

# ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВИКА И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Беляев М.Ю.

*РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, Королёв, Россия*

Mikhail.Belyaev@rsce.ru

*Аннотация. В год 25-летия запуска Международной космической станции (МКС) рассмотрена роль России в этом проекте и показаны возможности использования и развития пилотируемых станций для решения актуальных задач в современном мире.*

*Ключевые слова: пилотируемая космонавтика, орбитальная станция, МКС, эксперименты.*

## Введение

Одна из острейших проблем ракетно-космической техники в настоящее время связана с определением дальнейших путей развития пилотируемой космонавтики. Наибольших достижений наша страна достигла именно в области пилотируемых космических полетов. Бурное развитие этого направления, вызванное в определенной степени соперничеством двух сверхдержав – СССР и США, потребовало от Головного предприятия ОКБ-1 и Главного Конструктора С.П. Королева концентрации усилий на проектах пилотируемой космонавтики [1] - [3]. Для дальнейшего изучения околоземного космического пространства и планет с помощью автоматических аппаратов, начатого ОКБ-1, по инициативе Главного Конструктора были созданы другие коллективы и предприятия. С развитием отечественной космонавтики были связаны многие крупные достижения и, нередко, трагические события, вызванные техническими проблемами или политическими переменами. Анализируя сегодняшнее состояние отечественной и мировой космонавтики, можно сделать вывод, что в направлении пилотируемых полётов наша страна продолжает сохранять одно из лидирующих положений в мире. Вместе с тем, необходимо отметить, что наиболее значительные научные и прикладные успехи космонавтики (изучение планет солнечной системы, дистанционное зондирование Земли, спутниковая навигация, связь и др.) достигнуты в последние десятилетия с помощью автоматических аппаратов. Крупные успехи космических проектов, основанных на использовании автоматических аппаратов, делают необходимой выработку стратегии развития отечественной космонавтики в современных условиях. При выработке такой стратегии следует, прежде всего, учитывать передовые достижения нашей страны, связанные с пилотируемой космонавтикой, а также иметь в виду, что отставание нашей страны по направлениям автоматических аппаратов, в частности, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), является бóльшим, чем, например, отставание в автомобилестроении. Крупнейшим космическим проектом современности является проект Международной космической станции МКС. Значение России в этом проекте весьма велико, достаточно сказать, что без участия нашей страны проект МКС не мог быть реализован. К началу развертывания МКС на орбите в 1998 году только наша страна обладала пилотируемым кораблем для доставки космонавтов на станцию, нахождения в ее составе в течение нескольких месяцев в качестве корабля-спасателя и спуска космонавтов на Землю по окончании очередной пилотируемой экспедиции. Американский корабль «Шаттл» активно использовался в проекте в первые годы развертывания МКС, однако, продолжительность его полёта на орбите не превышала двух недель, а после очередной аварии этого корабля полёты «Шаттлов» были вовсе прекращены.

Благодаря длительным полётам орбитальных станций «Салют», «Мир» только наша страна обладала в те годы уникальным опытом обеспечения работы космонавтов на космической орбите непрерывно в течение года и более. В настоящее время, благодаря вкладу Илона Маска, США также имеют в своем распоряжении необходимое транспортное средство для доставки людей на МКС. А вот двигатели для коррекции орбиты станции имеются только на российском сегменте (РС) МКС, что по-прежнему делает нашу страну необходимым участником этого проекта.

## 1. Эффективность пилотируемых станций и возможная польза от их использования

Рассмотрим проблему эффективности и целесообразности пилотируемых проектов для нашей страны на примере самого крупного проекта в истории человечества – проекта МКС.

С учетом продления полета МКС до 2028 года главная задача для России в проекте МКС сегодня – повышение эффективности целевого использования этой станции, получение пользы от участия в этом проекте. Эффективность и результативность проекта МКС позволит сохранить нашей стране

достойные позиции в этом направлении космонавтики и применить определенный опыт и технологии проекта МКС для автоматических аппаратов и будущих орбитальных станций (ОС).

Проанализируем возможную пользу проекта МКС для российской космонавтики.

Польза для страны от участия в пилотируемом проекте МКС может быть обусловлена:

- а) общественно-политическими соображениями, основанными на авторитете России в области создания долговременных орбитальных станций. Сегодня это одно из немногих, а, может быть, и единственное направление, где Россия занимает признанное в мире лидирующее положение;
- б) выполнением научных и прикладных исследований и экспериментов;
- в) созданием наукоемких технологий, многие из которых должны найти применение в различных областях народного хозяйства;
- г) возможностями изучения передовых технологий и достижений, используемых другими участниками проекта МКС.

Значимость первого положения п. а) зависит от результатов решения задач, намеченных в пп. б) и в).

