

Инновационные направления в развитии и эксплуатации наземной космической инфраструктуры технических комплексов космодромов

© А.А. Александров¹, И.В. Бармин^{1,2}, О.Е. Денисов^{1,2}, В.В. Чугунков¹

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

²ФГУП «ЦЭНКИ», Москва, 107996, Россия

Рассмотрены основные инновационные направления в развитии и эксплуатации наземной космической инфраструктуры технических комплексов космодромов. Отмечена перспективность применения универсальных технических решений, позволяющих существенно повысить эффективность деятельности по созданию и эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодромов на современном этапе. Описаны основные подходы и достоинства применения компактной схемы расположения сооружений технического комплекса, объединенных трансбордерной галереей, с размещением заправочно-нейтрализационной станции в сооружении, примыкающем к монтажно-испытательному корпусу космических объектов, а также применения технологий подготовки, транспортировки и заправки космических объектов компонентами ракетного топлива с использованием транспортно-заправочных контейнеров. Приведены результаты применения инновационных подходов при создании и эксплуатации инфраструктуры технических комплексов на космодроме Восточный и в Гвианском космическом центре.

Ключевые слова: космодром, наземная космическая инфраструктура, технический комплекс, монтажно-испытательный корпус, заправочно-нейтрализационная станция, транспортно-заправочный контейнер

Введение. Новейшая история отечественной ракетно-космической техники включает в себя создание и модернизацию наземной космической инфраструктуры (НКИ) на космодромах Байконур, Плесецк, Восточный, а также в зарубежных космических центрах «Куру» и «Наро», проводимых с участием отечественных предприятий [1–3]. Прежде всего это связано с разработкой и модернизацией НКИ для ракет космического назначения (РКН) «Союз», «Ангара», а также перспективной РКН сверхтяжелого класса, для которой будут созданы объекты НКИ на строящемся космодроме Восточный для реализации перспективных космических программ [4–6].

Работы по созданию и эксплуатации объектов НКИ космодромов относятся к одному из главных направлений в области дальнейшего развития и совершенствования космической деятельности России. Вместе с тем создание, развитие и эксплуатация объектов НКИ космодромов связаны со значительными временными и материальными затратами [7, 8]. В условиях ограниченного финансирования разработка и внедрение инновационных технических решений, позволяющих существенно повысить эффективность работ по созданию но-

вых и обеспечению технического состояния существующих технических и стартовых комплексов космодромов является актуальной задачей [9].

В настоящей статье рассмотрены некоторые направления, позволяющие обеспечить инновационные подходы в создании и эксплуатации объектов НКИ технических комплексов космодромов.

Один из основополагающих принципов развития и эксплуатации НКИ космодромов заключается в применении универсальных технических решений [10, 11], позволяющих использовать основной набор наземного технологического оборудования для подготовки и пуска РКН различного класса по грузоподъемности и наименованию. Универсальность прежде всего закладывается при проектировании НКИ на строящемся космодроме Восточный, а также при разработке и модернизации НКИ на действующих космодромах Плесецк и Байконур.

Особенности развития и эксплуатации НКИ технических комплексов космодромов. Традиционная система подготовки изделий ракетно-космической техники на техническом комплексе (ТК) космодрома предполагает выполнение технологических операций по испытаниям и подготовке РКН и ее составных элементов в зданиях и сооружениях, которые территориально удалены друг от друга: их располагают на расстоянии от нескольких сотен метров до десятков километров. Особенно удаленно располагается заправочно-нейтрализационная станция (ЗНС), где осуществляется заправка топливных баков разгонных блоков (РБ) и космических аппаратов (КА) компонентами ракетного топлива (КРТ) и сжатыми газами [12]. При такой системе для перемещения элементов РКН между зданиями, сооружениями и отдельными площадками ТК должны быть предусмотрены разветвленные сети железных и шоссейных дорог, специальные транспортные средства, оборудованные под перевозку определенных типов РБ и КА, с системами обеспечения температурных режимов транспортируемых элементов РКН, обеспечиваться условия поддержания высокой чистоты воздушной среды при работах с РБ, КА и РКН в сооружениях монтажно-испытательных корпусов (МИК) с учетом заезда в них транспортных средств, являющихся мощными источниками загрязнений воздушной среды в МИК.

