

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

¹Центральный научно-дослідний інститут машинобудування

Російського авіаційно-космічного агентства (Росавіакосмосу), Корольов, Московська область, Росія

²Російське авіаційно-космічне агентство (Росавіакосмос), Москва, Росія

Современное состояние и перспективы развития
работ в обеспечении эффективной реализации
совместных российско-украинских экспериментов
на РС МКС

Розглянуто сучасний стан робіт з підготовки спільних російсько-українських досліджень та експериментів на російському сегменті Міжнародної космічної станції (РС МКС). Викладено основні результати робіт з космічних експериментів (КЕ) першої черги і оцінено можливості підготовки до реалізації деяких експериментів другої черги.

В течение ряда лет ЦНИИМАШ, РКК «Энергия» им. С. П. Королева с участием головных организаций по направлению исследований Координационного научно-технического совета по формированию программ исследований и экспериментов на пилотируемых космических комплексах (КНТС) Росавиакосмоса ведут работы по обеспечению реализации совместных российско-украинских исследований и технологических экспериментов на РС МКС [1—3].

К настоящему времени совместными усилиями российских и украинских ученых и специалистов разработана, согласована и подготовлена к утверждению «Долгосрочная программа совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на российском сегменте МКС». Она одобрена решением совместного совещания Российского авиационно-космического агентства и Национального космического агентства Украины от 15 февраля 2002 г., однако российскими и украинскими представителями неоднократно высказывались предложения о необходимости утверждения этой программы Генеральным директором Росавиакосмоса и Генеральным директором Национального космического агентства Украины.

Это, по мнению сторон, будет способствовать повышению статуса программы.

Большая работа проведена по разработке, согласованию и подготовке к представлению на утверждение «Положения о порядке реализации «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на российском сегменте МКС» и использования полученных результатов».

К настоящему времени разработано более семи версий этого документа. Практически документ полностью подготовлен к представлению на утверждение.

На российско-украинской рабочей встрече 26 июня 2003 г. согласованы мероприятия для обеспечения передачи российской стороне научной аппаратуры изготовленной в Украине по процедурам, предусмотренным международными партнерами по созданию и целевому использованию МКС.

В последнее время при активном участии КНТС Росавиакосмоса, ЦНИИМАШ и РКК «Энергия» им. С. П. Королева проведен ряд рабочих совещаний, на которых удалось определить совместные проекты, реализация которых возможна уже в ближайшее время и сформировать эффективную

кооперацию научных и производственных организаций двух стран. О том, какое внимание уделяет этим работам руководство Росавиакосмоса и КНТС Росавиакосмоса, свидетельствует тот факт, что в повестках дня всех заседаний КНТС Росавиакосмоса и его Президиума за последние два года предусматривалось обсуждение вопросов реализации совместных российско-украинских исследований и экспериментов на РС МКС. В частности, в работе заседания Президиума КНТС Росавиакосмоса от 27.12.2001 г. принимал участие заместитель начальника управления Национального космического агентства Украины А. Б. Камелин.

К концу 2002 г. суммарная масса модулей и элементов МКС, находящихся на орбите, составила около 177 тонн, из них российский сегмент — 38 тонн. На МКС имеется значительное количество первоклассной научной аппаратуры. Катастрофа «Колумбии» несколько замедлила работы по комплектованию МКС оборудованием и проведению научных исследований.

Все международные партнеры по программе МКС рассматривают станцию в первую очередь как уникальную многопрофильную научную лабораторию для реализации программ научно-прикладных исследований и технологических разработок, а также как форпост для освоения космического пространства человечеством. Участники проекта активно содействуют развитию перспективных направлений целевого использования МКС для создания новых продуктов, совершенствования производственных технологий и предоставления различных услуг.

Несмотря на достигнутый определенный прогресс в строительстве станции, в последнее время все участники проекта, в первую очередь США и Россия, столкнулись с проблемами ограничения бюджетного финансирования программы МКС.

В этой ситуации стратегия ориентации на удовлетворение потребностей пользователей станции явилась основой для совместного поиска непростого, но необходимого решения по изменению конфигурации станции в интересах максимального удовлетворения требований целевого использования станции с учетом располагаемых ресурсов.

Партнеры единодушно одобрили план развития МКС таким образом, чтобы в 2006—2007 гг. максимизировать целевую отдачу МКС за счет наращивания технических возможностей и увеличения постоянного экипажа.