Результативность выполнения научных и прикладных программ экспериментов на пилотируемой станции определяется многоцелевым характером проводимых работ и наличием экипажа [2], [4], [5]. Выполнение исследований в различных направлениях позволяет многоцелевой станции непрерывно «работать на целевой результат», в то время как специализированные КА работают лишь в короткие «окна». При выполнении на пилотируемой (ОС) любого направления исследований, сохраняются возможности беспилотных КА и появляются дополнительные преимущества из-за наличия экипажа, связанные с возможностью переоснащения приборного состава, ремонта, интеллектуального выбора объектов исследований и др. Например, при наблюдении и изучении с борта ОС на земной поверхности необычных, в том числе потенциально опасных и катастрофических явлений, появляются дополнительные возможности по выбору и регистрации изучаемых объектов. Отечественные орбитальные станции давали хорошую возможность решить важнейшую для страны задачу наблюдения земной поверхности для различных потребителей. При этом большая часть работ – создание аппаратуры наблюдения, системы сбора и передачи данных, наземного сегмента, технологии использования получаемых данных – могли бы быть затем использованы и в программах автоматических КА.

Возможность решать эту задачу пока еще сохраняется и для МКС. Проблема состоит в том, что МКС создана, в основном, для выполнения медицинских экспериментов и исследований в области микрогравитации. Однако, программа по изучению с борта МКС, например, потенциально опасных и катастрофических явлений, и оценке их развития, весьма эффективно выполняется на пилотируемой МКС.

Главный аргумент по поддержанию проекта пилотируемой станции в том, что это единственное направление, где мы пока ещё находимся в тройке лидирующих стран. С учетом реальной ситуации в стране, будет весьма сложно добиться лидирующего положения по другим направлениям – автоматические КА, полет на Марс и др. Разумная стратегия сегодня – обеспечить пользу от орбитальной станции.

### 1.1. Особенности выполнения экспериментов на РС МКС и возможные пути повышения эффективности этой станции

Главная проблема реализации научных программ МКС связана с тем, что эта станция не обеспечивает всего спектра возможностей многоцелевой орбитальной лаборатории для проведения исследований и экспериментов, в частности:

- ориентация МКС не позволяет проводить ряд направлений исследований, требующих наведения на изучаемые объекты, или сканирование областей исследования на земной поверхности или небесной сфере. В результате основное преимущество орбитальных станций как многоцелевых исследовательских лабораторий снижается. Это обстоятельство особенно критично для нашей страны, так как традиционно в отечественных программах орбитальных станций важное место занимали астрономические исследования и эксперименты по изучению Земли (подобные эксперименты содержатся и в программе научно-прикладных исследований российского сегмента МКС).

Для решения данной проблемы в настоящее время на станции установлены и разрабатываются дополнительные специальные подвижные платформы (ПП). Использование ПП позволяет значительно расширить возможности МКС по исследованию Земли и небесной сферы. Для выполнения наблюдений заданных объектов в этом случае могут использоваться методы

оптимального планирования программы научных экспериментов [3], [4], [6 - 10]. Кроме того, следует заметить, что орбитальные станции, включая МКС, обладают уникальными возможностями для обеспечения наблюдений исследуемых объектов, даже без выполнения разворотов станции или аппаратуры. Поскольку орбиты орбитальных станций, как правило, имеют высоту ~ 400 км, то для поддержания орбиты станции постоянно проводятся коррекции, топливо для выполнения которых доставляется с помощью грузовых кораблей. При выполнении коррекций на подъем орбиты существует возможность их проведения в различные временные интервалы и с различной величиной импульса. Учет в программе выполнения коррекций орбиты предложенной методики [7] позволит не только поддержать полет станции на требуемой высоте, но и обеспечит возможность наблюдения с нее заданных объектов на земной поверхности и небесной сфере аппаратурой, жестко закрепленной на корпусе станции;

- на РС МКС в начале полета отсутствовала возможность оперативной передачи на Землю больших потоков целевой информации, хотя проектами это предусматривалось.

В настоящее время организован канал передачи научных данных с борта РС МКС с помощью системы X-диапазона со скоростью 100 Мбит/с и осуществляется ее использование для ряда экспериментов. Создана и готовится к эксплуатации новая система для передачи данных со скоростью до 1000 Мбит/с. Кроме того, реализована возможность передачи данных с РС МКС через геостационарные спутники-ретрансляторы. Использование этого канала позволяет непрерывно передавать данные на РС МКС со скоростью 6 Мбит/с и непрерывно получать информацию со станции со скоростью 100 Мбит/с. Использование этих возможностей позволяет и позволит в будущем значительно повысить эффективность выполнения исследований в экспериментах «Ураган», «МКС-Напор», «Сценарий» и др. [11];

- на РС МКС худшие условия по микрогравитационной обстановке. Это связано с тем, что центр масс МКС находится в зоне американского сегмента, а оборудование, создающее микроперегрузки (системы обеспечения жизнедеятельности, оборудование для физкультуры и т.п.) – в российском сегменте.