С учетом приведенных требований, а также для снижения временных и финансовых затрат на транспортные перевозки и строительство объектов НКИ космодрома Восточный, ОАО «Ипромашпром» предложен и разработан проект унифицированного технического комплекса (УТК). Реализация данного проекта с участием ряда предприятий Спецстроя России, Госкорпорации «Роскосмос» и организаций, специализирующихся в области обеспечения зданий и сооружений инженерно-техническим оборудованием, позволила осуществить принципиально новую схему УТК и подготовки на нем РКН и их элементов

на базе инновационных технических решений при создании объектов НКИ.

Структура и особенности построения УТК. Первая очередь УТК, введенная в эксплуатацию для подготовки РКН «Союз-2», представляет собой совокупность компактно расположенных технологических объектов (рис. 1).

В состав УТК входят следующие сооружения: тепловой тамбур 1, предназначенный для выгрузки из транспортных средств составных элементов РКН, доставляемых с заводов-изготовителей; склад составных элементов РКН 2; трансбордерная галерея (ТБГ) 3, предназначенная для перемещения составных элементов РКН и технологического оборудования из склада 2 в прилегающие помещения; МИК РН (РКН) 4; МИК КА, РБ и космической головной части (КГЧ) 5, в которых

проводятся сборочно-монтажные работы и испытания как с элементами, так и полностью собранной РКН; ЗНС 6, в которой осуществляется заправка КА и РБ КРТ и сжатыми газами; холодильная станция 7; энергоблок 8, а также другие сооружения вспомогательных технических систем и оборудования.

Наличие в составе УТК склада элементов РКН с тепловым тамбуром и зоной мойки и отстоя вагонов позволило исключить хранение элементов РКН на площадях в МИК РН и МИК КА и въезда в них вагонов и, следовательно, упростить условия достижения требуемой чистоты помещений при сборке и испытаниях элементов РН, КА и РБ. По усовершенствованной технологии ракетные блоки и КА выгружают и складывают в отапливаемых помещениях и через ТБГ доставляют в МИК РН и МИК КА и РБ.

Основные характеристики и преимущества применения ТБГ. ТБГ является многофункциональным и принципиально новым объектом в составе сооружений ТК и ранее на космодромах не использовалась. ТБГ — это здание промышленного типа, в котором по всей длине сооружения уложены два рельсовых пути, предназначенных для движения двух электромеханических транспортных агрегатов —