Предполагается эффективное использование имеющегося на борту оборудования и располагаемых ресурсов, оптимизация исследовательских программ, работ экипажа и необходимого грузопотока, а также возможная интеграция исследовательских

программ партнеров, в том числе развитие совместных исследований.

Подтверждением жизнеспособности отмеченной тенденции является существенная активизация работ в обеспечение реализации совместных российско-украинских исследований и экспериментов (табл. 1).

В частности, Росавиакосмос поддержал предложения ИКИ РАН о расширении кооперации в совместном российско-украинском эксперименте «Обстановка (Этап-1)» (предполагается участие ученых Великобритании, Болгарии, Венгрии, Польши), что позволит ускорить создание научной аппаратуры при значительном уменьшении необходимого финансирования.

К настоящему времени по этому эксперименту завершено эскизное проектирование научной аппаратуры. Ведется разработка конструкторской документации (КД) и научной аппаратуры (НА).

Совместный эксперимент «Планетный мониторинг — Спектрометр-поляриметр» (ПМ-СП) способен обеспечить проведение полноценных планетных исследований с борта РС МКС. Полностью согласовано техническое задание (ТЗ). В проекте предполагается участие ученых европейских стран. Практически завершено эскизное проектирование, ведется подготовка конструкторской документации и разработка научной аппаратуры. В работах организаций Украины принимают участие российские специалисты с целью увязки проектных решений и согласования параметров аппаратуры.

Указанные эксперименты, по мнению российской стороны, относятся к категории наиболее близких к практической реализации.

К этой же категории космических экспериментов (КЭ) может быть также отнесен и эксперимент «Биополимер», для которого проводятся реальные работы по подготовке бортовых укладок и отбору проб.

По КЭ «Морфос», «Пента—Усталость», «Материал—Трение» завершено согласование и утверждение ТЗ, развернута работа по согласованию планов-графиков. По КЭ «Материал—Трение» план-график РКК «Энергия» им. С. П. Королева согласован. По этим экспериментам российской стороной также открыто финансирование.

ТЗ на совместный эксперимент «Трубка» согласовано и утверждено. Получено положительное экспертное заключение о технической реализуемости. По этому эксперименту финансирование российских организаций предполагается открыть уже в следующем финансовом году.

Реальное продвижение наметилось в области подготовки реализации актуального в научном и прак-

Таблица 1. О ходе работ по совместной российско-украинской программе исследований и экспериментов на РС МКС (первая очередь КЭ)

№№ п/п	Условное наименование экспериментов	Основные участники работ с российской стороны	Выполняемые этапы работ	Оценка реализуемости КЭ
1.	«Биосорбент»	РАО «Биопрепарат», ГНИИ ОЧБ	Согласование и утверждение ТЗ. Экспертиза технической реализуемости КЭ	Реализуем на Служебном модуле (СМ) при обеспечении требуемых условий доставки и хранения препаратов
2	«Морфос»	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», РГНИИ ЦПК	Утверждено ТЗ. Получено положительное заключение о технической реализуемости. Открыто финансирование	Реализуем на СМ
3	«Материал—Трение»	ЦНИИМАШ, ИМАШ РАН, ИПМ РАН, НПО им. С. А. Лавочкина, ВНИИТрансмаш, МНСТ и др.	Утверждено ТЗ. Получено положительное заключение о технической реализуемости. Утвержден план-график совместных работ. Сформирована кооперация. Открыто финансирование	Реализуем на СМ+Стыковочный отсек 1 (СО1). Возврат на «Шаттле»
4	«Обстановка (Этап-1)»	ИКИ РАН	Эскизное проектирование. Разработка КД и НА. Сформирована международная кооперация. Открыто финансирование	Реализуем на СМ
5	«Планетный мониторинг—Спектрометр—поляриметр» (ПМ—СП)	ИКИ РАН	Эскизное проектирование. Разработка конструкторской документации и научной аппаратуры. Сформирована международная кооперация. Открыто финансирование	Реализуем на СМ
6	«Трубка»	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», ИЦ им. М. В. Келдыша	Сформирована кооперация. Утверждено ТЗ. Получено положительное заключение о технической реализуемости	Реализуем на СМ+СО1. Возврат на «Шаттле»
7	«Технология»	РКК «Энергия», ИХПМ, РГНИИ ЦПК	Согласование и доработка ТЗ. Проектная проработка отдельных технических вопросов реализации КЭ	Реализуем на последующих модулях при выполнении требований по энергообеспечению и вакуумированию НА
8	«Криокомплекс—Кипение»	ЦНИИМАШ, МЭИ, ИВТАН, ФИАН, ИФТТ РАН и др.	Предложена новая концепция группы космических экспериментов (ГКЭ) «Криокомплекс—Кипение» и этапы ее реализации. Разработано и согласовано ТЗ на ГКЭ. Проводится экспертиза технической реализуемости КЭ и подготовки к утверждению ТЗ	Реализуем на последующих модулях или с использованием транспортного грузового корабля (ТГК) типа «Прогресс» при решении проблем доставки криогенного блока и хладагентов
9	«Пента—Усталость»	ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», ЗАО «Композит-Тест»	Разработано, согласовано и утверждено ТЗ. Получено положительное заключение о технической реализуемости. Предложена кооперация организаций-исполнителей. Открыто финансирование	Реализуем на СМ+СО1
10	«Биолаборатория—М»	ГНЦ РФ ИМБП РАН с кооперацией	Согласованы цели, задачи, научно-методические подходы. Согласовано ТЗ, проводится экспертиза технической реализуемости и подготовка к утверждению ТЗ	Реализуем на последующих модулях при решении проблем размещения НА, ее энергообеспечения, создания необходимых условий доставки и хранения препаратов
11	«Биополимер»	МГУ (биологический факультет), РКК «Энергия»	Разработаны и согласованы ТЗ и методики выполнения эксперимента. Проведена научная и техническая экспертиза. Получено положительное заключение о технической реализуемости. Проведены работы по подготовке упаковок и отбору проб	Реализуем на СМ

