конкурсах и конференциях. Участники отряда неоднократно становились лауреатами, занимая первые места на различных конкурсных мероприятиях, таких как:

- «Региональный этап Международного конкурса научно-технических и художественных проектов по космонавтике «Звездная эстафета».
- Межрегиональная конференция школьников «Дорога к звездам».
- Открытая Санкт-Петербургская научно-практическая конференция учащихся «Человек и космос».
- Открытый чемпионат по Ракетостроению «Восток -6».
- Международные общественно-научные чтения, посвященные памяти Ю. А. Гагарина.

159

ВЫЕЗДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В рамках клубного формирования «Отряд юных космонавтов» предусмотрены выездные мероприятия: экскурсии, конференции, конкурсы и игры.

На данный момент осуществлены выезды в город Королев (НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина), г. Санкт-Петербург, г. Гагарин.

ВНЕУЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В рамках отряда предусмотрена внеучебная активность: выходы на мероприятия; совместный досуг; гильдия настольных игр.

Данные активности носят поощрительный характер и способствуют укреплению командного духа отряда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа клубного формирования «Отряд юных космонавтов» заключается в создании условий, способствующих раскрытию исследовательского, творческого и личностного потенциала каждого из его участников.

Учебные занятия способствуют интеллектуальному развитию юного космонавта. Проектная деятельность и участие в экскурсиях служат развитию ораторских умений, уверенности в себе, умению работать с аудиторией. Поддержание дружеской атмосферы и поощрение интересов создает комфортные условия внутри коллектива.

Таким образом, участие в Отряде юных космонавтов, призвано воспитать будущих молодых специалистов космической отрасли. Привить им дисциплину, уверенность в себе, снабдить знаниями и умениями.

Список литературы

1. *Ронкина А. Ю.* Значение подростковых клубов в космическом воспитании молодежи / Чтения имени В. В. Терешковой: сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Ярославль, 16 июня 2020 г. Сост. Тихомирова Е. Н., Перов Н. И., Роменская О. М. – Ярославль, 2020. – 140 с.
2. *Грачев Г. А., Куророва М. А.* Юношеский клуб космонавтики имени Г. С. Титова на орбите жизни // «Научный журнал ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю. А. Гагарина» «Пилотируемые полеты в космос». – М: Редакционно-издательский отдел ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю. А. Гагарина», 2023. – 430 с.
3. Клубные формирования // ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой» URL: <https://yarplaneta.ru/about/klubnye-formirovaniya/> (дата обращения: 30.04.2025).

МЕТОДИКА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ ВРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИТАЙСКОГО ВОЛЧКА В РАМКАХ ПРОЕКТА «КОСМИЧЕСКИЙ УРОК»



Е. В. Солаева



ГБУ ДО «Школа космонавтики имени Р. В. Комаева»

Аннотация. В статье рассматривается методика использования китайского волчка (волчка Томсона) в качестве наглядного пособия для изучения динамики вращения твердого тела в рамках космического урока, направленного на повышение интереса школьников к исследованию космоса и передовым технологиям. Описывается опыт демонстрации явления гироскопической прецессии с использованием китайского волчка, а также примеры сложных вращательных движений, таких как эффект гайки Джанибекова. Подчеркивается, что использование наглядных и интерактивных методов обучения способствует лучшему пониманию сложных физических явлений и развитию исследовательских навыков учащихся.

Ключевые слова: космический урок, физика, динамика вращения, гироскопическая прецессия, китайский волчок, гайка Джанибекова, космонавтика, образовательные технологии.

METHOD FOR VISUALIZING THE ROTATION DYNAMICS OF A RIGID BODY USING A TIPPE TOP WITHIN THE SPACE LESSON PROJECT



E. Solaeva



SBIAE «School of Cosmonautics named after R. V. Komaev»

Annotation. The article discusses the methodology of using a Chinese top (Thomson's top, or a tippe top) as a visual aid for studying the dynamics of rigid body rotation within the framework of a space lesson aimed at increasing school students' interest in space exploration and advanced technologies. The experience of demonstrating the phenomenon of gyroscopic precession using a top is described, as well as examples of complex rotational motions, such as the Dzhanibekov effect. It is emphasized that the use of visual and interactive teaching methods contributes to a better understanding of complex physical phenomena and the development of students' research skills.

Keywords: space lesson, physics, rotation dynamics, gyroscopic precession, Chinese top, Dzhanibekov effect, space science, educational technologies.

ВВЕДЕНИЕ

Современная образовательная практика стремится к созданию условий для повышения интереса учащихся к науке и технике. Одним из эффективных подходов является интеграция учебного процесса с актуальными и привлекательными направлениями, такими как исследование космоса и передовые технологии [1]. Космические уроки, включающие сеансы связи с Международной космической станцией (МКС) и общение с космонавтами, предоставляют уникальную возможность для вовлечения школьников в научную деятельность и формирования у них устойчивого интереса к инженерным и естественным наукам. В рамках подготовки и проведения космических уроков возникает задача адаптации сложных научных концепций к уровню понимания школьников, особенно начинающих изучать физику. В данной статье рассматривается опыт использования китайского волчка (волчка Томсона) в качестве наглядного пособия для изучения динамики вращения твердого тела, в частности явления гироскопической прецессии.

ДИНАМИКА ВРАЩЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Вращательное движение является одним из фундаментальных видов движения в природе и технике. Однако динамика вращения твердого тела может представлять значительные трудности для понимания, особенно для начинающих изучать физику [2]. Сложность заключается в необходимости оперирования такими понятиями, как момент инерции, угловой момент и крутящий момент. Для преодоления этих трудностей необходимо использовать наглядные методы обучения, позволяющие визуализировать абстрактные концепции и демонстрировать сложные физические явления в доступной форме. В качестве такого наглядного пособия может выступать китайский волчок.

КИТАЙСКИЙ ВОЛЧОК КАК ИНСТРУМЕНТ ДЕМОНСТРАЦИИ ГИРОСКОПИЧЕСКОЙ ПРЕЦЕССИИ

Китайский волчок, благодаря своей конструкции, является удобным инструментом для демонстрации явления гироскопической прецессии. Гироскопическая прецессия – это явление, при котором ось вращения вращающегося тела (например, волчка) поворачивается вокруг другой оси под действием внешнего момента силы [3]. Наблюдение за этим явлением на примере китайского волчка позволяет учащимся понять, что вращающееся тело оказывает сопротивление попыткам изменить направление его оси вращения. Для демонстрации достаточно слегка наклонить вращающийся волчок. Вместо того чтобы упасть, волчок начинает описывать круги вокруг вертикальной оси. Этот эффект наглядно показывает сложность и неочевидность вращательного движения.

163

ПРИМЕРЫ СЛОЖНЫХ ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ: ЭФФЕКТ ГАЙКИ ДЖАНИБЕКОВА

Для демонстрации сложности вращательного движения можно привести пример эффекта гайки Джанибекова [4]. Этот эффект заключается в том, что твердое тело, вращающееся в невесомости вокруг оси с максимальным или минимальным моментом инерции, может неожиданно перевернуться на 180 градусов. Демонстрация

этого эффекта на видео или с использованием компьютерной модели позволяет показать, что даже простое вращательное движение может быть очень непредсказуемым и сложным для анализа.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИТАЙСКОГО ВОЛЧКА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Использование китайского волчка в учебном процессе имеет ряд преимуществ:

- *Наглядность*: визуальное представление сложных физических явлений облегчает их понимание.
- *Интерактивность*: учащиеся могут самостоятельно экспериментировать с волчком, изменяя параметры движения и наблюдая за результатами.
- *Простота*: китайский волчок прост в использовании и не требует сложного оборудования.
- *Доступность*: китайский волчок является относительно недорогим и доступным наглядным пособием.
- *Мотивация*: использование необычных и интересных объектов, таких как китайский волчок, повышает мотивацию учащихся к изучению физики.

164

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование китайского волчка в качестве наглядного пособия для изучения динамики вращения твердого тела в рамках космического урока является эффективным способом повышения интереса школьников к науке и технике. Наглядная демонстрация явления гироскопической прецессии, а также примеры сложных вращательных движений, таких как эффект гайки Джанибекова, позволяют учащимся лучше понять сложные физические концепции и стимулируют их к дальнейшему изучению физики и космонавтики.