Один из способов обеспечения благоприятных условий для проведения экспериментов в области микрогравитации связан с использованием для этих целей транспортных грузовых кораблей (ТГК) «Прогресс» после выполнения ими своих основных функций [12], [13].

ТГК «Прогресс» позволяет осуществлять запуск спутников [14], в том числе, на орбиты с высотой, превышающей высоту полёта МКС [12]. С помощью капсулы с научной аппаратурой, соединенной с ТГК длинным тросом, возможно также изучение верхней атмосферы на высотах 100 – 150 км [12], [13], [15]. Разработанные технологии ТГК «Прогресс» после выполнения им своих основных функций дают определённые преимущества при изучении земной поверхности и решении других научных и прикладных задач. Для эффективного управления ТГК «Прогресс» при выполнении экспериментов были разработаны и отработаны в полетах специальные технологии [12], [13], [15], [16];

- для использования современной исследовательской аппаратуры на борту РС МКС весьма желательны универсальные интерфейсы с бортовыми системами российского сегмента для передачи управляющей и сопроводительной информации на приборы и передачи научных данных на Землю.

Необходимо также обеспечить точную привязку выполняемых научных измерений к московскому времени и пространственным данным.

На РС МКС была создана информационно-управляющая система (ИУС) для управления экспериментами [11]. В настоящее время осуществляется её использование и совершенствование [17];

- на МКС порой возникают проблемы привлечения космонавтов для выполнения целевых исследовательских программ, например, в период сна экипажа, когда требуется осуществить съемку требуемых районов на земной поверхности.

Необходимо таким образом организовать работы на РС МКС, чтобы целевые задачи на станции могли выполняться непрерывно;

- одна из главных проблем для РС МКС в отношении его целевого использования связана с организационными проблемами подготовки и реализации экспериментов. Необходим срочный выпуск положений, упрощающих подготовку и реализацию экспериментов (уточнение применения ГОСТов, порядка заключения и выполнения договоров с участниками экспериментов и др.).

После окончательного решения указанных проблем и с учетом уже выполненных мероприятий, РС МКС должен стать привлекательной исследовательской лабораторией для отечественных и зарубежных ученых.

Проектом МКС предусматривались определенные организационные решения по реализации целевых программ. Например, для проведения целевых программ должен использоваться сквозной подход к организации работ, при котором и постановка целевых задач, и их реализация, и задачи получения практического (промышленного) эффекта контролируются одной структурой. Организация такого подхода – естественный способ эффективного выполнения целевых программ, однако, для его реализации требуются высококвалифицированные, уникальные специалисты; в противном случае применение такого подхода может принести отрицательный эффект.

Наши партнеры по МКС затратили и затрачивают большие средства для изучения нашего опыта. Участие в проекте МКС потенциально позволяет и нам изучить передовые технологии и достижения наших партнеров. В этом направлении существуют большие, пока не реализованные, возможности.

## 1.2. Задачи повышения эффективности целевого использования ОС

Для повышения эффективности целевого использования РС МКС и перспективных орбитальных станций нужно решить ряд проблем, изложенных ниже.

1. Качество и технический уровень отечественной аппаратуры для исследований и экспериментов, как правило, уступают зарубежным образцам, т.к. научное приборостроение еще в СССР сильно отставало от мирового уровня. Относительные успехи по программам «Салют», «Мир» обычно были связаны с использованием зарубежных приборов (фотоаппаратура МКФ-6М, аппаратура для исследований астрономических объектов в рентгеновском диапазоне на ОК «Мир», оптический сканер MOMS для изучения земной поверхности и др.). Например, первый опыт использования спутниковых навигационных систем в пилотируемых станциях был связан с установкой на модуль «Природа» ОК «Мир» навигационной системы MOMS-NAV [18], [19]. Навигационные данные системы MOMS-NAV использовались для точной привязки научных данных, получаемых оптическим сканером MOMS. Технология применения российских спутниковых навигационных систем была затем активно применена в служебных операциях с орбитальными станциями [20].

Решение проблемы создания качественных приборов для космических наблюдений необходимо осуществлять на государственном уровне путем создания специального органа (совета, комиссии, комитета и т.п.). В качестве приоритетной задачи следует определить контроль окружающего космического пространства (ОКП) и территорий Земли (нашей страны и зарубежных стран). По каждому типу приборов (аппаратура ИК-диапазона, радиолокатор и др.) следует определить 2-3 организации, которым и оказывать содействие при разработке приборов для РС МКС, а затем и для автоматических КА.