тическом отношении эксперимента «Биосорбент», по которому в настоящее время проводится экспертиза на техническую реализуемость и идет подготовка к утверждению ТЗ на КЭ.

Из обширной программы биологических исследований «Биолаборатория» к настоящему времени российскими и украинскими учеными согласована группа из шести экспериментов первой очереди «Биолаборатория–М». Техническое задание на группу экспериментов «Биолаборатория–М» в настоящее время проходит экспертизу на реализуемость. По предварительному мнению, принципиальных проблем не предвидится, однако есть ряд вопросов по подготовке биопрепаратов к экспериментам и хранению образцов после проведения исследований. Есть реальные пути решения указанных проблем при активном взаимодействии российских и украинских ученых и специалистов.

Следует отметить, что согласованные и утвержденные ТЗ существенно отличаются от их первоначальных вариантов. Большая работа по их совершенствованию как по научному содержанию, так и по форме выполнена российскими и украинскими постановщиками экспериментов при активном творческом участии КНТС Росавиакосмоса и СКИ НАНУ.

В качестве иллюстративного примера можно привести эксперименты «Материал–Трение», «Трубка», «Криокомплекс–Кипение» и др.

К работам по КЭ «Материал–Трение» усилиями российских ученых привлечен ряд ведущих научно-исследовательских организаций Республики Беларусь, которые имеют все возможности для существенного увеличения научной и практической отдачи предусматриваемых исследований.

КЭ «Криокомплекс–Кипение» является эволюционным развитием первоначально предлагаемого КЭ «Пента-Кипение», родившимся в процессе многократных проработок российских и украинских ученых-постановщиков совместно со специалистами РКК «Энергия» им. С. П. Королева вопросов целевой эффективности, безопасности и технической реализуемости криогенных экспериментов с использованием жидкого гелия на борту пилотируемых космических комплексов (ПКК).

КНТС Росавиакосмоса, являющийся инициатором и активным участником многих совещаний в обеспечение реализации совместных российско-украинских экспериментов, рекомендует указанный эксперимент к реализации на РС МКС. В настоящее время завершаются достаточно трудоемкие проектные проработки в ходе экспертизы технической реализуемости этого эксперимента, и есть надежда, что в ближайшее время будет получено

положительное заключение о технической реализуемости КЭ «Криокомплекс–Кипение» и утверждено ТЗ на КЭ.

В части отмеченных экспериментов первой очереди еще предстоит большая работа по согласованию планов-графиков, а также по разработке, согласованию и утверждению «Соглашений о реализации совместных российско-украинских экспериментов». Кроме того, необходимо развернуть работы по разработке положения о порядке приема, обработки и распределения целевой информации и подготовке исходных данных для создания взаимно согласованных программно-методических материалов, необходимых для реализации КЭ.

В настоящее время формируется кооперация российских предприятий и организаций для проведения совместных российско-украинских космических экспериментов второй очереди.