Список литературы

1. Национальный исследовательский совет. Основа для научного образования класса К-12: практика, сквозные концепции и ключевые идеи. – Издательство Национальных академий, 2012.

2. Морин Д. Введение в классическую механику: проблемы и решения. – Издательство Кембриджского университета, 2008.
3. Клеппнер Д., Коленков, Р. Дж. Введение в механику. – W.W. Norton & Company. 2013.
4. Абрамян А. Ю., Маркеев А. П. Эффект Джанибекова: пересмотр теоремы о теннисной ракетке // Регулярная и хаотическая динамика. – 2014. – № 19 (5). – 513–520.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЮНОШЕСКОГО КЛУБА КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Г. С. ТИТОВА



В. В. Угольников



ГБНОУ «Санкт-Петербургский городской Дворец
творчества юных»

Аннотация. В статье рассмотрены организационно-экономические аспекты образовательной и проектной деятельности Юношеского клуба космонавтики имени Г. С. Титова, сформулированы пути ее совершенствования. В качестве ее основы предложена кластерная модель. Представлены ключевые компоненты образовательной среды клуба космонавтики, направленные на формирование и развитие человеческого потенциала, обеспечение экономического, технологического, научного и социокультурного суверенитета России.

Ключевые слова: юношеский клуб космонавтики, образовательная деятельность, проектная деятельность, организационно-экономический механизм, кластерная модель, образовательная среда, человеческий потенциал, технологический суверенитет, научный суверенитет, WEB-технологии.

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS OF EDUCATIONAL AND PROJECT ACTIVITIES IN THE YOUTH COSMONAUTICS CLUB OF G. S. TITOV



V. Ugolnikov



State Budgetary Educational Institution «St. Petersburg City
Palace of Youth Creativity»

Annotation. The paper investigates the organizational and economic dimensions of the educational and project initiatives at the G. S. Titov Youth Cosmonautics Club, identifying avenues for their advancement. A cluster model is posited as the underlying structure for these endeavors. Furthermore, the article details the crucial elements of the cosmonautics club's educational ecosystem, which are geared towards cultivating and enhancing human potential, ultimately supporting Russia's economic, technological, scientific, and socio-cultural sovereignty.

Keywords: youth cosmonautics club, educational activities, project activities, organizational and economic mechanism, cluster model, educational environment, human potential, technological sovereignty, scientific sovereignty, WEB technologies.

В новой реальности XXI века Российская Федерация последовательно проводит курс на укрепление собственного суверенитета, включая политический, военный, ресурсный, экономический, технологический, научный, социокультурный и другие его аспекты. Определяющими в создании условий для формирования правового суверенитета стали принятые в 2020 году поправки к Конституции РФ. Комплекс указанных мер способствует единству, политической, экономической и социальной стабильности в стране, эффективности противостояния России давлению со стороны объединенного Запада.

Основными направлениями этого противостояния являются повышение обороноспособности страны, глубокая модернизация экономики, промышленности и комплексные меры, направленные, в том числе, на развитие научно-образовательного и человеческого потенциала. Так, в Указе Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» к основным факторам, определяющим положение и роль России в мире, отнесены: высокое качество человеческого потенциала, способность обеспечить технологическое лидерство, перевод экономики на новую технологическую основу [1]. В «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (актуализирована в 2024 году) к таким факторам отнесена способность государства создавать и применять наукоемкие технологии, критически важные для обеспечения независимости и конкуренто-

способности, иметь возможность на их основе организовать производство товаров в стратегически значимых сферах деятельности [2].

Таким образом, инновационная сфера, включающая науку и образование, стала в новой реальности ключевым индикатором конкурентоспособности России в достижении приоритетных национальных целей.

Образовательная, научная, творческая и воспитательная деятельность Юношеского клуба космонавтики имени Г. С. Титова (далее – ЮКК), следуя Комплексной программе, ориентированной на изучение современных наукоемких аэрокосмических и информационных технологий, направлена на решение задач по устойчивому развитию отечественной экономики на новой технологической основе, обеспечению экономической безопасности и научно-технического развития. Такая деятельность соответствует также выявлению, сопровождению и дальнейшему развитию научного, технического, творческого потенциала детей и молодежи, проявивших большие способности и устойчивый интерес к решению задач, связанных с технологическим, промышленным и социально-экономическим развитием Северо-Западного региона России и страны в целом.

В настоящее время организационный механизм образовательного процесса ЮКК представлен следующим образом. Программа дополнительного образования рассчитана на 3 года, и на первый год обучения зачисляются на бюджетной основе учащиеся восьмых – девярых классов общеобразовательных школ. Сертификат о дополнительном образовании выдается обучающимся, успешно освоившим программу и защитившим реферат, содержащий результат их проектной и научной деятельности.

Первый год обучения является для учащихся основополагающим. Несмотря на отсутствие конкретных направлений подготовки, именно в это время закладывается необходимый фундамент для дальнейшего успешного освоения комплексной образовательной программы. Изучение таких дисциплин, как общая астрономия, история космонавтики, история авиации и офисные технологии, позволяет учащимся сформировать общее представление о космосе и авиации как наиболее высокотехнологичных отраслях экономики, познакомиться с современными технологическими решениями, лежащими в основе научно-технологического и экономического развития на современном этапе.

Второй год обучения представлен тремя образовательными треками: астрономическим, космическим и авиационным. Астрономический профиль реализует такие дисциплины, как «Астрофизика», «Основы спутниковой навигации и дистанционное зондирование Земли», «Трехмерное моделирование и основы конструирования». Программа космического профиля имеет сходство с астрономическим, однако вместо «Астрофизики» реализуется дисциплина «Основы ракетно-космической техники». С точки зрения преподаваемых дисциплин авиационное направление является более обособленным: «Основы организации воздушного движения», «Самолетовождение», «Авиационный тренажер, учебно-летная подготовка» и «Трехмерное моделирование и основы конструирования» преподаются как на втором, так и на третьем годах обучения.

Третий год обучения представляет качественно новый уровень подготовки и включает несколько самостоятельных блоков.

1. Начинается реализация профиля «Информатика» с базовой дисциплиной «Основы WEB-разработки». Программа данного профиля знакомит обучающихся с современными IT-технологиями, в частности с WEB, которые служат ключевыми факторами реализации стратегии национального развития России по цифровой трансформации различных отраслей экономики. Особая значимость указанного направления заключается в его полном соответствии и изначальной связи с важнейшим этапом преобразований экономики в целом – цифровой трансформацией. Структура ее эволюции содержит несколько этапов: автоматизацию (передача управления производственными процессами машине), информатизацию (ИКТ в обеспечение связей производственных процессов и массивов данных), цифровизацию (установление цифровых систем сбора, обработки, хранения и передачи данных) [3]. Таким образом, цифровая трансформация представляет целостный комплекс преобразований, в том числе бизнес-моделей.
2. Продолжается углубленное изучение дисциплины «Трехмерное моделирование и основы конструирования».
3. В рамках предмета «Информационное сопровождение научно-исследовательской деятельности» учащиеся осуществляют подготовку к защите индивидуальных научно-исследовательских проектов.

Особенностью организационного механизма научно-исследовательской и проектной деятельности ЮКК является его формирование вокруг ключевого высокотехнологичного и наукоемкого проекта. С 2014 года таким проектом стал научно-образовательный проект «АнСат» (AnichkovSatellite – спутник Аничкова дворца). Три составляющие проекта: космическая (разработка крупногабаритной платформы «АнСат»), авиационная (разработка системы дистанционного управления авиационным тренажерным комплексом на основе современных WEB-технологий, разработка системы автоматической посадки) и наземная (разработка единой системы управления космическим и авиационным сегментами проекта и стендами на их основе) определяют его миссию – переход к новому качеству аэрокосмического образования старшеклассников. Работа над проектом ведется в созданном молодежном конструкторском бюро (КБ), которое объединяет старшеклассников – членов клуба, студентов – выпускников клуба, педагогов клуба, представителей ведущих вузов страны, научные интересы которых связаны с данным направлением, а также представителей специализированных предприятий. Среди таких образовательных учреждений – Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, Московский авиационный институт, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина), а также организации АО «Научно-производственное предприятие «Радар ММС», АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М. В. Фрунзе, ООО «Геоскан», ОКБ Сухого, ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева».