Целесообразно также в рамках проекта МКС организовывать сотрудничество с зарубежными фирмами по созданию перспективной научной аппаратуры (НА). Примером такого сотрудничества является проект ICARUS по изучению с РС МКС миграций животных и птиц [21], [22]. В рамках этого проекта на РС МКС создана система контроля перемещения наземных объектов, в том числе, животных и птиц. На РС МКС установлен антенный комплекс и управляющий компьютер [21], [22]. На животных и других исследуемых объектах устанавливаются датчики (теги) массой 5 г. Теги с помощью навигационного модуля определяют своё положение, а также значение ускорения, температуры, влажности, напряженности магнитного поля Земли. Когда тег оказывается в зоне связи с антенным комплексом, информация от тега передается на РС МКС и затем поступает в московский ЦУП-М и РКК «Энергия». После обработки информация передается участникам эксперимента, при этом с марта 2022 года данные передаются только российским участникам КЭ «Ураган». Отработанная на РС МКС в рамках КЭ «Ураган» технология контроля перемещения наземных объектов является особенно важной для нашей страны, обладающей обширными, малозаселенными территориями. Данная технология может применяться не только для изучения миграций животных, но и для определения передвижения любых объектов и контроля подвижек опасных ледников, оползней и т.д. [23]. С учетом накопленного в процессе выполнения исследований опыта, возможно развертывание данной технологии только российскими участниками [22]. Целесообразно использование данного подхода к созданию и отработке аппаратуры и технологий изучения Земли, реализуемого в КЭ «Ураган» на РС МКС, и для других видов аппаратуры, прежде всего, радиолокаторов.

2. В отечественной практике выполнения исследований наземному сегменту уделялось недостаточное внимание, хотя обычно при решении целевых задач в космической технике

одновременно создаются бортовой и наземный сегменты, причём наземный сегмент является часто более дорогостоящей составляющей проекта.

В процессе подготовки и реализации программ исследований на орбитальных станциях «Салют» впервые была создана специальная технология проведения КЭ [2], [4] и наземный контур управления экспериментами (рис. 1).

Технология проведения экспериментов на орбитальной станции предусматривает решение следующих задач: планирование экспериментов; оптимизация программы экспериментов; математическое моделирование; реализация эксперимента; контроль состояния научной аппаратуры и управление ее работой в полете; экспресс-анализ научных данных по ТМИ; измерение и расчет дополнительной информации для анализа и интерпретации результатов КЭ [4].

В период выполнения научно-исследовательских программ на станциях «Салют - 4, 6, 7» были решены следующие проблемы управления при проведении экспериментов:

- планирование экспериментов: выбор оптимальных зон и построение оптимальных программ проведения экспериментов;
- построение рациональных схем выполнения экспериментов;
- создание математических моделей:
  - движения орбитальных станций;
  - физических условий на борту станции (микрперегрузки, магнитные возмущения и т.д.);
- разработка и использование экономичных методов проведения экспериментов;
- автоматизированный контроль состояния научной аппаратуры (НА) по ТМИ и управление ее работой (НА МКФ-6М, БСТ-1М, КРТ-10, «Сплав-01» и т.д.);
- экспресс-анализ научных данных (НА «Рябина», «ММК», «Елена-Ф» и др.). Реализация технологии управляемых научных экспериментов;
- расчет дополнительной информации для интерпретации результатов экспериментов (данные от магнитометров, солнечных датчиков, звездных фотометров, акселерометров и т.д.).