С целью снижения затрат и сокращения сроков подготовки предлагаемых экспериментов к реализации при формировании эффективной кооперации внедряется стратегия оптимального использования имеющихся в России и Украине научных и производственных заделов.

В частности, прорабатывается возможность участия ЦНИИМАШ в подготовке и проведении совместных экспериментов «Материал–Пайка», «Диффузия–Моно», «Материал–Приоритет», «Кольцо», «Поверхня», «Сближение» (табл. 2).

По мнению российских ученых, КЭ «Материал–Пайка» представляет практический интерес при решении проблемы разработки современных конструкционных материалов для космической техники. Изучение смачивания и растекания металлических расплавов по большим поверхностям металлических и неметаллических материалов представляет практический интерес для разработки технологий пайки в условиях невесомости. К сожалению, в представленных российской стороне материалах отсутствует обоснование необходимости проверки справедливости закона смачиваемости (Юнга) в условиях микрогравитации.

Следует отметить, что аналогичные проблемы предполагается решать при выполнении КЭ «Ремонт». В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность объединения отдельных исследований, что позволит повысить эффективность работ при частичном снижении затрат.

В части эксперимента «Диффузия–Моно» положительные ожидаемые результаты возможны только при обеспечении диффузионного роста кристаллов. К сожалению, в имеющихся в распоряжении российской стороны материалах способы обеспечения условий такого роста не приведены. Не приве-

Таблица 2. О ходе работ по совместной российско-украинской программе исследований и экспериментов на РС МКС (вторая очередь КЭ)

№№ п/п	Условное наименование экспериментов	Основные участники работ с российской стороны	Выполняемые этапы работ	Возможные работы предполагаемых российских участников совместных экспериментов
1	«Материал–Пайка»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов	Изучение влияния вибрационных микроускорений на капиллярные эффекты, а также возможности управления этими эффектами с помощью дозированного вибрационного воздействия
2	«Диффузия–Моно»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов	Разработка бортовых виброзащитных средств и исследование влияния вибраций на исследуемые процессы
3	«Материал–Приоритет»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов	Разработка бортовых виброзащитных средств и исследование влияния вибраций на исследуемые процессы
4	«Сближение»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов	Проведение совместных исследований с учетом заделов по российским КЭ «Каталог» и «Частица» на основе использования объективов с широким полем зрения и фотоприемников с двумерным растром
5	«Кольцо»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов. Утверждено ТЗ. Получено положительное заключение о технической реализуемости	Исследования влияния инъекции заряженных частиц на потенциал поверхности МКС и на электроразрядную обстановку в плазменном окружении станции. Изучение взаимодействия ионных пучков с собственной атмосферой станции и магнитным полем Земли. Российская сторона предлагает использование блока диагностической аппаратуры СБД в КЭ «Платон» для регистрации параметров пучка ионов ксенона в плазменном окружении МКС
6	«Поверхня»	ЦНИИМАШ и др.	Формирование кооперации. Оценка возможности использования имеющихся научных и производственных заделов	Совместный эксперимент целесообразно осуществлять с учетом заделов по российскому эксперименту «Радар» (гол. организация — ЦНИИМАШ)

дены обоснования возможного влияния микрогравитации на диффузию в нагретых, т. е. твердых кристаллах. Требуется дополнительное обоснование возможности применения полученных результатов исследований к процессу электрофоретического разделения веществ с учетом проблемы получения кристаллов с заданными свойствами.

Предлагаемый совместный эксперимент «Материал–Приоритет» носит глобальный характер и требует большой подготовительной работы. Цель исследований актуальна и имеет как научную, так и прикладную направленность, однако требуется дополнительная проработка возможности проведения заявленных космических экспериментов при уровне микрогравитации $10^{-4}g_0$.

Недостаточно полно обоснована осуществимость диффузионного механизма роста монокристаллов в реальных условиях космического полета.

ЦНИИМАШ имеет значительные возможности для непосредственного участия в подготовке и реализации КЭ «Материал–Пайка» в части изучения влияния вибрационных микроускорений на капиллярные эффекты и управления этими эффектами с помощью дозированного вибрационного воздействия.

В экспериментах «Диффузия–Моно» и «Материал–Приоритет» возможно участие ЦНИИМАШ в области разработки бортовых виброзащитных средств и исследования влияния вибраций на изучаемые процессы.