В качестве модели научно-исследовательской и проектной деятельности ЮКК автором предложена кластерная модель, созданная на основе модели классического кластера (рис. 1).



Рис. 1. Конструкция классического кластера

Традиционными кластерными конструкциями являются системы, элементами которых, как правило, выступают бизнес-структуры, отраслевые структуры, органы власти, научные и образовательные учреждения, кредитно-финансовые учреждения и др. Особую группу участников кластера составляют предприятия-лидеры, предприятия-партнеры, посреднические структуры, базовые отраслевые инновационные предприятия. Они представляют основу кластера, его ядро. Вузы, НИИ, лизинговые компании, банки, консалтинговые и инжиниринговые организации, транспортные компании, предприятия связи, энергетики, логистические компании создают пул участников. Инфраструктура развития кластера включает промышленные парки и технопарки, обеспечивающие условия для развития небольших инновационных компаний.

Кластерный подход доказал свою эффективность в различных высокотехнологичных секторах экономики. Этот подход получил государственную поддержку. К концу первого десятилетия текущего века российские кластерные инициативы обеспечили фор-

мирование и развитие кластеров во всех федеральных округах РФ. Формирование кластерных инициатив в Санкт-Петербурге, наряду с другими направлениями, проводится и в образовании. Цель кластерной политики Санкт-Петербурга – создание и поддержка развития кластеров, объединяющих предприятия, организации и научные учреждения для выпуска конкурентоспособных продуктов и услуг.

С целью реализации обозначенной выше миссии проекта – перехода к новому качеству аэрокосмического образования старших школьников – используется материально-техническая база клуба, в которую входят не только компьютерные классы, станки, оборудование для макетирования и прототипирования, работы с электронными компонентами, но и авиационный тренажерный комплекс, включающий процедурные авиационные тренажеры (Боинг-737–800 и Cessna 172 SP), диспетчерский тренажер и центр связи с космическими аппаратами (антенная система).

Результатом научно-исследовательской деятельности в клубе служит успешная защита проекта, предусмотренная на третьем году обучения. Большое внимание уделяется участию обучающихся в конференциях и конкурсах различного уровня, сотрудничеству с вузами и предприятиями, практической реализации совместных проектов. Традиционно на базе ЮКК ежегодно проводятся следующие конференции: Всероссийская научно-практическая конференция «Человек и космос», Региональная научно-практическая конференция учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники», секция «Аэрокосмические технологии» Всероссийской юношеской научно-практической конференции «Будущее сильной России – в высоких технологиях» [4]. Таким образом, ранняя профориентация старшеклассников в области аэрокосмических технологий, реализация профессионального «лифта» для школьников, студентов, молодых специалистов с участием профессионалов аэрокосмической отрасли, привлечение обучающихся к реализации конкретных научно-технических проектов способствуют формированию знаний, умений и навыков в аэрокосмической области, развитию интереса к перспективным научным проблемам инновационных направлений экономики, раскрытию человеческого потенциала через научно-образовательную компоненту, подготовке будущих высококвалифицированных специалистов в высокотехнологичных секторах экономики.

Организационный механизм воспитательной деятельности ЮКК представлен благоприятной культурно-досуговой средой, объединяющей разные поколения людей, «способствующей укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей, сохранению культурного и исторического наследия народа России» [1]. Здесь учащиеся социализируются в условиях системы ценностей, сложившейся исторически и востребованной в российском обществе. Традиционные российские ценности в настоящее время отнесены к важнейшему фактору обеспечения национальной безопасности страны.

Многообразии вариантов самореализации в клубе (от участия в лагерных сборах, организации и проведения праздников до участия в проектах аэрокосмической направленности) развивает у школьников социально значимые навыки, такие как: адаптация в условиях неопределенности; усидчивость и настойчивость при работе над долгосрочными проектами; работа в команде и проявление инициативы. Этому способствуют и реализуемые в ЮКК факультативные курсы: «Основы фотографии», «Основы аудиовизуальных технологий», «Реализация проекта. От простого к сложному» [5].

Структура организационно-экономического механизма образовательной и проектной деятельности ЮКК изображена на рис. 2. Макроэкономический уровень представлен национальной экономикой в целом, мезо уровень – сферой образования и науки, микро уровень – Юношеским клубом космонавтики имени Г. С. Титова. В соответствии с уровнями рассмотрены цели организационно-экономического механизма, направления деятельности по их достижению, элементы организационной и экономической систем при его реализации.

В качестве примера успешной реализации комплексной образовательной программы ЮКК рассмотрим один из проектов авиационного направления – «Модернизация системы управления авиационным тренажерным комплексом Cessna 172 SP и Boeing 737-800». Разработана система дистанционного управления авиационным тренажерным комплексом на основе современных WEB-технологий. Изучен многофункциональный комплекс радиоборудования «Pro Flight Radio Panel» как HID-USB устройство. Он сочетает в себе различные режимы работы, имитирующие радиопанели воздушного судна Cessna 172 SP. К таким режимам относятся:

- comm1 и comm2 – для радиообмена между пилотами, между пилотом и диспетчером;
- nav1 и nav2 – для навигации по VOR-маякам и выполнения точных заходов на посадку по курсо-глиссадной системе (ILS);
- adf – для навигации по отдельным приводным радиостанциям (ОПРС) и выполнения неточных заходов на посадку по ОПРС;
- dme – дальномерное оборудование;
- xprdr – транспондер для вторичной радиолокации.

Выбор режимов работы осуществляется двумя переключателями. Вывод информации о частотах радионавигационных средств, текущем коде ответчика вторичной радиолокации (ВОРЛ) происходит на текстовых экранах прибора.

У каждого текстового экрана имеются два задатчика значений: большой – для указания целой части частоты, малый – для указания ее дробной части (при наличии), и кнопка перевода частоты из режима ожидания в активный режим.

Клиентская часть системы дистанционного управления тренажерным комплексом выполнена с использованием языков программирования HTML, CSS, JavaScript и представляет собой WEB-интерфейс с возможностью поиска подключенных HID-устройств, формирования из них списка (меню) с различными вариантами взаимодействия. При включении (открытии) выбранного HID-устройства формируется его полнофункциональный электронный двойник, информация из которого передается на сервер, где записывается в объектную модель.

Данная модель разработана с целью взаимодействия WEB-интерфейса с «Pro Flight Radio Panel». В ее основу положены следующие принципы:

- функциональность;
- взаимодействие с прибором как с HID-USB устройством в соответствии со спецификацией класса, представленной в документе «Device Class Definition for HID 1.11»;
- авиационное предназначение.

Элемент объектной модели в части режима comm1 представлен на рис. 3. Объект аккумулирует в себе информацию, поступающую от клиента, после необходимых преобразований эта информация записывается на HID-устройство и возвращается клиенту с целью контроля введенных значений.

