

Н. А. Анфимов¹, В. И. Лукьященко¹, М. В. Синельщиков²,
В. В. Суворов¹, М. М. Цимбалюк¹

¹Центральный научно-исследовательский институт машиностроения Росавиакосмосу,
м. Корольов, Московская область, Россия

²Росавиакосмос, м. Москва, Россия

**Основные результаты предварительного
рассмотрения проекта «Долгосрочной программы
совместных российско-украинских научных
исследований и технологических экспериментов
на РС МКС»**

Розглядаються основні результати робіт із забезпечення реалізації першочергових спільних російсько-українських експериментів на РС МКС.

К настоящему времени усилиями российских и украинских ученых и специалистов разработан и подготовлен к утверждению проект «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС», предусматривающий выполнение 48 актуальных и значимых в научном и практическом отношении исследований и экспериментов [1, 2].

При формировании технического задания на совместные российско-украинские исследования российские ученые и специалисты исходили из того, что в результате выполнения исследований должны быть получены важные научные и практические результаты.

В основном близка к завершению работа по формированию, согласованию и подготовке к утверждению технических заданий на первоочередные совместные эксперименты: «Биосорбент», МОРФОС, «Материал — Трение», «Обстановка (Этап-1)», «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр», «Трубка», «Технология», «Криокомплекс — Кипение», «Пента — Усталость»,

«Биолаборатория», «Биополимер» (таблица). Сроки реализации указанных экспериментов увязаны с решением проблем определения окончательной конфигурации РС МКС и утверждением «Положения о порядке реализации «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС» и использование полученных результатов».

Для практического развертывания работ в области совместной разработки уникальной научной аппаратуры, наземного испытательного и вспомогательного оборудования возникает необходимость обеспечения смежных украинских предприятий и организаций необходимой нормативно-технической документацией для обеспечения реализации в полном объеме «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС».

С этой целью разработан и в настоящее время находится на рассмотрении в Росавиакосмосе проект «Положения о согласовании работ по стандартизации ракетно-космической техники между Рос-

сийским авиационно-космическим агентством и Национальным космическим агентством Украины, взаимном признании документов по стандартизации и взаимном обеспечении нормативными документами по стандартизации».

Совместными усилиями ЦНИИМАШ и ИКИ НАНУ—НКАУ в настоящее время разработан проект «Положения о порядке реализации «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС» и использования полученных результатов».

В настоящее время ученые и специалисты России и Украины активно разрабатывают проект «Программы сотрудничества Российской Федерации и Украины в области исследования и использования космического пространства в мирных целях на 2003—2007 годы».

В частности, в рамках ОКР «РС МКС» предполагается участие ИКИ НАНУ—НКАУ, ОАО НПК «Курс», специализированных институтов НАНУ в проведении работ по согласованным программам, в том числе и в рамках «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС».

Концепция формирования ТЗ на совместные российско-украинские эксперименты заключается в создании оптимальной кооперации участников экспериментов и максимальном использовании заделов, имеющихся у каждой из сотрудничающих сторон.

При проведении совместного эксперимента «Биосорбент» с российской стороны предполагается участие РАО «Биопрепарат», ГНЦ ГосНИИ ОЧБ с кооперацией. В ходе эксперимента планируется осуществление биоспецифического хроматографического процесса в условиях микрогравитации с использованием замкнутой (герметичной) хроматографической системы.

В качестве биологической жидкости российские специалисты планируют использовать плазму донорской крови, обогащенную препаратом одного из интерлейкинов, а в качестве биосорбента-биосорбент, связывающий этот интерлейкин.

Необходимым условием успешного проведения экспериментов является согласование гидродинамических характеристик применяемых в исследованиях сорбентов.

Согласование ТЗ на совместный эксперимент «Биосорбент» продолжается.

В эксперименте МОРФОС планируется два постановщика эксперимента: с украинской стороны — Институт металлофизики НАНУ, с российской сто-

роны — ЦНИИМАШ. Партнеры имеют длительный опыт научных контактов и совместных работ.