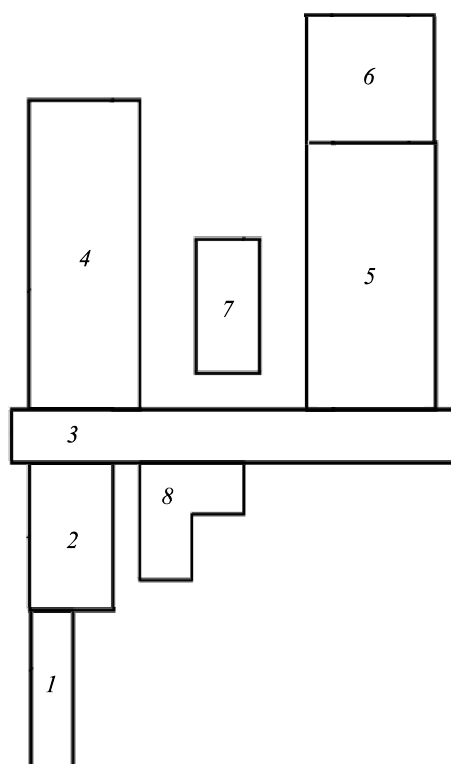


Рис. 1. Схема унифицированного технического комплекса на космодроме Восточный

трансбордеров (ТБ) с грузоподъемностью до 100 тс каждый. ТБ представляет собой ферменную конструкцию размером в плане 6×28 м с четырьмя двойными тележками, перемещающимися по рельсам. Максимальная суммарная масса такой конструкции может достигать 200 т. Разработка, монтаж и ввод в эксплуатацию ТБ выполнены филиалом ФГУП «ЦЭНКИ» КБ «Мотор», расчетно-техническое обоснование их несущих конструкций (рис. 2) проведено специалистами МГТУ им. Н.Э. Баумана [13]. Для доставки элементов РКН из прилегающих к ТБГ помещений на грузовую раму ТБ предусмотрены рельсовые пути с выходом из этих помещений в ТБГ. Стыковка рельсового пути ТБ с рельсами прилегающих помещений осуществляется с помощью специального доводчика.

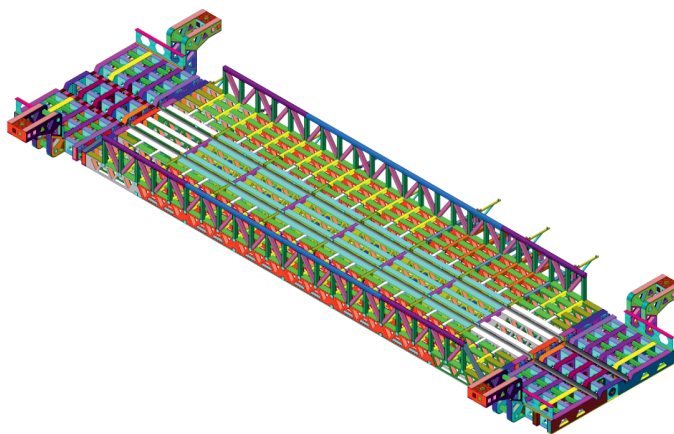


Рис. 2. Вариант объемной модели несущей конструкции трансбордера

Трансбордерная галерея оборудована системами отопления и приточно-вытяжной вентиляции. От прилегающих помещений она отделена стенами повышенной огнестойкости и герметичными огнестойкими воротами. С двух сторон по всей длине ТБГ предусмотрены проходные площадки для прохода обслуживающего персонала и проезда электрифицированного транспорта. Под проходными площадками проложены сети инженерных систем во все сооружения УТК.

Применение ТБГ в составе УТК обеспечивает компактность размещения основных его сооружений с сокращением протяженности железнодорожных путей и автодорог. Наличие ТБГ позволяет исключить влияние окружающей среды при перемещении элементов РКН и обслуживающего персонала между отдельными помещениями УТК, устраняет необходимость создания специальных транспортных средств для внутрикосмодромных перевозок определенных типов РБ и КА с системами обеспечения температурных режимов транспортируемых элементов РКН, а также обеспечивает возможность создания

инженерных коммуникаций систем отопления, холодоснабжения и газоснабжения с минимальной протяженностью и доступностью для их круглогодичного обслуживания.

Использование ТБ, в котором применяется метод бескрановой перегрузки элементов РКН, позволяет сократить общее число и время проведения транспортно-перегрузочных операций, повысить их безопасность, уменьшить количество комплектов подъемно-перегрузочного оборудования для элементов РКН в составе технологического оборудования ТК.

Особенности построения и организации работ на ЗНС. Размещение в составе УТК ЗНС в непосредственной близости с МИК КА, РБ и КГЧ позволяет существенно сократить общее время, затрачиваемое на выполнение заправочных операций КА и РБ КРТ и сжатыми газами без транспортировки их по открытому пространству космодрома. Внутри МИК собирают КА и РБ, комплектуют их необходимым оборудованием, подвергают различным испытаниям, после чего отправляют в ЗНС на заправку КРТ и сжатыми газами. Далее уже заправленная КРТ и сжатыми газами КГЧ перемещается в МИК РН.