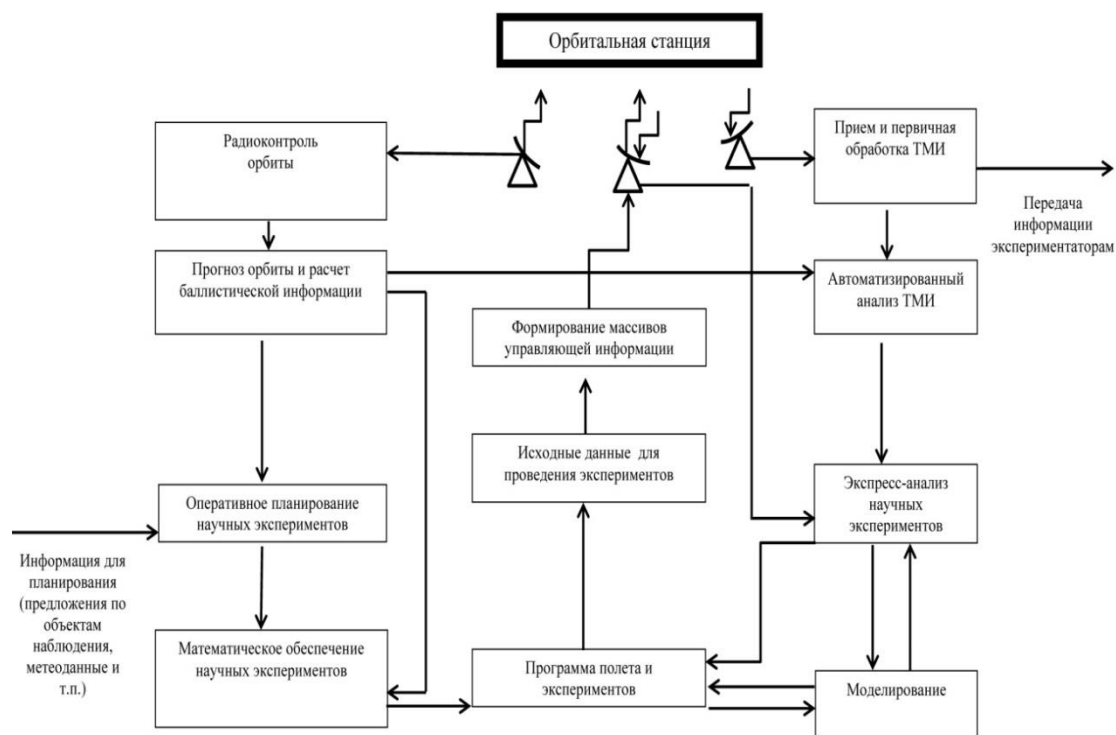


Рис. 1. Схема функционирования наземного комплекса управления экспериментами ОС

Работы по оперативному обеспечению экспериментов были начаты в центре управления вблизи г. Евпатория (ЦУП-Е) при подготовке запуска ОС «Салют-4». После выполнения программы «Союз-Аполлон» для управления полетами орбитальных станций стал использоваться подмосковный ЦУП-М и там, на основе полученного опыта в ЦУП-Е, стали развиваться технологии управления экспериментами и обработки ТМИ [2]. При этом, в частности, осуществлялся оперативный контроль функционирования НА и экспресс-анализ научных данных. Оперативное обеспечение экспериментов выполнялось в ЦУП-М и вычислительном центре РКК «Энергия», именуемой в то время НПО «Энергия». Автоматизированный контроль функционирования НА и экспресс-анализ научных данных позволяли оперативно принимать решения по управлению ходом проведения КЭ.

В отличие от ОС «Салют», использовавшихся в течение длительного времени для выполнения программ исследований и научных экспериментов, на орбитальном комплексе (ОК) «Мир» в качестве исполнительных органов системы управления движением применялись гиросиловые стабилизаторы (гиродины) [7]. Данная система управления позволяла обеспечить постоянно ориентированный полет ОК, требуемый для выполнения реализуемой на ОК программы экспериментов. Такой режим полета ОК «Мир» потребовал учета новых условий и ограничений при управлении, которые обусловлены, во-первых, «насыщением» гиродинов и необходимостью их «разгрузки»; во-вторых, тем, что при постоянно ориентированном полете и постоянно работающей научной аппаратуре на ОК возникал дефицит электроэнергии; в-третьих, необходимостью поддержания непрерывной радиосвязи ЦУП с ОК через спутник-ретранслятор (СР) для приема телеметрической, телевизионной и другой информации во время проведения некоторых экспериментов. Следовательно, в процессе полета необходимо было поддерживать ориентацию, при которой реализуется «благоприятный» режим функционирования гиродинов, обеспечивается достаточная освещенность солнечных батарей (СБ) солнечным светом и возможность непрерывной связи через СР. При этом также должна была решаться главная задача – наведение жестко закрепленной на корпусе ОК научной аппаратуры на исследуемый объект и поддержание этой ориентации в течение заданного времени.

Для решения данных задач впервые в мире была разработана специальная технология обеспечения полета ОК «Мир» и реализован на персональных компьютерах комплекс математических программ, который с момента введения в состав ОК научного модуля «Квант» ежедневно и практически непрерывно использовался для оперативного обеспечения полета ОК «Мир» [7], [24], [25].

Разработанное математическое обеспечение (МО) решало задачи предварительного планирования и составления динамических схем проведения экспериментов и полетных операций; прогноза функционирования систем ОК, влияющих на выполнение исследований: гиросиловых стабилизаторов, системы электропитания и т.д.; оптимизации программы исследований исходя из различных критериев; расчета управляющей информации для работы бортовой служебной и научной аппаратуры. Кроме того, в рамках данного МО были разработаны пакеты программ, позволяющие определять угловое положение ОК по телеметрическим измерениям, рассчитывать информацию, необходимую для интерпретации результатов научных экспериментов, вычислять юстировочные поправки для используемой научной аппаратуры и приборов ориентации ОК и решать некоторые другие задачи, возникающие в процессе проведения космических экспериментов [25]. Это позволило выполнить беспрецедентную программу исследований на ОК «Мир», в том числе с помощью рентгеновской аппаратуры, установленной на модуле «Квант», стереосканером на модуле «Природа» и др. [2], [25].

С полетом ОК «Мир» связано также создание в РКК «Энергия» Центра обработки информации, расположенного в г. Мытищи [2], первое использование на ОС спутниковой навигационной системы, использование телеуправления для выполнения экспериментов, передача научных данных по каналам связи постановщикам экспериментов для экспресс-анализа и т.д. [25].