Учитывая многолетний опыт ЦНИИМАШ по проведению экспериментов на пилотируемых и автоматических КА, включая опыт разработки бортовой научной аппаратуры различного назначения, целесообразно возложить на него роль головного разработчика блока визуализации оптических неоднородностей и стереоскопического наблюдения за фронтом кристаллизации, а также средств вибродиагностики (виброзащитной платформы, низкочастотных вибраторов, высокочувствительных акселерометров). К настоящему времени ТЗ на космический эксперимент МОРФОС практически согласовано.

В части эксперимента «Материал — Трение» с украинской стороны предполагается участие СКТБ ФТИНТ НАНУ (г. Харьков) и ИПМ НАНУ (г. Киев). С российской стороны в работах участвуют ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», ИМАШ РАН, ИПМ РАН, НПО им. С. А. Лавочкина, НПО «Композит», ВНИИТРАНСМАШ.

Заинтересованность в результатах исследований подтвердили Российская академия наук и Межведомственный Научный совет по трибологии при РАН, Минпромнауки России и Союзе научно-исследовательских организаций (НИО).

В настоящее время ТЗ на эксперимент полностью согласованно и утверждено. Обсуждаются конкретные варианты реализации этого важного эксперимента.

В частности, Межведомственный научный совет по трибологии (МНСТ) осуществляет привлечение к работам зарубежных лабораторий и центров и проводит согласование с ними стандартов и программ выполнения работ.

Предполагается, что изготовление бортового модуля для испытаний в открытом космическом пространстве, управление его работой и съем целевой информации осуществляет Россия (такого рода работы успешно проведены российскими учеными и специалистами на автоматическом космическом аппарате «Луна-22»).

Проработки по космическим экспериментам «Обстановка» и «Трабант», включенных в утвержденную и реализуемую российскую «Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на РС МКС» показали, что украинская сторона заинтересована в участии в этих исследованиях.

Результаты анализа совместного научно-технического задела в области космических исследований и потенциальных возможностей сотрудничества российской и украинской сторон в указанных экс-

периментах позволяют рекомендовать их как совместные российско-украинские эксперименты в проект «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС».

В процессе подготовки эксперимента «Планетный мониторинг», также предусмотренного российской программой исследований на РС МКС, достигнута договоренность об использовании спектрометра-поляриметра разработки ГАО НАНУ в качестве фокального прибора телескопа Т-400 российской разработки, расположенного на прецизионной поворотной платформе. В результате этих проработок совместный эксперимент «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр» также включен в проект «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС».

К настоящему времени рассмотрены возможные варианты спектрометра-поляриметра с учетом общей компоновки телескопа Т-400, обсуждены проблемы реализации механического, оптического и электрического интерфейсов, согласованы планы работ.

В связи с задержкой подготовки необходимой технической документации, в частности из-за отсутствия согласованных и утвержденных технических заданий, российская сторона в 2002 г. профинансировала работы в обеспечение подготовки и проведения только двух первоочередных космических экспериментов («Обстановка (Этап-1)», «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр»). Уже развернуты работы по разработке эскизных проектов соответствующих комплексов бортовой научной аппаратуры.

В настоящее время предпринимаются значительные усилия по привлечению к работам по космическому эксперименту «Обстановка (Этап-1)» международной кооперации, сложившейся в ходе реализации ранее завершенных проектов.

По мнению российской стороны, проблематика космического эксперимента «Трубка» актуальна и имеет значительные перспективы практического использования. Однако варианты ТЗ необходимо существенно доработать с учетом расширения кооперации организаций поставщиков экспериментов. В частности, в их число необходимо включить ИЦ им. М. В. Келдыша (имеет практический опыт проведения космических экспериментов с устройствами такого класса), РКК «Энергия» имени С. П. Королева (является потенциальным потребителем тепловых труб различного назначения и располагает необходимыми высококвалифицированными специалистами), ЦНИИМашиностроения (располагает

хорошей экспериментальной базой и квалифицированными специалистами).