Заправляемые в топливные баки КА и большинства РБ КРТ являются токсичными. Поэтому вопросам безопасности [14–16] при сооружении ЗНС и района ее позиционирования уделено особое внимание: предусмотрены организационные меры безопасности и герметичные тамбур-шлюзы для отделения рабочих зон, в которых установлены автоматические системы газового анализа и сигнализации. В зонах заправки ЗНС, а также в зале сборки МИК РН в зонах производства работ с заправленными КА и РБ для предотвращения выброса вредных веществ в атмосферу установлена система аварийной вентиляции со специальными нейтрализующими фильтрами-поглотителями КРТ. Она включается в автоматическом режиме по сигналу от датчиков системы газового анализа.

Для заправки баков большинства РБ и КА требуется подготовка КРТ по содержанию растворенных газов. В общем случае такая подготовка предусматривает выполнение следующих операций: дегазирование КРТ; замещение одного газа в КРТ другим (например, азот замещается гелием); насыщение КРТ газом до требуемой концентрации. Данные операции проводятся при открытом дренаже с выбросом значительного количества агрессивных и токсичных паров. Ранее на ЗНС отечественных космодромов подобные выбросы направлялись в специальные агрегаты или системы нейтрализации [17]. Нейтрализация токсичных выбросов может проводиться с использованием специальных фильтров-поглотителей с адсорбирующей шихтой, которые впоследствии должны утилизироваться на специализированном предприятии.

Инновационные технологии подготовки, транспортировки и заправки КРТ в топливные баки КА и РБ. Учитывая повышенные требования по охране окружающей среды на строящемся российском космодроме Восточный, а также зарубежном космодроме «Куру», расположенном в Гвианском космическом центре Европейского космического агентства, специалистами ФГУП «ЦЭНКИ» и его филиала Конструкторского бюро транспортно-химического машиностроения (КБТХМ) разработана особая технология подготовки и транспортировки высококипящих КРТ, насыщенных гелием, для последующей заправки РБ и КА на этих космодромах, которая состоит в следующем. На специализированном предприятии, входящем в состав ФГУП «ЦЭНКИ», проводится подготовка КРТ в специальных технологических емкостях. Эта операция включает в себя температурную подготовку КРТ и их насыщение гелием до требуемой концентрации при данной температуре. Далее подготовленные КРТ из технологических емкостей методом вытеснения перемещаются в транспортно-заправочные контейнеры (ТЗК), обладающие функциями контейнероцистерн [18] с мультимодульным принципом транспортировки и функциями транспортно-заправочных агрегатов.

В состав ТЗК входят каркас с закрепленной в нем емкостью требуемого объема (рис. 3).

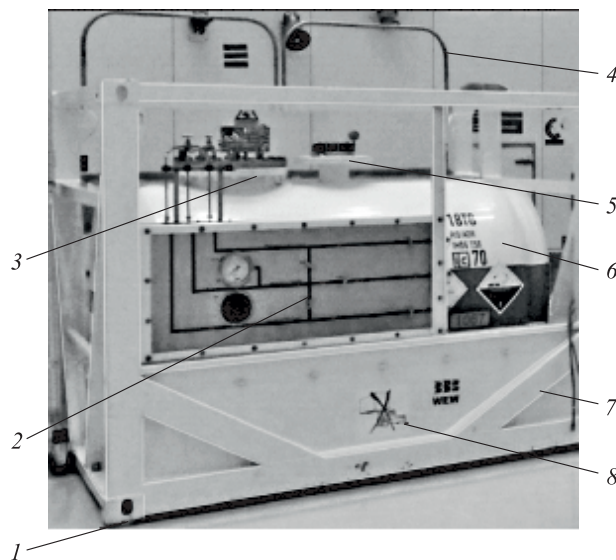


Рис. 3. Вариант транспортно-заправочного контейнера, применяемого для заправки КА и РБ КРТ:

1 — фитинги; 2 — магистрали с вентилями (показаны на мнемосхеме); 3 — люк-лаз; 4 — поручни; 5 — горловина; 6 — емкость; 7 — рама каркаса; 8 — поддон

Наличие каркаса позволяет упростить операции перегрузки и транспортировки ТЗК на космодромы различными видами транспорта (железнодорожным, автодорожным и морским) и обеспечить выполнение заправочно-сливных операций, выполняемых с РБ и КА. В процессе транспортировки ТЗК в газовой подушке его емкости устанавливается давление, соответствующее давлению насыщенного пара КРТ при текущей температуре наружного воздуха. Поэтому перед выполнением заправочных операций осуществляется термостабилизация ТЗК с КРТ за счет выдержки в кондиционируемом помещении ЗНС, после чего ТЗК устанавливают в технологическую заправочную систему для проведения заправки РБ или КА (рис. 4).

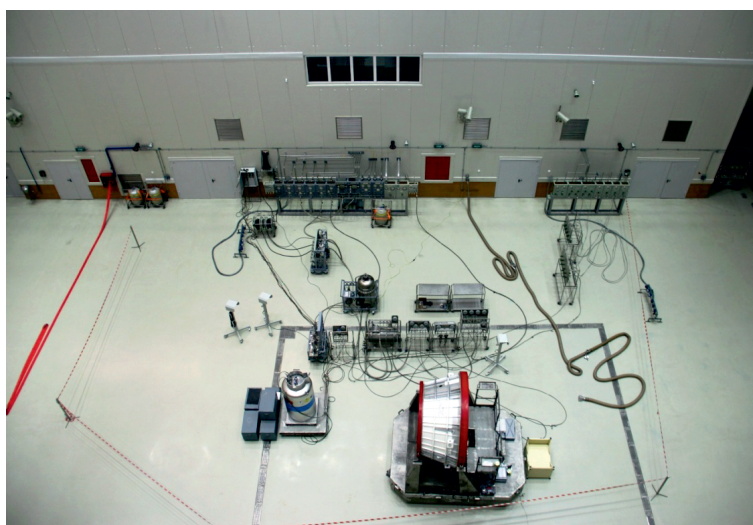


Рис. 4. Зал заправочно-нейтрализационной станции с комплектом оборудования для заправки космических объектов компонентами ракетного топлива

В процессе заправки продукты дренажа направляются в емкость ТЗК, в которую также осуществляется сбор продуктов слива КРТ. После окончания заправочных операций ТЗК возвращают на специализированное предприятие для утилизации содержимого емкости и для заполнения ее подготовленным КРТ для транспортировки и проведения следующих заправочных операций.

Разработанная технология позволяет организовать процессы транспортировки КРТ и заправки КА и РБ без выбросов в атмосферу космодрома вредных веществ с минимальным количеством паров КРТ и продуктов слива, подвергаемых утилизации.

Предложенная организация перевозок КРТ имеет ряд преимуществ. Так, вследствие универсальности ТЗК с КРТ можно транспортировать как по железной дороге, так и грузовым автомобильным и морским транспортом. При смешанных перевозках и переходе на

другую колею упрощается проведение подъемно-перегрузочных операций. Благодаря созданию ТЗК с широкой номенклатурой по объему имеются возможности доставки требуемого количества подготовленных по газосодержанию КРТ на любые космодромы. При этом проведение операций по подготовке КРТ сосредоточено на одной территории специализированного предприятия, оборудованного средствами нейтрализации токсичных выбросов.

Применение ТЗК позволяет упростить процессы высокоточного дозирования КРТ в топливные баки КА и РБ при выполнении заправочных операций с использованием метода многопорционного весового дозирования, основанного на применении тензометрических платформ и быстродействующего вычислительно-информационного оборудования [19, 20].