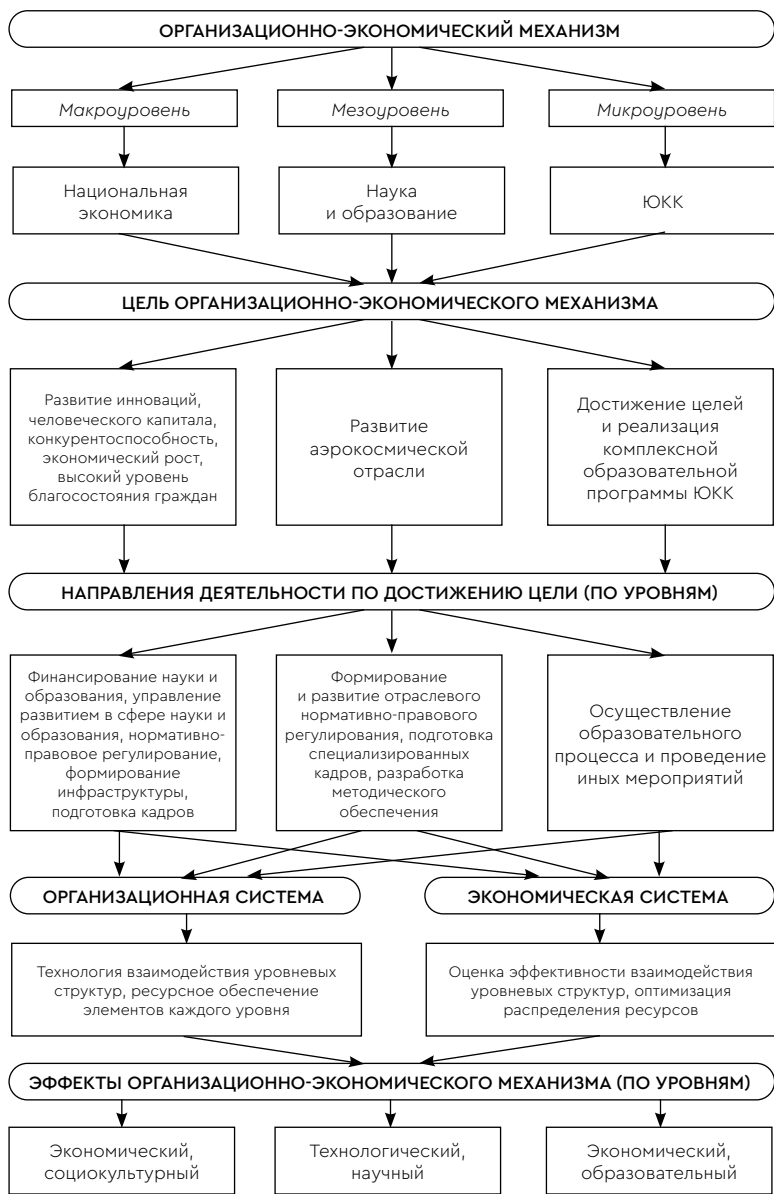


Рис. 2. Организационно-экономический механизм образовательной и проектной деятельности ЮКК

Серверная часть системы дистанционного управления тренажерным комплексом выполнена на Node.js – бесплатной кросс-платформенной среде работы JavaScript с открытым исходным кодом и служит посредником между клиентом (электронным двойником HID-устройства) и самим устройством. Таким образом, разработана базовая модель системы дистанционного управления авиационным тренажерным комплексом Cessna 172 SP, включающая клиентскую, серверную части, механизм взаимодействия с HID-устройством.

```
let device = {
  deviceInfo: { vendorId: 1699, productId: 3333, path: '/dev/hidraw1', serialNumber: '', manufacturer:
'Saitek', product: 'Pro Flight Radio Panel', release: 384, interface: 0, usagePage: 1, },
  deviceState: {
    upperSwitch: {
      comm1: {
        state: undefined,
        mask: 0b00000001,
        byteNumber: 0,
        active: { frequencyMin: '118.00', frequencyMax: '136.95', frequencyCurrent: '118.00',
frequencyStep: '0.05', indexOf: 1, lastIndexOf: 5, },
        standby: { frequencyMin: '118.00', frequencyMax: '136.95', frequencyCurrent: '118.00',
frequencyStep: '0.05', indexOf: 6, lastIndexOf: 10, },
        selectorBig: { frequencyUp: { state: undefined, mask: 0b00000100, }, frequencyDown: { state:
undefined, mask: 0b00001000, }, byteNumber: 2, },
        selectorSmall: { frequencyUp: { state: undefined, mask: 0b00000001, }, frequencyDown: { state:
undefined, mask: 0b00000010, }, byteNumber: 2, },
        actStbyButton: { actStbyUp: { state: undefined, mask: 0b01000000, }, byteNumber: 1, },
      },
    },
    ... e.t.c
  }
}
```

Рис. 3. Объектная модель многофункционального комплекса радиоборудования «Pro Flight Radio Panel»

Определены перспективы дальнейшего исследования: модернизация других элементов программно-аппаратного комплекса авиационного тренажера в контексте перевода на WEB-интерфейс, что позволит ускорить его работу, реализовать модульный принцип, существенно повысить стабильность системы и потенциал ее модернизации.

Рассмотренные в настоящей работе образовательный, научно-исследовательский, проектный и воспитательный аспекты деятельности Юношеского клуба космонавтики имени Г. С. Титова на протяжении его истории сформировали особую социокультурную среду. Она формирует и развивает человеческий потенциал всех участников, который, в свою очередь, будет направлен на решение вопросов обеспечения экономического, технологического, научного и социокультурного суверенитета России. Это тем бо-

лее актуально сейчас, когда в стране воспитание кадров в новых реалиях обозначено как задача первостепенной значимости. Будущее российского космоса зависит от поколения, которое сегодня только задумывается о будущей профессии. Старшему поколению необходимо ориентировать молодежь, раскрывать важность и высокую значимость аэрокосмического образования, развивать к нему интерес и способности, подготавливать к нелегкому, но важному для страны каждодневному труду. С этой задачей более 60 лет успешно справляется Санкт-Петербургский Юношеский клуб космонавтики имени Г. С. Титова. Своей богатой историей, успешным научным и творческим трудом, развитием связей с профессиональным сообществом, продвижением перспективных идей ЮКК доказал: создание актуальной, научно-обоснованной и методически выверенной образовательной и культурно-досуговой среды является важным звеном в деле космического образования и просвещения молодежи, подготовки кадров для конкурентоспособной на мировом пространстве российской экономики.


Список литературы

1. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
2. Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
3. Федеральный закон от 20.02.1995 г. № 24-ФЗ (ред. от 10.01.2003 г.) «Об информации, информатизации и защите информации» (утратил силу). Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 № 149-ФЗ (редакция с изменениями на 24.06.2025 г.).
4. *Грачев Г. А., Куророва М. А.* Юношеский клуб космонавтики имени Г. С. Титова на орбите жизни // Научный журнал ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю. А. Гагарина» «Пилотируемые полеты в космос». – М: Редакционно-издательский отдел ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю. А. Гагарина», 2023. – 430 с.
5. *Ронкина А. Ю.* Значение подростковых клубов в космическом воспитании молодежи // Чтения имени В. В. Терешковой: Сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины

- Владимировны Терешковой». Ярославль, 16 июня 2020 г. Сост. Тихомирова Е. Н., Перов Н. И., Роменская О. М. – Ярославль, 2020. – 140 с.
6. *Флэнаган Д.* JavaScript. Полное руководство, 7-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2021. – 720 с.: ил. – Парал. тит. Англ.
 7. Device Class Definition for Human Interface Devices (HID). Firmware Specification-5/27/01. Version 1.11. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.usb.org/document-library/device-class-definition-hid-111> (Дата обращения 30.11.2025).
 8. Node.js v25.2.1 documentation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://nodejs.org/docs/latest/api/> (Дата обращения 20.11.2025).

ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

 **А. В. Черненький**

 Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого (СПбПУ)


Аннотация. Статья посвящена описанию современного авторского образовательного курса «Космические технологии». В теоретической части статьи рассмотрены содержание программы, компьютерный симулятор, ставший основой для создания курса, и площадка для проведения занятий. Практическая часть статьи посвящена описанию проведения занятий по данной дисциплине, опыта проектной работы со школьниками и проведения образовательного интенсива для студентов.

Ключевые слова: образовательная программа, космические технологии, компьютерный симулятор.

179

COURSE DESCRIPTION «SPACE TECHNOLOGIES»

 **A. Chernenkii**

 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU)

Annotation. The article is devoted to the description of the modern author's educational course "Space technologies". In the theoretical part of the article, the content of the program, the computer simulator that became the basis for creating the course, and the classroom are considered. The practical part of the article is devoted to the description of classes in this discipline, the experience of project work with schoolchildren and conducting an educational intensive for students.

Keywords: educational course, space technologies, computer simulator.

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке наблюдаются быстрые изменения привычных нам вещей. Одни из самых серьезных изменений происходят в системе образования. Причины этих изменений несколько: распространение персональных компьютеров, появление сети Интернет, появление и активное развитие совершенно новых профессий, глобальное изменение каналов получения и способов усвоения материала.