Исследования, предусматриваемые предлагаемым совместным экспериментом «Сближение», весомы и актуальны. Важную роль в них могут играть бортовые оптические средства наблюдения. В России многими организациями проводятся системно-технические исследования по определению рациональных путей построения, использования и оценки

эффективности таких средств при решении задач информационного обеспечения безопасного функционирования МКС (космические эксперименты «Каталог», «Частица», «Рапира», предусмотренные «Долгосрочной программой научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС» (версия 1999 г.)).

Предлагаемое в эксперименте «Сближение» использование оптической системы с узким полем зрения и фотоприемника с одномерным растром ограничивает возможности экспериментального исследования засоренности околоземного космического пространства (ОКП) с помощью бортовых опико-электронных средств наблюдения.

По мнению российских специалистов целесообразно использование объективов с широким полем зрения и фотоприемников с двумерным растром (ПЗС-матриц), что обеспечивает возможность дополнительного решения следующих задач:

- обнаружение ранее не известных фрагментов космического мусора размером от 3 до 30 см и получение данных для их каталогизации; точность определения положения таких объектов без использования дополнительных данных может составить около 50 м;
- определение местоположения фрагментов мусора на круговых орбитах с точностью до 1 м.

ЦНИИМАШ были предложены технически и экономически обоснованные космические эксперименты «Каталог» и «Частица».

В настоящее время подготовлена вторая редакция ТЗ на эти эксперименты, в которой учтены результаты имитационной оценки точности определения параметров движения фрагментов КМ.

Учитывая высокую практическую значимость обеспечения безопасности МКС в условиях техногенного засорения ОКП и эффективность объединения усилий для решения указанной проблемы, ЦНИИМАШ считает целесообразным проведение совместных экспериментов с учетом направленности КЭ «Сближение», «Каталог» и «Частица».

В совместном российско-украинском эксперименте «Кольцо» (постановщики ИКИ НАНУ—НКАУ, ИКИ РАН и СПКБ «Дискрет») ЦНИИМАШ может принять участие в дополнении программы эксперимента исследованиями влияния инжекции заряженных частиц на потенциал поверхности МКС и на электроразрядную обстановку в плазменном окружении станции, а также исследованиями взаимодействия ионных пучков с собственной атмосферой станции и магнитным полем Земли.

Кроме того, российская сторона заинтересована в использовании блока диагностической аппаратуры СБД (изготавливаемого Украиной совместно с Рос-

сией), при реализации КЭ «Платон» (постановщик ЦНИИМАШ) для регистрации параметров пучка ионов ксенона в плазменном окружении МКС.

Проведение совместного эксперимента «Поверхня» целесообразно осуществлять с учетом заделов в реализации российского эксперимента «Радар» (головная организация — ЦНИИМАШ), который предусмотрен программой исследований, и по которому открыто финансирование.

Для ускорения совместных работ по перечисленным экспериментам второй очереди необходимо уже в ближайшее время установить деловые и научные контакты российских и украинских постановщиков обсуждаемых космических экспериментов.

В целом следует отметить значительный прогресс в работах по обеспечению эффективной реализации совместных российско-украинских экспериментов на РС МКС.

Российские ученые и специалисты выражают надежду, что эффективность совместных работ будет и далее возрастать, и уже в ближайшее время могут быть получены реальные научные результаты совместных космических исследований на РС МКС.

1. Анфимов Н. А., Лукьященко В. И., Синельщиков М. В. и др. Основные результаты предварительного рассмотрения проекта «Долгосрочной программы совместных российско-украинских научных исследований и технологических экспериментов на РС МКС» // *Космічна наука і технологія* 2002.—8, № 5/6.—С. 9—14.
2. Анфимов Н. А., Синельщиков М. В., Суворов В. В., Цимбалюк М. М. Методология формирования целевой программы пилотируемого космического комплекса (ПКК) // Сб. тр. Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям. — Киев, 2001.—С. 11—15.
3. 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. — Киев, 2001.—С. 21—25.

THE PRESENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE WORK ON THE PROVISION OF APPROPRIATE REALIZATION OF JOINT RUSSIAN-UKRAINIAN EXPERIMENTS AT THE RUSSIAN SEGMENT OF THE ISS

N. A. Anfimov, V. I. Luk'iaschenko, M. V. Sinel'schikov, V. V. Suvorov, and M. M. Tsimbaliuk

We discuss the present state of the work on the preparation of joint Russian-Ukrainian investigations and experiments at the Russian segment of the International Space Station. The main results of the work on space experiments of the first turn are presented. The possibilities for the preparation to the performance of some experiments of the second turn are estimated.