Заключение. Вопросы развития и эксплуатации НКИ космодромов являются важной составляющей дальнейшего развития и совершенствования космической деятельности России. Анализ инновационных направлений решения данных вопросов показал перспективность применения универсальных технических решений, позволяющих существенно повысить эффективность создания и эксплуатации объектов НКИ космодромов на современном этапе. К подобным решениям при создании и эксплуатации ТК космодромов относятся применение компактной схемы расположения сооружений ТК, объединенных ТБГ, с размещением ЗНС в сооружении, примыкающем к МИКу космических объектов, а также применение технологий подготовки, транспортировки и заправки космических объектов КРТ с использованием ТЗК.

Реализация компактной схемы расположения сооружений ТК позволяет сократить протяженность железнодорожных путей и автодорог, исключить влияние окружающей среды при перемещении элементов РКН между сооружениями ТК, уменьшить протяженность инженерных коммуникаций с возможностью их круглогодичного обслуживания, сократить общее количество и время проведения транспортно-перегрузочных операций на объектах ТК и повысить их безопасность.

Размещение ЗНС в непосредственной близости с МИК космических объектов обуславливает существенное сокращение общего времени, затрачиваемого на выполнение заправочных операций КА и РБ КРТ и сжатыми газами без транспортировки их по открытому пространству космодрома. Использование ТЗК позволяет организовать процессы подготовки, транспортировки КРТ и заправки ими КА и РБ без выбросов в атмосферу космодрома вредных веществ, а также упростить процессы дозирования КРТ и повысить их точность.

Впервые в стране создан и внедрен в штатную эксплуатацию комплекс оборудования подготовки, транспортировки КРТ и заправ-

ки ими космических объектов на ТК космодромов с использованием специально разработанных ТЗК и контейнеров-цистерн, выполненных в полном соответствии с международными нормами и требованиями по обращению с опасными грузами.

Технологии подготовки, транспортировки и заправки космических объектов КРТ с использованием ТЗК являются базовыми для реализации программ международного сотрудничества России в космической области и перспективных проектов по созданию и модернизации НКИ технических комплексов на космодромах Байконур, Плесецк и Восточный.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бармин И.В., Неустроев В.Н., Токарев Ю.М., Рубцов Ю.В. Проблемы создания, модернизации и эксплуатации стартовых комплексов для РКП. *Полет. Общероссийский научно-технический журнал*, 2007, № 8, с. 28–35.
- [2] Баранов Д.А., Еленев В.Д., Смородин А.В. Принципы построения систем и объектов космического ракетного комплекса среднего класса повышенной грузоподъемности. *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета)*, 2012, № 2 (33), с. 25–34.
- [3] Исаев В.Г., Озерский М.Д. Состояние и перспективы развития отечественной системы средств выведения космических аппаратов. *Информационно-технологический вестник*, 2014, т. 2, № 2, с. 54–62.
- [4] Бармин И.В., Зверев В.А., Украинский А.Ю., Чугунков В.В., Языков А.В. Обоснование некоторых основных характеристик стартового оборудования космодромов XXI века. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 3. URL: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2013-3-630>
- [5] Зверев В.А., Ульяновков А.В., Языков А.В. Расчетный анализ несущих элементов агрегатов стартового комплекса для ракеты космического назначения «Союз-2.1в». *Наука и образование. Электронное научно-техническое издание*, 2014, № 9. URL: <http://dx.doi.org/10.7463/0914.0725828>
- [6] Зверев В.А., Языков А.В. Опыт применения российского программного комплекса APM WinMachine для расчета местной прочности несущей конструкции кабель-заправочной мачты для РКН «Союз-2.1В». *Аэрокосмический научный журнал*, 2015, № 6. DOI: 10.7463/aersp.0615.0826641 URL: <http://aerospace.elpub.ru/jour/article/viewFile/30/22.pdf>
- [7] Перминов А.Н., Пеньков М.М., Птушкин А.И. Методика определения функций отклика на вложение средств в повышение качества функционирования объектов наземной космической инфраструктуры при их модернизации. *Космонавтика и ракетостроение*, 2006, № 2 (43), с. 82–90.
- [8] Птушкин А.И. Методика обоснования объема финансирования инновационного развития объектов наземной космической инфраструктуры. *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*, 2014, № 643, с. 141–149.
- [9] Александров А.А., Бармин И.В., Кунис И.Д., Чугунков В.В. Особенности создания и развития криогенных систем ракетно-космических стартовых комплексов «Союз». *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2016, № 2, с. 7–27.
- [10] Макаров А.А. Создание универсального комплекса стэнд-старт на космодроме Байконур для отработки ракет-носителей тяжелого класса с исполь-