Для развития образования при столь глобальных изменениях приходится перестраивать систему образования. Одним из ярких примеров перестройки можно назвать внедрение принципа геймификации образования – использование различных игровых процессов для лучшего усвоения материала обучающимися.

В статье рассмотрен опыт применения компьютерных симуляторов при реализации авторской дисциплины «Космические технологии», а также продемонстрированы примеры работ обучающихся.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ

В данном разделе представлено описание программы проведения занятий, информация о площадке для проведения занятий, а также рассмотрен компьютерный симулятор, на базе которого реализованы практические занятия.

Дисциплина «Космические технологии» рассчитана на два семестра. Занятия проводятся в очном формате (в годы пандемии занятия проводились дистанционно) и проходят в смешанной форме: сначала преподаватель знакомит обучающихся с теоретическими вопросами и объясняет ход выполнения практических заданий, предусмотренных программой на каждое занятие. После этого обучающиеся имеют возможность самостоятельно выполнять задания с последующей демонстрацией результатов своей работы.

Освоение материала предусматривает рассмотрение всех основных этапов развития космической программы. В первом полугодии обучающиеся изучают создание многоступенчатой ракеты, полет в ближний космос, создание работающего спутника связи, вывод спутника на стационарную орбиту, создание научных космических аппаратов, создание пилотируемого космического корабля, полет космонавтов с успешным возвращением, изучение орбитальной стыковки, создание многомодульной орбитальной

станции. Во втором полугодии: полет к Луне, создание на ее поверхности многофункциональной базы, полет до Марса и обратно, применение возвращаемых первых ступеней, применение космических самолетов.

Кроме того, в ходе занятий реализуются элементы проектной деятельности: на базе полученных знаний обучающиеся самостоятельно предлагают идеи, наиболее интересные из которых переходят в проекты, которые позволяют обучающимся не только закрепить изученный материал, но и получить навыки командной работы.

Таким образом, дисциплина «Космические технологии» нацелена на популяризацию знаний о космосе, отечественной космонавтике, космических технологиях, что особенно важно для молодежи.

Занятия со школьниками проходят на базе Высшей инженерной школы (ВИШ) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). ВИШ занимается проведением занятий со школьниками из разных школ Санкт-Петербурга и Ленинградской области по современным инженерным направлениям подготовки: робототехника, программирование, разработка компьютерных игр. Кроме того, проводятся занятия со старшеклассниками по подготовке к ЕГЭ.

Занятия со студентами проводятся в Высшей школе компьютерных технологий и информационных систем Института компьютерных наук и кибербезопасности СПбПУ. Также организовано проведение образовательных интенсивов в рамках образовательного форума для поступающих в магистратуру.

При подготовке программы дисциплины особое внимание было уделено выбору подходящего симулятора для организации практических занятий. После анализа был выбран симулятор Kerbal Space Program (KSP). KSP – космический симулятор, предназначенный для обучения молодежи основам разработки космических проектов. Это не единственный современный космический симулятор, но, в отличие от других, данный симулятор позволяет создавать реалистичные космические корабли, луноходы и другие объекты из реально используемых в Роскосмосе и NASA деталей. Симулятор разработан в 2010 году мексиканской компанией Squad. С тех пор он активно развивается, получил много дополнений. В 2017 году программа вошла в топ-10 лучших симуляторов года. Особенности и возможности компьютерного симулятора Kerbal Space Program (KSP) описаны в работах [1–3].

ПРИМЕРЫ РАЗРАБОТАННЫХ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПРОЕКТОВ

За годы проведения занятий по дисциплине «Космические технологии» обучающиеся реализовали десятки интересных проектов. Ниже представлены краткие описания результатов некоторых проектов, выполненных в 2023–2025 годах.

Проект «Моделирование российской орбитальной служебной станции (РОСС)». Основная задача проекта – проверить работоспособность предложенных модулей [4] и возможность реализации новой многомодульной орбитальной станции на базе компьютерного симулятора. В результате выполнения проекта создана полноценная работающая компьютерная модель орбитальной станции РОСС (рис. 1).



Рис. 1. Модель станции РОСС

В ходе работы над проектом получены подтверждения работоспособности модулей, возможности реализации орбитальной станции и вывода разработанной станции на орбиту ракетоносителем «Ангара-А5» [5]. Результаты проекта представлены на XVI Международных юношеских научных чтениях имени С. П. Королева (2023 г.) и I Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2024».

Проект «Моделирование российской многомодульной орбитальной станции (РМОС)». Задача проекта – создание компьютерной модели тяжелой многофункциональной орбитальной станции, оснащенной специальными модулями, что позволит решать следующие задачи: перерабатывать руду, добываемую на Луне, в топливо [6, 7]; заправлять пристыкованные космические корабли [8–10]; ремонтировать спутники связи, отправлять малые спутники на орбиту, строить дальнемагистральные звездолеты.

Модель станции показана на рис. 2.

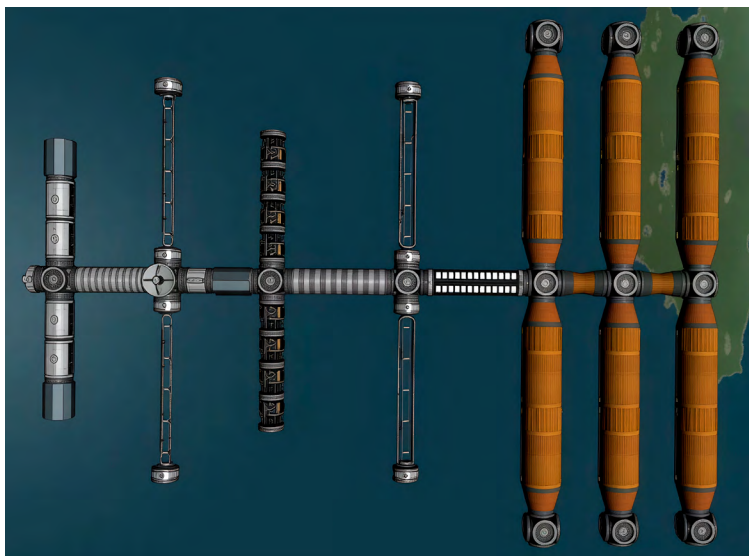


Рис. 2. Модель станции РМОСС

Модули для реализации расширенных функций станции РМОС были разработаны при выполнении сопутствующих проектов. Результаты проекта представлены на XIV Международных юношеских чтениях имени С. П. Королева в 2023 г.

Проект «Челнок и многомодульная космическая станция на орбите Луны». Задача проекта – разработать челнок, способный долететь до орбиты Луны с крупными модулями будущей орбитальной станции. Далее с помощью челнока построить многомодульную лунную орбитальную станцию. Модель челнока на стартовой площадке показана на рис. 3.



Рис. 3. Модель челнока на стартовой площадке

Результаты проекта представлены на конференции «Гагаринские чтения – 2024: I Международная молодежная научная конференция».

Проект «Российская возвращаемая первая ступень "Байкал"» решает задачу проверки работоспособности отечественной версии возвращаемой первой ступени на базе компьютерного симулятора. Результаты проекта представлены на конференции «Гагаринские чтения – 2025: I Международная молодежная научная конференция».

Проект «Изучение поверхности Луны с высадкой человека». В ходе работы над проектом, обучающимся был предложен вариант пилотируемого космического аппарата, способного долететь до Луны, совершить посадку, обеспечить экипажу возможность провести исследования, взлететь с поверхности Луны и вернуться на Землю. Результаты проекта представлены на конференции «Га-

гаринские чтения – 2025: L Международная молодежная научная конференция».

В 2026 году проектная работа со школьниками продолжилась. Подготовлены проекты школьников для участия в конференции Центра имени В. В. Терешковой: XV Межрегиональная конференция школьников с международным участием «Дорога к звездам».

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕНСИВА ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В мае 2024 года был разработан трек «Моделирование сложных систем на платформе компьютерного симулятора» для образовательного форума, который проводится в СПбПУ для поступающих в магистратуру. В рамках трека предусмотрено проведение образовательного интенсива, включающего лекции и мастер-классы. Формат интенсива дистанционный. После обучения проходила работа над кейсами: участники делились на команды, выполняли задания, готовили презентации своих решений. Ниже приведены результаты проектов команд-победителей трека.