Обычно при реализации космических проектов создаются и используются отдельные наземные центры для управления полетом КА и управления полезными нагрузками (управления экспериментами). Для управления МКС США используют ЦУП, расположенный в Хьюстоне, а управление полезными нагрузками американского сегмента осуществляется из центра, находящегося в Хантсвилле. В начале полёта МКС в московском ЦУП-М был создан зал полезных грузов, однако затем он, в силу различных причин, не использовался для обеспечения работ по проведению экспериментов на РС МКС.

Работы по наземному сегменту обеспечения целевых задач позволяют повысить эффективность целевого использования РС МКС и, кроме того, заложить перспективу для будущих проектов. Выполняя, например, на РС МКС изучение земной поверхности по программам «Ураган», «МКС-Напор», мы можем создать наземный сегмент для проведения подобных работ, решающий задачи

планирования наблюдений, приёма и обработки получаемой информации. Созданный наземный сегмент может быть использован затем в проектах беспилотных КА наблюдения земной поверхности.

3. Проектом МКС предполагалось решение широкого спектра прикладных задач для использования в народном хозяйстве. Однако результатов здесь пока получено немного. Причина этого заключается в следующем.

Этап внедрения результатов космической деятельности на орбитальных станциях в народное хозяйство ранее практически был упущен – не было механизма и структур, ответственных за его реализацию [3], [11]. Это привело к снижению, а порой и отсутствию интереса общества и руководства страны к данному направлению космонавтики.

Вместе с тем, чрезвычайно важно продемонстрировать пользу для страны проекта МКС, показать возможность использования, как это декларировалось, «космических» технологий в народном хозяйстве.

Среди полученных в этом направлении практических результатов можно отметить практическое использование результатов съемки в эксперименте «Ураган», в том числе, для оперативного выявления причин катастрофического наводнения в г. Крымск [21], использование результатов экспериментов «Тензор», «Среда-МКС» для управления ориентацией КА «Ямал-200» на проблемных для управления участках полета [26], [27] и др.

В хозяйственной деятельности могут найти применение и многие технологии, созданные для космической техники. Например, для обеспечения баланса на орбитальной станции рассчитывается планируемый расход электроэнергии. При расчете потребления электроэнергии используются детальные планы полета на рассматриваемые сутки и информация из базы данных по источникам потребления электроэнергии. В случае возникновения проблем принимаются меры к сохранению баланса электроэнергии. С этой целью либо уменьшается потребление электроэнергии за счет снижения количества потребителей или времени их функционирования, либо принимаются меры к увеличению прихода электроэнергии.

Разработанная технология, методы и система обеспечения баланса электроэнергии успешно функционировала в процессе выполнения полетов орбитальных станций «Мир» и МКС [24].

Данная технология может использоваться также для обеспечения баланса покупки и потребления электроэнергии в различных территориальных образованиях [28]. Обычно специализированная организация по сбыту электрической энергии территориального образования (города, района) покупает электроэнергию у торгующей организации. Стоимость покупаемой электроэнергии зависит от срока оплаты – более ранняя оплата электроэнергии позволяет снизить ее стоимость. Если потребление электроэнергии за прогнозируемый интервал времени превысит количество закупленной энергии, то ее возможно купить дополнительно, однако цена при этом будет значительно выше, чем при покупке на ранней стадии. В то же время, покупка большого количества энергии может привести к ситуации, когда реализовать ее всю не удастся, что приведет к значительным убыткам. Поэтому весьма важной задачей является точное прогнозирование потребления электроэнергии для своевременной покупки ее у торгующей организации. То-есть, по аналогии с обеспечением баланса прихода и расхода электроэнергии на орбитальной станции, должен быть обеспечен баланс в процессе покупки и продажи потребителям электроэнергии в территориальном образовании.

Работы по созданию системы прогноза потребления электроэнергии («ВЕЩУНЬЯ») проводились совместно с районным муниципальным унитарным предприятием «Щелковские электросети» начиная с 2006 г. [3], [28].

Расчет прогноза потребления электроэнергии в системе производится на основе выбранного пользователем метода прогнозирования и истории показаний потребления.

Методы прогнозирования выработаны на основе корреляционного анализа фактических данных потребления и набора внешних условий, влияющих на характер потребления, а также путем прогнозирования временных рядов с использованием нейронных сетей.

В системе прогноза потребления электроэнергии решаются следующие задачи:

- хранение данных потребления электроэнергии;
- учет дополнительных источников потребления при прогнозировании;
- прогноз изменения потребления электроэнергии;
- прогноз потребления электроэнергии;
- учет влияния различных факторов на прогноз потребления:
  - погода;
  - новые источники потребления;
  - отключение источников потребления;

- продолжительность светового времени суток;
- день недели, выходные дни;
- другие значимые события.