- зованием водородного топлива. *Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология*, 2008, № 3, с. 24–28.
- [11] Кулешов А.В., Прокопчик Н.Г., Богомолов А.А., Абросимов Н.А. Методический подход к оценке технического уровня универсальных стартовых комплексов ракет космического назначения с использованием обобщенного показателя. *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета)*, 2010, № 2 (22), с. 198–204.
- [12] Денисов О.Е. Заправочные станции для заправки космических аппаратов и разгонных блоков. *История развития отечественной наземной ракетно-космической инфраструктуры*. Москва, Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2017, с. 283–286.
- [13] Буланов С.В., Драгун Д.К., Ломакин В.В., Зверев В.А. Технические рекомендации для проектирования конструкции трансбордера технического комплекса космодрома Восточный. *Актуальные проблемы российской космонавтики. Труды XXXVII академических чтений по космонавтике*. Москва, Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, 2013, с. 380–381.
- [14] Бармин И.В., Неустроев В.Н. Проблемные вопросы регулирования безопасности ракетно-космических стартовых комплексов. *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*, 2008, № 2, с. 41–52.
- [15] Исаков Ш.Ш., Ковалев Ф.Е., Косенков Р.Э., Мохнаткин А.П. Проблемы оценивания надежности и безопасности эксплуатируемых сооружений наземной космической инфраструктуры и идентификации их технических состояний. *Известия Петербургского университета путей сообщения*, 2016, т. 13, № 4 (49), с. 592–599.
- [16] Денисов О.Е. Средства нейтрализации паров и промстоков компонентов ракетного топлива в наземной инфраструктуре ракетной техники. *История развития отечественной наземной ракетно-космической инфраструктуры*. Москва, Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2017, с. 383–388.
- [17] Алехнович А.В., Гребенюк А.Н., Круглов А.А., Чистяков С.В., Чушняков С.П. Санитарно-гигиеническая характеристика района позиционирования предприятия по утилизации ракетной техники. *Гигиена и санитария*, 2017, т. 96, № 7, с. 607–610.
- [18] Черемных О.Я. Перспектива развития транспортных средств для сжиженного природного газа. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2018, вып. 1. URL: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-1-1722>
- [19] Бантыш И.В., Денисов О.Е., Дмитриев Ю.А., Лебедев А.Г., Назаров В.М., Шульга В.М. Компарирование как метод заправки космических аппаратов малыми дозами компонентов топлива. *Приборы*, 2015, № 1, с. 20–25.
- [20] Борисов В.Г., Шульга В.М., Лебедев А.Г., Денисов О.Е., Сова А.Н. Результаты разработки и внедрения метода многопорционного весового дозирования для заправки баков разгонных блоков «Фрегат» в Гвианском космическом центре. *Измерительная техника*, 2017, № 6, с. 33–37.

Статья поступила в редакцию 20.03.2018

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Александров А.А., Бармин И.В., Денисов О.Е., Чугунков В.В. Инновационные направления в развитии и эксплуатации наземной космической инфраструктуры технических комплексов космодромов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2018, вып. 5. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-5-1765>

Александров Анатолий Александрович — д-р техн. наук, ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана, профессор кафедры «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 100 научных работ в области обеспечения безопасности, организации хранения и транспортирования углеводородного топлива.