Проект «ЛИР-А» нацелен на создание орбитальной многофункциональной станции, основная задача которой – проведение научно-исследовательской работы на орбите планеты Земля (рис. 4).

185

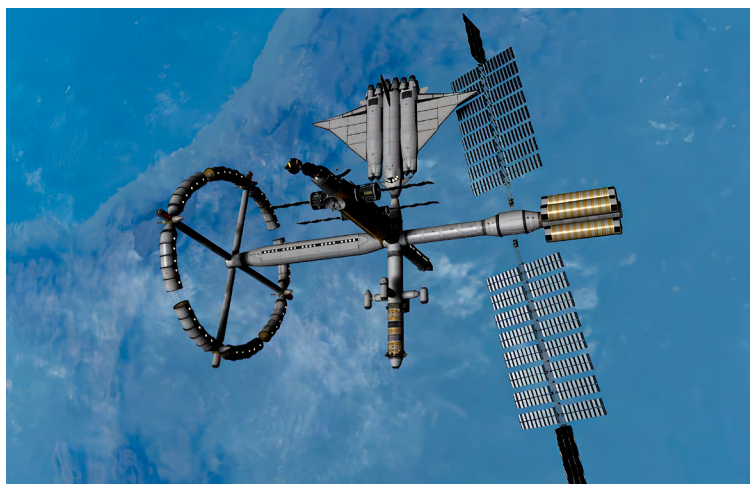


Рис. 4. Модель станции «ЛИР-А»

Проект «Орбитальная станция «Око-3». Орбитальная пятимодульная станция «Око-3» (рис. 5) предназначена для разнонаправленного изучения космоса.



Рис. 5. Модель станции «Око-3»

Большое количество научного оборудования позволяет проводить различные исследования, а выведенный на орбиту телескоп – более подробное изучение космических глубин без влияния искажающей атмосферы. Станция оснащена жилым возвратным модулем со всеми удобствами. Благодаря раздвижным солнечным панелям станция полностью автономно обеспечивается электричеством, а также предусмотрен большой бак для дозаправки. Орбитальная станция может быть использована в качестве жилых и рабочих площадок для космических экспедиций и путешествий.

Проект «Орбитальная станция «Петр Великий» показан на рис. 6.



Рис. 6. Орбитальная станция «Петр Великий»

Цели орбитальной станции: проведение медико-биологических исследований, производство высокотехнологичных материалов и биопрепаратов, изучение поведения организма человека в условиях длительного космического полета, проведение исследований микрогравитации и астрофизики, изучение атмосферы и поверхности Земли в интересах фундаментальных наук и для прикладных целей, отработка технологии строительства в космосе крупных сооружений [11].

Опыт применения данного симулятора для интенсива положительный. Команды представляли на защите проектов не только красочные презентации полученных результатов, но и демонстрировали реальную проектную работу: все роли были разумно распределены, налажено взаимодействие внутри команды, что позволило успешно справиться с поставленными задачами за короткий срок интенсива. Одна из команд продемонстрировала фильм, в котором были отражены все этапы работы. Все участники команд получили дополнительные баллы к портфолио поступающих в магистратуру с учетом достижений команд.

Разработанные обучающимися проекты и проекты авторов представлены на конференциях: Международные юношеские научные чтения имени С. П. Королева, Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения», International Russian Automation Conference [12–13], Международная молодежная научная конференция «Туполевские чтения» [14], International Conference on Information Technologies in Engineering Education [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ


В статье рассмотрен опыт применения современного образовательного курса «Космические технологии» и продемонстрированы примеры разработанных проектов, которые обучающиеся представляли на различных конференциях. В процессе обучения использован принцип геймификации образования и элементы проектной деятельности. Образовательный курс «Космические технологии» нацелен на популяризацию знаний о космосе среди молодежи и имеет потенциал для дальнейшего развития.

Список литературы

1. Описание Kerbal Space program //доступно online: <https://www.ixbt.com/live/games/obzor-kosmicheskogo-simulyatora-kerbal-space-program.html?ysclid=m7oia48zdy306549090> [вход 30.01.2026]
2. Kerbal Space Program 2 [Online] Available https://ru.wikipedia.org/wiki/Kerbal_Space_Program_2 [вход 05.08.2025]
3. KSP RO/RP-1/RSS/Principia [Online] Available <https://dtf.ru/games/700083-luchshiy-kosmicheskij-simulyator-prokatory-pochti-nikto-ne-znaet> [вход 30.01.2026]
4. РОСС. Целевые модули. [Online] Available <https://img.novosti-kosmonavtiki.ru/71507.jpg> [вход 30.01.2026].
5. Ракета-носитель «Ангара-А5» [Online] Available <https://www.roscosmos.ru/36320/> [вход 30.01.2026].
6. *Chernenkii A. V.* Design of Mobile Manufacturing System For Extraction of Fuel From Lunar Soil. Proceedings-2019 International Russian Automation Conference. – RusAutoCon, 2019. – 8867780. – P. 1–5. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867780.
7. Kerbal Space Program 1.1. Переработка руды в топливо [Online] Available <https://fenlin.ru/video/DYDCemvn9gA> [вход 30.01.2026].

8. Космические заправщики [Online] Available <https://habr.com/ru/post/396881> [вход 30.01.2026].
9. Станция орбитальная заправочная криогенная [Online] Available <https://patents.google.com/patent/RU2729748C1/ru> [вход 25.08.2025].
10. Тяжелые межпланетные корабли для дальних перелетов. Сборка в космосе. [Online] Available <http://www.assemblinginspace.ru/2017/11/05/tyazhelye-mezhplanetnye-korabli-dlya-dalnih-pereletov> [вход 30.01.2026].
11. От земных заводов к орбитальным [Online] Available <https://kesar-civ.livejournal.com/155848.html> [вход 30.01.2026].
12. *Chernenkii A. V.* Modeling of Multifunctional Mobile Extracting-Processing Complex. 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – Sochi, Russia. – 2020. – P. 255–260. DOI: 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208064.
13. *Chernenkii A. V.* Study of gas giant satellites system. Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2022. – Т. 857 LNEE. – P. 151–164.
14. *Chernenkii A. V.* Computer modeling of historical projects in the aerospace industry // International Youth Scientific Conference «XXVI TUPOLEV READINGS (school of young scientists)». – Kazan: Publishing house of IP Sagiev, 2023. – P. 4011–4015.
15. *Chernenkii A. V.* Results of Educational Program Implementation «Project Activities in Space Technologies». 2024 7th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino) 979–8–3503–7136–9/24. – Moscow, Russia. – 2024. DOI: 10.1109/Inforino60363.2024.10551957.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОММУНИКАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ УЧРЕЖДЕНИЙ КУЛЬТУРЫ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ: ВИЗУАЛЬНЫЙ ПОВОРОТ НА ПРИМЕРЕ КУЛЬТУРНО- ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ

 **Д. Н. Аристова, О. М. Роменская**

 Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой

Аннотация. Статья посвящена исследованию актуальной проблемы модернизации стратегий продвижения учреждений культуры в социальных сетях. На примере Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой (Ярославский планетарий) анализируется переход от традиционной парадигмы, ориентированной на текстовый контент, к гибридной модели, интегрирующей визуально насыщенные форматы: посты-карточки, короткие видеоролики и аудиоподкасты. Актуальность данного сдвига обосновывается как ключевой фактор привлечения и удержания аудитории поколения Z (19–25 лет). Визуальная концепция, понимаемая как система трансляции идей, смыслов и ценностей через комплекс визуальных образов, рассматривается в неразрывной связи с управлением тоном коммуникации (Tone of Voice). Доказывается, что целенаправленная коррекция данных аспектов в сторону большей неформальности, эмоциональности и визуальной эстетики позволяет осуществить стратегическую новую интерпретацию базового предложения учреждения: от транзакционной продажи билета к продаже уникального эмоционального опыта. На основе сравнительного анализа традиционных и современных мультимедийных форматов предлагается практическая модель контент-стратегии, направленная на повышение вовлеченности, охвата аудитории и коммерческой эффективности цифрового присутствия.