В процессе реализации совместного российско-украинского эксперимента «Трубка» предусматривается разработка летных экспериментальных установок для изучения различных тепловых труб как внутри, так и вне гермоотсека в связи с тем, что ряд неблагоприятных факторов, таких как радиоллиз, образование неконденсирующихся газов и коррозия интенсифицируется космическим излучением и не моделируются внутри гермоотсека из-за радиационной защиты экипажа.

Наличие летной экспериментальной установки вне гермоотсека существенно расширяет количество исследуемых теплоносителей тепловых труб, включая вещества, неприемлемые для использования в гермоотсеках, например аммиак.

Формирование и согласование расширенной версии ТЗ на космический эксперимент «Трубка» по имеющимся оценкам близки к завершению.

Впереди выполнение достаточно сложного этапа оценки технической реализуемости космического эксперимента и выбора оптимального варианта проведения экспериментальных исследований на борту РС МКС.

Космический эксперимент «Технология» направлен на изучение возможностей получения в условиях микрогравитации (МГ) методом бесконтейнерной электронно-лучевой зонной плавки в космическом вакууме и методом зонной плавки в кварцевом газонаполненном контейнере без контакта с его внутренними стенками и использованием кольцевого нагревателя.

Предполагается исследовать возможности получения сверхчистых полупроводниковых материалов (Si, Ge, GaSb) указанными методами и совершенных композитных материалов системы WC-Ni в процессах жидкофазного спекания.

Согласование научно-методических вопросов завершено. Ведется поиск приемлемых вариантов реализации этого достаточно сложного эксперимента.

Значительное эволюционное развитие испытала идеология эксперимента «Пента — Кипение», что обусловлено поиском наиболее эффективного и безопасного варианта реализации криогенных исследований на борту РС МКС.

Проектные проработки, выполненные в ЦНИИ-МАШ и РКК «Энергия» имени С. П. Королева в обеспечение развития концепции создания на РС МКС криогенного унифицированного рабочего места (КУРМ), а также поиски безопасного варианта криогенных экспериментов на РС МКС показали, что наиболее реальным является проведение криогенных исследований с использованием возможно-

Состояние работ по совместной российской-украинской программе экспериментов на МКС

№ п/п	Условное наименование экспериментов	Основные предполагаемые участники работ с российской стороны	Выполняемые этапы работ	Оценка реализуемости КЭ
1	«Биосорбент»	РАО «Биопрепарат», ГНЦ ГосНИИ ОЧБ, ГНЦ РФ ИМБП РАН	Разработка и согласование ТЗ	Реализуем на СМ
2	МОРФОС	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», РГНИИ ЦПК	Разрабатывается и согласовывается ТЗ, решается вопрос о головном разработчике НА	Реализуем на СМ
3	«Материал-Трение»	ЦНИИМАШ, ИМАШ РАН, ИПМ РАН, НПО им. С. А. Лавочкина, НПО «Композит», ВНИИтрансмаш, МНСТ и др.	Разработано, согласовано и утверждено ТЗ. Осуществляется выбор головных разработчиков бортовой и наземной НА, проводится оптимизация состава научной и производственной кооперации и выбор материалов для исследования	Реализуем на СМ+СО1. Возврат на «Шаттле»
4	«Обстановка (Этап-1)»	ИКИ РАН	Разработано и согласовано ТЗ. Разрабатывается ЭП бортового комплекса НА	Реализуем на СМ
5	«Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр»	ИКИ РАН	Решаются проблемы реализации механического, оптического и электрического интерфейсов. Уточнено и согласуется ТЗ на СП. Разрабатывается ЭП бортового комплекса НА. Начато рабочее проектирование основных элементов бортового комплекса НА	Реализуем на СМ
6	«Трубка»	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», ИЦ им. М. В. Келдыша	Сформирована кооперация, доработаны ТЗ и методика КЭ, предложен вариант доработки НА. Проводится согласование и подготовка к утверждению ТЗ	Реализуем на СМ+СО1. Возврат на «Шаттле»
7	«Технология»	РКК «Энергия», ИХПМ, РГНИИ ЦПК	Доработано и согласовано ТЗ, обсуждаются варианты практической реализации эксперимента	Реализуем на последующих модулях при выполнении требований по энергообеспечению и вакуумированию НА.
8	«Криокомплекс-Кипение»	ЦНИИМАШ, МЭИ и др.	Предложена новая концепция группы космических экспериментов (ГКЭ) и этапы ее реализации. Разработано ТЗ на ГКЭ. Проводится согласование и подготовка к утверждению ТЗ	Реализуем на последующих модулях или с использованием ТГК типа «Прогресс» при решении проблем доставки криогенного блока и хладагентов
9	«Пента-Усталость»	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», ЗАО «Композит — Тест»	Разработано и согласовывается ТЗ. Предложена кооперация организаций исполнителей	Реализуем на СМ+СО1
10	«Биолаборатория»	ГНЦ РФ ИМБП РАН, РАО «Биопрепарат» с кооперацией	Согласованы цели, задачи, научно методические подходы. Решаются организационные проблемы	Реализуем на последующих модулях при решении проблем с размещением НА и ее энергообеспечением
11	«Биополимер»	МГУ (биологический фак.), РКК «Энергия»	Разработаны и согласованы ТЗ и методики выполнения эксперимента. Проведена научная и техническая экспертиза. Рекомендован к проведению на СМ МКС	Реализуем на СМ