Подготовка данных подразумевает очистку исходных данных показаний счетчиков от скачков, пропусков и прочих ошибок измерения, а также загрузку параметров погоды и других внешних условий, влияющих на потребление электроэнергии. Удаление скачков показаний счетчиков производится автоматически на основе эмпирического анализа того, чем эти скачки были вызваны. Краткосрочные пропуски показаний счетчиков заполняются методом аппроксимации. Весь процесс подготовки данных автоматизирован, кроме ручного ввода оператором списка подключения и отключения потребителей, а также других внешних событий, оказывающих влияние на характер потребления.

Для более широкого внедрения получаемых результатов в практической деятельности необходимы специальные решения на государственном уровне.

## 2. Заключение

1. Величайшим достижением человечества является освоение космического пространства, начатое запуском нашей страной первого искусственного спутника Земли и первым полетом гражданина нашей страны в космос. Благодаря длительным полетам ОС «Салют», ОК «Мир» было показано, что человек может жить и работать на космической орбите. При этом были отработаны технологии выполнения длительных полетов [1] и созданы методы проведения космических экспериментов на орбите [2], [4], которые затем совершенствовались при проведении исследований на РС МКС [3].

2. В настоящее время важной задачей является повышение эффективности целевого использования ОС. Для этого необходимо решить пять групп рассмотренных в данной статье проблем, и связанных с:

- превращением ОС в идеальную космическую лабораторию;
- созданием современной научной аппаратуры;
- развертыванием наземного сегмента для выполнения целевых операций;
- созданием и внедрением технологий использования целевых результатов;
- решением организационных вопросов для снижения бюрократической нагрузки на выполнение работ.

3. Решение этих проблем возможно и для РС МКС, полет которой продлевается до 2028 года. Пять лет – большой срок для решения имеющихся проблем. В качестве примера можно вспомнить, что после подписания указа о создании знаменитой ракеты Р-7 в феврале 1953 г., за пять лет была создана эта ракета, запущен 1-й в мире ИСЗ, затем вскоре состоялся первый полет человека в космическое пространство и т.д. Все это делалось впервые и после тяжелой, разрушительной войны. При этом, тогда еще не было вычислительной техники, все работы были засекречены и т.д. Успех нашей страны в те годы был обеспечен С.П.Королевым, его соратниками и многими талантливыми специалистами.

4. Большая часть выполненных для целевого использования ОС работ, связанных с разработкой научной аппаратуры и обслуживающих ее функционирование бортовых систем, созданием наземного сегмента для обеспечения целевых операций и технологии использования результатов и т.д., может быть применена для космических систем на базе автоматических КА.

## Литература

1. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.Королева. Королёв: РКК «Энергия», 1996. – 670 с.
2. *Беляев М.Ю.* От ракеты Р-7 и первого полета человека в космос до постоянной пилотируемой орбитальной станции // Гироскопия и навигация. 2021. Т. 29. № 3 (114).
3. Проблемы и задачи повышения эффективности программ исследований на космических кораблях и орбитальных станциях / Научно-техническое издание «Ракетно-космическая техника». Сборник статей под редакцией В.П.Легостаева, М.Ю.Беляева. 2021. Серия XII. Вып. 1-2. РКК «Энергия» им. С.П.Королева, Королёв. - 205 с.
4. *Беляев М.Ю.* Научные эксперименты на космических кораблях и орбитальных станциях / Машиностроение, 1984. - 264 с.
5. *Легостаев В.П., Марков А.В., Сорокин И.В.* Целевое использование Российского сегмента МКС: значимые научные результаты и перспективы // Космическая техника и технологии. 2013. № 2. - С. 3-18.
6. *Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.* Оптимизация программы экспериментов при оперативном планировании исследований, выполняемых с КА // Космические исследования. 1987. № 1. - С. 30-36.