Ключевые слова: маркетинг в социальных сетях (SMM), контент-стратегия, учреждения культуры, планетарий, поколение Z, вовлекающий контент, видеомаркетинг, визуальная коммуникация, аудиоподкасты, Tone of Voice.

TRANSFORMING THE COMMUNICATION STRATEGY OF CULTURAL INSTITUTIONS IN THE DIGITAL ENVIRONMENT: A VISUAL TURN USING THE CASE OF THE V.V. TERESHKOVA CULTURAL AND EDUCATIONAL CENTER

 **D. Aristova, O. Romenskaya**

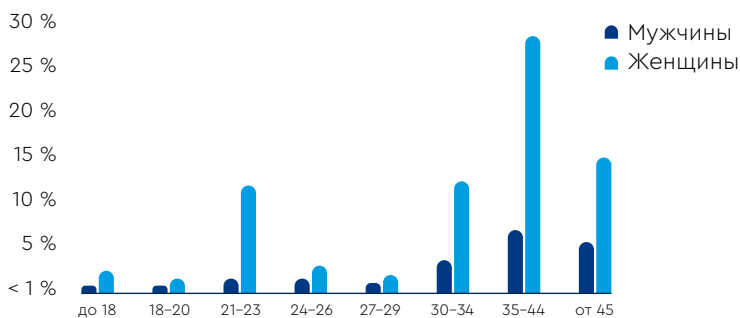
 V. Tereshkova Cultural and Educational Center

Annotation. This article examines the pressing issue of modernizing cultural institutions' promotion strategies on social media. Using the V.V. Tereshkova Cultural and Educational Center (Yaroslavl Planetarium) as an example, the transition from a traditional paradigm focused on text content to a hybrid model integrating visually rich formats: post-cards, short videos, and audio podcasts is analyzed. The relevance of this shift is justified as a key factor in attracting and retaining a Generation Z audience (aged 19–25). Visual design, understood as a system for conveying ideas, meanings, and values through a complex set of visual images, is considered inextricably linked to Tone of Voice (TVO). It is demonstrated that targeted adjustments to these aspects toward greater informality, emotionality, and visual aesthetics enable a strategic reinterpretation of an institution's core offering: from transactional ticket sales to the sale of a unique emotional experience. Based on a comparative analysis of traditional and modern multimedia formats, a practical model of content strategy is proposed, aimed at increasing engagement, audience reach, and the commercial effectiveness of a digital presence.

Keywords: social media marketing (SMM), content strategy, cultural institutions, planetarium, Generation Z, engaging content, video marketing, visual communication, audio podcasts, Tone of Voice.

Цифровая трансформация культурной сферы формирует новые требования к диалогу с аудиторией. Классические просветитель-

ские институции, такие как планетарии, сталкиваются с необходимостью адаптации своих коммуникативных практик к паттернам медиапотребления новых поколений. Стратегической долгосрочной целью их присутствия в социальных сетях становится привлечение молодежной аудитории (поколение Z, 19–25 лет), повышение показателей вовлеченности и конверсии в онлайн-продажи. Достижение этой цели требует фундаментального переосмысления не только форматов публикуемого контента, но и базового тона коммуникации (Tone of Voice), а также его системного визуального воплощения.



Целью данной статьи является научно-практический анализ процесса редизайна коммуникационной стратегии планетария на платформе «ВКонтакте». Основная гипотеза исследования заключается в следующем: системное изменение *Tone of Voice* (ToV) в синергии с эстетически выверенной визуальной концепцией и доминированием мультимедийных форматов (видео, пост-карточки,

подкасты) выступает критическим фактором успеха в привлечении целевой молодежной аудитории и формировании устойчивого коммерческого результата.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ: ВИЗУАЛЬНАЯ КОММУНИКАЦИЯ И TONE OF VOICE

Визуальная коммуникация представляет собой процесс передачи идей и информации через визуальные образы, включая изображения, типографику, графику и цвет. В контексте социальных сетей она становится первичным языком взаимодействия с пользователем. Эффективная визуальная концепция бренда базируется на системе взаимосвязанных элементов: основном месседже, логотипе, фирменной цветовой палитре, типографике и графических элементах. Ее задача – не только обеспечить узнаваемость, но и вызывать у аудитории целевые эмоции и ассоциации, соответствующие позиционированию учреждения [1]. Для культурных институций, ориентированных на молодежь, это подразумевает создание современного и эстетичного визуального ряда, адаптированного к техническим требованиям и пользовательскому поведению на конкретных платформах.

Параллельно с визуальным рядом критическую роль играет Tone of Voice – вербальное и стилистическое выражение «личности» бренда в коммуникациях. ToV определяет, как сообщение формулируется, в отличие от его содержания (*что*) [2]. Для формальных учреждений культуры целевым является сдвиг от исключительно официального, серьезного и рационального тона в сторону более дружеского, эмоционального и вовлекающего, сохраняя при этом фундамент научной достоверности [1].



ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ КАК ОСНОВА ПРОДВИЖЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ ВПЕЧАТЛЕНИЙ

В условиях доминирования экономики впечатлений продукт планетария перестает сокращаться к билету на полнокупольное шоу. С позиций психологии потребительского поведения ключевой ценностью для клиента становятся переживаемые эмоции и получаемый уникальный опыт. Потребительская мотивация формируется желанием испытать чувство интеллектуального любопытства, детский восторг или семейную радость.



Культурно-просветительский центр В.В.Терешковой

65 лет
со дня полета Белки и Стрелки

19 августа 1960 года состоялся первый в истории орбитальный полет с успешным возвращением живых существ на Землю - Белки и Стрелки. Под руководством Сергея Королёва из 12 отобранных по строгим критериям собак (вес до 6 кг, рост до 35 см, возраст 2-6 лет, светлый окрас) выбрали Белку и Стрелку. Собаки привыкли к длительному пребыванию в маленьких кабинках в условиях изоляции и шума. Они тренировались есть специальную пищу, носить одежду и датчики. Животные также помещались в контейнеры, имитирующие размеры спускаемого аппарата.

Вместе с ними в космос отправили мышей, насекомых, растения и микроорганизмы для изучения влияния полета и отработки систем жизнеобеспечения. Полёт длился более 25 часов (17 витков вокруг Земли). Во время старта у собак наблюдались учащенный пульс и дыхание, но в невесомости всё нормализовалось. Ученые впервые зафиксировали дыхание в космическом пространстве.

Впервые для наблюдения использовалась телевизионная система и радиотелеметрия, фиксировавшие физиологические параметры Белки, в отличие от Стрелки, после 4-го витка проявляла беспокойство. Корабль успешно приземлился в Казахстане. После полета Белка и Стрелка стали символами успеха советской космической программы и прожили долгую жизнь. В Институте авиационной и космической медицины к Белке и Стрелке относились как к заслуженным героям.

У нас есть экскурсия "Животные в космосе", где вы можете узнать больше о полетах Белки и Стрелки и других животных-космонавтов, а также увидеть архивные фото- и видеоматериалы. Заказать экскурсию можно по телефону: +7 (4852) 72-82-00

19 авг 2025

Астрономические события в 2025 году:

- Затмения.
В 2025 году произойдут 4 затмения: два частных солнечных (29 марта и 21 сентября) и два полных лунных (14 марта и 7 сентября). Но в Ярославле для наблюдений будут доступны одно частное солнечное затмение (29 марта) и одно полное лунное (7 сентября). Во время частного солнечного затмения Луна закроет совсем небольшую часть Солнца. Полное лунное затмение 7 сентября будет гораздо интереснее. Начнётся оно практически сразу после восхода полной Луны в 19:07. Полностью в тени Земли наш спутник окажется около 21:00, в 22:35 полностью из неё выйдет. Недалеко от Луны будет виден Сатурн.
- Суперлуния 2025 года.
Совпадение фазы полнолуния с перигеем орбиты Луны - явления Суперлуния - произойдут 5 ноября и 5 декабря.
- Близкие соединения планет (удобные для наблюдений).
6 июля - Сатурн и Нептун.
12 августа - Венера и Юпитер. Самое красивое соединение двух ярчайших планет в 2025 г.
- Метеорные потоки.
22 апреля – Лириды (ZHR~18-90)
12 августа – Персеиды (ZHR~100)
8 октября – Дракониды (ZHR~5).
21 октября – Ориониды (ZHR~20)
21 ноября – Леониды (ZHR~15)
14 декабря – Геминиды (ZHR~150)

Об актуальных астрономических событиях мы рассказываем на программах с обзором звездного неба. Приобрести билеты онлайн: click.ru/37Lrvy

8 янв 2025

Следовательно, стратегическая задача контента в социальных сетях смещается от сухого информирования к эмоциональному предиктивному погружению пользователя в тот опыт, который будет получен офлайн [3]. Контент трансформируется в виртуальный «пробник» впечатлений, переводя абстрактную услугу в ожидаемую и желаемую эмоцию.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНТЕНТ-ФОРМАТОВ: МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ СИНТЕЗ

Эффективность контент-стратегии определяется выбором оптимальных форматов, соответствующих целям и паттернам потребления целевой аудитории. В таблице 1 представлен расширенный сравнительный анализ ключевых форматов.