стей транспортного грузового корабля типа «Прогресс» как в свободном полете, так и в составе РС МКС. При этом предполагается решение задач отработки многоцелевого бортового криогенного комплекса с жидким гелием и исследование различных физических явлений в жидком гелии в условиях микрогравитации. Условное наименова-

ние такого эксперимента «Криокомплекс — Кипение». В настоящее время по этому эксперименту согласовывается техническое задание и формируется производственная и научная кооперация.

В части совместного российско-украинского эксперимента «Пента — Усталость» имеющиеся к настоящему времени данные позволяют сделать

следующие выводы.

- Результаты выполненных экспериментов подтверждают существенное влияние факторов космического пространства на структурное состояние и характеристики прочности, пластичности металлических и полимерных композитных материалов.
- Характеристики усталостной прочности являются наиболее чувствительными к изменениям структурного состояния, вызванным ФКП.
- Эксперимент «Пента — Усталость» может быть рекомендован для первоочередной реализации на борту РС МКС.

Развернута работа по формированию необходимой кооперации, дорабатывается и согласовывается техническое задание на эксперимент, выполняются работы по оценке технической реализуемости эксперимента и подготовке соответствующего заключения.

Группа космических экспериментов «Биолаборатория» содержит 14 самостоятельных экспериментов по различным направлениям космической биологии клетки с целью изучения клеточных и молекулярных механизмов влияния факторов космического полета на живые системы и гравитационную чувствительность различных типов клеток и клеточных ассоциаций. Значимость и актуальность предлагаемых исследований не вызывает сомнения.

Однако имеется ряд организационных проблем, требующих решения. В их числе некоторые разночтения по перечню экспериментов в согласованной совместной российско-украинской программе исследований в области космической биологии и ряд пересечений предлагаемых экспериментов с экспериментами «Долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на РС МКС», утвержденной Росавиакосмосом и РАН.

Учеными и специалистами ГНЦ РФ ИМБП РАН разработаны проекты ТЗ космических экспериментов «Остеогенез», «Цитоскелет», «Сигнал», «Нейрон», «Мембрана», «Клетка — Вирус».

Указанные проекты ТЗ отправлены на согласование украинским ученым и специалистам и в дальнейшем могут служить основой для подготовки единого ТЗ.

Космический эксперимент «Остеогенез» направлен на выявление роли силы тяжести в генезисе и формировании соединительной и костной ткани с практическим выходом в области обеспечения нормального функционирования опорно-двигательного аппарата космонавтов в условиях микрогравитации.