7. *Ryumin V.V., Belyaev M.Yu.* Problems of control arised during the implementation of scientific research program onboard the multipurpose orbital station // *Acta Astronautica*. – 1987. - Vol. 15. September. - P. 739-746.
8. *Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.* Оптимизация планирования экспериментов, выполняемых на орбитальных станциях // *Космические исследования*. 2007. Т. 45. Вып. 3. - С. 236-243.
9. *Беляев М.Ю., Легостаев В.П., Рулев Д.Н.* Экономия энергетических затрат при планировании последовательности наблюдения с космического аппарата астрономических объектов // *Журнал «Известия РАН. Энергетика»*. 2013. N 1. - С. 15-23.
10. *Беляев М.Ю., Боровихин П.А., Ветошкин А.М., Караваяев Д.Ю., Рассказов И.В.* Наведение научной аппаратуры международной космической станции на исследуемые объекты // *Космические исследования*. 2022. Т. 60. N 1. - С. 80–89.
11. *Микрин Е.А., Беляев М.Ю.* Пилотируемая космонавтика-основа для развития ракетно-космической техники // В сборнике: *Труды LV чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского Секция «Проблемы ракетной и космической техники»*. Отв. ред. В.А. Алтунин, В.В. Балашов. 2017. - С. 5-15.
12. *Matveeva T.V., Belyaev M.Yu., Tsvetkov V.V.* Challenges and Perspectives of Transport Cargo Vehicles Utilization for Performing Research in Free Flight. *Acta Astronautica*. 94 (2014). - P. 139-144.
13. *Беляев М.Ю., Карасев Д.В., Матвеева Т.В., Рулев Д.Н.* Грузовые корабли «Прогресс» в программах орбитальных станций // *Космическая техника и технологии*. 2018. N 1 (20). - С. 85-101.
14. *Марков А.В., Матвеева Т.В., Муртазин Р.Ф., Смирнов А.В., Соловьев В.А., Сорокин И.В., Чурило И.В., Хамиц И.И.* Технология запуска микроспутников с использованием транспортных грузовых кораблей типа «Прогресс-М» // *Космическая техника и технологии*. 2015. N 1(8). - С. 42–52.
15. *Беляев М.Ю.* Способ зондирования верхней атмосферы. Патент на изобретение №2655645 от 29.05.2018. Заявка на изобретение №2016148759 от 12.12.2016.
16. *Беляев М.Ю., Матвеева Т.В.* Способ определения тензора инерции космического аппарата в полете. Патент на изобретение №2487764 по заявке №2014129427 от 18.07.2014.
17. *Беляев М.Ю., Воронин Ф.А., Харчиков М.А.* Контроль перемещения животных на Земле с помощью научной аппаратуры, установленной на российском сегменте Международной космической станции // *Журнал «Лесной вестник»*. 2019. Т. 23. N 4. - С.49-56.
18. *Беляев М.Ю., Рулев Д.Н., Сазонов В.В., Черноятов А.Н., Феккерспергер С, Пэффген В.* Определение движения орбитальной станции «Мир» по данным измерений GPS // *Космические исследования*. 1999. Т. 37. N 3. - С. 276-282.
19. *Belyaev M.Yu., Rulev D.N., Matveeva T.V., Sazonov V.V., Föckersperger S., Frank H., Päßgen W.* Experience of investigations performed with the help of navigation system aboard the research Priroda module on the Mir Space station // 9<sup>th</sup> Saint Petersburg international conference on integrated navigation systems. 27-29 May, 2002. Russia, st.Petersburg. - P.105-110.
20. *Микрин Е.А., Михайлов М.В.* Навигация космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2017. – 345 с.
21. *Беляев М.Ю.* Научная аппаратура и методы изучения Земли в космическом эксперименте «Ураган» на Международной космической станции // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18. N 3. - С. 92-107.
22. *Беляев М.Ю., Волков О.Н., Соломина О.Н., Тертицкий Г.М.* Исследование миграций животных с помощью научной аппаратуры «Икарус» в космическом эксперименте «Ураган» в РС МКС // *Гироскопия и навигация*. 2022. Т. 30. N 3 (118). - С. 3-19.
23. *Беляев М.Ю., Рулев Д.Н.* Способ мониторинга с орбитального космического аппарата движения объекта преимущественно смещающихся природных масс ледника и оползня // Патент на изобретение 2764148 С1, 13.01.2022. Заявка № 2020134157 от 19.10.2020.
24. *Беляев М.Ю., Зыков С.Г., Манжелей А.И., Рулев Д.Н., Стажков В.М., Тесленко В.П.* Математическое обеспечение автоматизированного планирования исследований на орбитальном комплексе «Мир» // *Космические исследования*. 1989. Т. 27. Вып. 1. - С. 126-134.
25. *Беляев М.Ю.* Технологии и методы проведения космических экспериментов на орбитальных станциях. От станций «Салют» до МКС // *Труды LV чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Материалы докладов LV Научных чтений. Сер. «Проблемы ракетной и космической техники»*. Казань. 2021. - С. 1.
26. *Sevastianov N.N., Branets V.N., Belyaev M.Yu., Zavalishin D.A., Platonov V.N., Banit Yu.R., Sazonov V.V.* Analysis of possibilities of the Jamal-200 control using motion mathematical model // 14th Saint Petersburg international conference of integrated navigation systems, 28-30 May 2007, Saint Petersburg, Russia. –P. 196-203.
27. *Севастьянов Н.Н., Таюрский Г.И., Банит Ю.Р., Тюрин М.Л., Беляев М.Ю.* Управление ориентацией космических аппаратов «Ямал-200» по прогнозу изменения кинетического момента // *Труды 46 Чтений К.Э.Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники»*. Калуга. 2011 (13-15 сентября). Казань: Центр Оперативной Печати. - 2012. - С.79-89.
28. *Беляев М.Ю., Легостаев В.П., Пантелеймонов В.Н., Фирсов М.И.* Использование технологии математического моделирования и обеспечения баланса электроэнергии на орбитальных станциях для

решения задач прогноза потребления электроэнергии в территориальных образованиях // Журнал «Известия РАН. Энергетика». 2012. N 2. - С. 3-9.