Таблица 1. Сравнительный анализ форматов контента для учреждений культуры

Критерий	Текстовый пост	Аудиоподкаст	Пост-карточка (инфографика)	Видео (короткие клипы)
Охват	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
Вовлеченность	Средняя (лайки, репосты)	Средняя (прослушивания, подписки)	Высокая (лайки, репосты, сохранения)	Очень высокая (комментарии, просмотры, реакции, шеры)
Стоимость производства	Низкая	Средняя/Высокая (оборудование, монтаж)	Средняя (дизайн, визуализация)	Средняя/Высокая (оборудование, актеры, монтаж)
Время производства	1-2 часа	2-3 часа (запись + монтаж)	1-2 часа	30 мин. – 2 часа (зависит от сложности)
Скорость потребления	Быстрая	Медленная (фондовый формат)	Очень быстрая	Очень быстрая
Образовательная ценность	Высокая (глубина, детализация)	Высокая (глубина, нарратив)	Высокая (наглядность, структурирование)	Высокая (наглядность, иммерсивность)
Вирусный потенциал	Низкий	Средний	Очень высокий	Очень высокий

Анализ демонстрирует комплементарность форматов. Видео-контент выступает главным вектором охвата и вовлеченности благодаря эффекту присутствия и скорости восприятия [4].

Посты-карточки (инфографика) обладают высоким вирусным потенциалом и эффективны для представления фактов, статистики и образовательных материалов в наглядной форме [6]. Аудиоподкасты, в свою очередь, формируют лояльное сообщество, позволяя глубоко погрузиться в тему в фоновом режиме, что особенно актуально для интервью с учеными и обсуждения сложных тем [7].

Текстовый контент сохраняет свою роль для детальных анонсов, официальных заявлений и работы с профессиональной аудиторией.

Самый популярный клип: 87 тысяч просмотров
Обычные клипы 800-1400 просмотров

Фрагмент фильма
«Сверхмассивные черные дыры»

Вместо съемки в планетарии было использовано оригинальное видео + фотография звездного зала

196

Клипы	Просмотры	Дата	Охват	Просмотры	Лайки	Комментарии	Поделились
Научная визуализация движения и разрушения звезд в окрестности центра Млечного Пути в полупланетарии	87 384	8 мая в 12:27	35	1.4K	42	4	4
Полный космический ПЛОХ для своих малышей в Ярославском планетарии Билеты уже исчерпаны	2 043	9 мая 2024 в 12:32	16	1.3K	39	1	7
Великий разорв с записи ракеты р2	2 528	10 мая 2024 в 14:39	379	443	18	1	1
Вы любите астрономию? Астрономия - это изучение планет, Луны, звезд, комет и других объектов и явлений	2 104	19 мая 2023 в 10:00	729	508	22	1	4
Проект по Международной космической станции. Видео от космонавта Олега Артемьева.	2 418	18 мая 2024 в 11:39	861	904	17	4	1
А вы согласны с высказыванием ученого астронома?	2 443	1 мая 2024 в 15:52	608	780	26	0	0

Общее	Аудитория	Контент		
Охват	Просмотры	Лайки		
3.1K +98%	16.3K +15%	344 +49%		
Комментарии	Поделились			
7 +133%	23 -38%			
Охват	Просмотры	Средний досмотр	Лайки	
852 +744%	1K +447%	26% -32%	19 +533%	
Поделились	Комментарии	Скрыли		
3 +50%	3 -	1 -		

ПРАКТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ КОНТЕНТ-СТРАТЕГИИ

На основе декомпозиции целевого впечатления предлагается интегральная модель, где эмоция определяет приоритетный формат и подход:

- восторг: Короткие вертикальные видео (VK-клипы) с фрагментами шоу, ускоренными таймлапсами звездного неба;
- интеллектуальное любопытство: Образовательные пост-карточки (инфографика) с фактами о космосе;
- семейная радость, вовлеченность: Видеоотчеты с мероприятий, пользовательский контент, посты-карточки с анонсами детских программ.
- доступность, доверие: «Закулисные» истории (фото/видео, доступные 24 часа), подкаст с ответами на вопросы от сотрудников, текстовая рубрика «Вопрос-ответ».

Технические рекомендации:

- видео/карточки: хронометраж до 60 сек., вертикальный (9:16) или квадратный (1:1) формат, динамичный монтаж, фирменный шаблон с «продающим подвалом» (СТА – призыв к действию).
- подкасты: длительность 10–15 мин., структурированный сценарий, качественная запись, размещение на платформах ВКонтакте с сопровождающей графической карточкой-анонсом.

197

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Эффективное цифровое продвижение учреждений культуры для поколения Z требует синтеза, управляемого Tone of Voice, продуманной визуальной концепции и мультимедийной контент-стратегии.
2. Видеоконтент и визуальные пост-карточки являются основами охвата и вовлеченности, в то время как аудиоподкасты выполняют функцию углубления взаимодействия и построения лояльного сообщества.
3. Стратегическим продуктом в коммуникации должен выступать эмоциональный опыт. Контент-стратегия должна стро-

- иться на матрице «целевая эмоция – оптимальный формат».
- Успешная трансформация невозможна без организационных изменений: пересмотра процессов, перераспределения бюджета и инвестиций в обучение персонала цифровым навыкам.
 - Внедрение предложенного подхода позволяет не только решить тактические маркетинговые задачи, но и осуществить стратегический ребрендинг учреждения в цифровой среде, повысив его степень соответствия, привлекательность и эмоциональную ценность для нового поколения [5].

Список литературы

- Погоревич А. В.* Исследование понятия личного бренда как актуальной формы продвижения в условиях развития digital-среды // Текст научной статьи по специальности «СМИ (медиа) и массовые коммуникации». – С. 128–131.
- Терских М. В.* Специфика вербального брендинга: tone of voice в SMM-коммуникациях // Текст научной статьи по специальности «Языкознание и литературоведение». – С. 137–138.
- Украинцева Д. В.* Современные тенденции в развитии психологии потребительского поведения // Текст научной статьи по специальности «Психологические науки». – С. 71–72.
- Выходцев Э. П.* Продвижение информационного образа художественных музеев через видеоконтент в социальной сети «ВКонтакте» // Текст научной статьи по специальности «СМИ (медиа) и массовые коммуникации». – С. 209–211.
- Миназова А. М., Файзуллина А. П., Насырова С. И., Барлыбаев У. А.* Трансформация маркетинговой стратегии как инструментальной ценности ребрендинга российских компаний // Текст научной статьи по специальности «Экономика и бизнес». – С. 8–9.
- Григорьева Н. В.* Инфографика как способ визуализации учебной информации // Текст научной статьи по специальности «Науки об образовании». – С. 152–153.
- Воинова Е. А., Сивякова Е. В.* Подкаст как новый формат публичной коммуникации в условиях цифровой медиасреды // Текст научной статьи по специальности «СМИ (медиа) и массовые коммуникации». – С. 107.

Чтения имени В. В. Терешковой

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ
ТЕРЕШКОВОЙ»

Ярославль, 19–20 марта 2026 г.

Корректор С. Кеньшенская
Компьютерная верстка А. В. Каминовой

Материалы публикуются в авторской редакции.

Издательско-полиграфический комплекс
«ИНДИГО»
г. Ярославль, ул. Свободы, 97