Для проведения эксперимента предлагается разработать биокультиватор клеток, бортовой и транс-

портный холодильники или отдельный модуль бортового комплекса «Биолаборатория».

Эксперимент «Цитоскелет» нацелен на выяснение молекулярных механизмов гравичувствительности клетки. Для его реализации планируется разработка специального блока комплекса научной аппаратуры «Биолаборатория».

В совместном эксперименте «Сигнал» будет исследовано участие системы внутриклеточной сигнализации в осуществлении гравичувствительности клетки с использованием растительных и животных клеток, изучаемых средствами бортовых аппаратурных комплексов «Оранжерея» и «Биолаборатория».

В космическом эксперименте «Нейрон» будет изучаться состояние нервной системы высших животных в космическом полете, что актуально для прогнозирования поведенческих характеристик и самочувствия космонавтов в длительных полетах. В качестве объекта исследования предполагается монослойная культура нервных клеток, которые длительный период времени могут культивироваться в специальной культивационной камере, принцип действия которой разрабатывается российскими специалистами и которую предполагается адаптировать к бортовому комплексу «Биолаборатория».

В совместном российско-украинском эксперименте «Мембрана» предлагается изучение биологических мембран одноклеточных организмов, животных и растений, а также искусственных мембран.

Эксперимент «Клетка — Вирус» направлен на изучение особенностей взаимодействия клетки и вируса в условиях микрогравитации. Предполагается использовать в исследованиях культур эпителиальных клеток, фибробластов, лимфобластоидных клеток, инфицированных аденовирусом, растущих в монослой на твердом субстрате.

Совместный проект «Биополимер» посвящен разработке методов получения полимерных материалов стойких к биокоррозии путем структурно-химической модификации полимеров и при использовании биологически активных соединений, а также исследованию процессов биодеградации различных полимерных материалов на борту пилотируемых космических комплексов.

Секция «Технические исследования и эксперименты» КНТС Росавиакосмоса рекомендует включение эксперимента «Биополимер» в состав первоочередных российско-украинских экспериментов, предлагаемых к реализации на служебном модуле РС МКС.

В настоящее время идет разработка методики проведения эксперимента.

Ход работ в обеспечение реализации совместной

программы российско-украинских исследований на РС МКС регулярно рассматривается на специальных рабочих совещаниях представителей ЦНИИ-МАШ и РКК «Энергия» имени С. П. Королева с выработкой компромиссных вариантов преодоления возникающих проблемных затруднений и постоянно контролируется руководством ЦНИИМАШ и КНТС Росавиакосмоса.

В целом можно отметить, что работы по формированию и согласованию ТЗ на совместные российско-украинские эксперименты на РС МКС близки к завершению. На очереди подготовка и утверждение окончательных заключений о технической реализуемости предлагаемых экспериментов и открытие полномасштабного финансирования работ, проводимых партнерами в обеспечение согласованной программы исследований и экспериментов.

1. Анфимов Н. А., Синельщиков М. В., Суворов В. В., Цимбалюк М. М. Методология формирования целевой про-

граммы пилотируемого космического комплекса (ПКК) // Сб. тр. Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям.—2001.—С. 11—15.

2. Лукьященко В. И., Синельщиков М. В., Суворов В. В. Основные направления разработки российско-украинской программы совместных научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС // Сб. тр. Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям.—2001.—С. 21—25.

**THE MAIN RESULTS OF THE PRELIMINARY
CONSIDERATION OF THE PROJECT OF THE LONG-TERM
PROGRAM FOR JOINT RUSSIAN-UKRAINIAN SCIENTIFIC
RESEARCH AND TECHNOLOGICAL EXPERIMENTS
ABOARD THE RUSSIAN SEGMENT OF THE ISS**

N. A. Anfimov, V. I. Luk'yashchenko, M. V. Sinel'shchikov,
V. V. Suvorov, and M. M. Tsimbalyuk

The main results of some work on the realization of the urgent joint Russian-Ukrainian experiments aboard the Russian Segment of the ISS are presented.