Бармин Игорь Владимирович — д-р техн. наук, член-корр. РАН, профессор, заведующий кафедрой «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, советник по науке генерального директора ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры». Автор более 300 научных работ в области ракетно-космической техники. e-mail: kafsm8@bmstu.ru

Денисов Олег Евгеньевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, научный консультант ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры». Автор более 100 научных работ в области заправочного оборудования ракетно-космической техники. e-mail: kafsm8@bmstu.ru

Чугунков Владимир Васильевич — д-р техн. наук, профессор кафедры «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 140 научных работ в области наземного оборудования ракетно-космической техники. e-mail: kafsm8@bmstu.ru

Innovative trends in the development and operation of space ground-based infrastructure at technical areas of cosmodromes

© A.A. Aleksandrov¹, I.V. Barmin^{1,2}, O.E. Denisov^{1,2}, V.V. Chugunkov¹

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

²Centre for operation of space ground based infrastructure, Moscow, 107996, Russia

The article discusses the main innovative trends in the development and operation of ground-based space infrastructure at cosmodrome technical area. The prospects of universal technical solution application allowing significantly increasing the efficiency of activity on creation and operation of ground space infrastructure objects of cosmodromes at the present stage are specified. The main approaches and advantages of the application of the compact layout of the facilities at the technical area, associated by the transborder gallery are described. In this layout filling and neutralization station is situated in the building, adjacent to the assembly and testing facility for space objects. The advantages of applying technologies for preparation, transportation and refueling space objects with rocket fuel components using transport and refueling containers are also considered. The results of innovative approach application to the creation and operation of the infrastructure of technical areas at the Vostochny cosmodrome and at the Guiana space center are presented.

Keywords: *cosmodrome, ground-based space infrastructure, technical area, the assembly and testing facility, filling and neutralization station, transport and refueling container*

REFERENCES

- [1] Barmin I.V., Neustroev V.N., Tokarev Yu.M., Rubtsov Yu.V. *Polet — Flight*, 2007, no. 8, pp. 28–35.
- [2] Baranov D.A., Elenev V.D., Smorodin A.V. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta — Vestnik of the Samara State Aerospace University*, 2012, no. 2 (33), pp. 25–34.
- [3] Isaev V.G., Ozersky M.D. *Informatsionno-tehnologicheskii vestnik — Information Technology Bulletin*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 54–62.
- [4] Barmin I.V., Zverev V.A., Ukrainsky A.Yu., Chugunkov V.V., Yazykov A.V. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2013, iss. 3. Available at: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2013-3-630>
- [5] Zverev V.A., Ulyanekov A.V., Yazykov A.V. *Nauka i obrazovanie: elektronnyy nauchno-tehnicheskii zhurnal — Science and Education: Electronic Scientific and technical Journal*, 2014, no. 9. Available at: <http://dx.doi.org/10.7463/0914.0725828>
- [6] Zverev V.A., Yazykov A.V. *Aerokosmicheskii nauchnyy zhurnal — Aerospace scientific journal*, 2015, no. 6. DOI:10.7463/aersp.0615.0826641 <http://aerospace.elpub.ru/jour/article/viewFile/30/22.pdf>
- [7] Perminov A.N., Penkov M.M., Ptushkin A.I. *Kosmonavtika i raketostroenie — Cosmonautics and Rocket Engineering* 2006, no. 2 (43), pp. 82–90.
- [8] Ptushkin A.I. *Trudy Voенno-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhayskogo — Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, 2014, no. 643, pp. 141–149.

- [9] Aleksandrov A.A., Barmin I.V., Kunis I.D., Chugunkov V.V., *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroyeniye — Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series: Mechanical Engineering*, 2016, no. 2, pp. 7–27.
- [10] Makarov A.A. *Alternativnaya energetika i ekologiya — Alternative Energy and Ecology*, 2008, no. 3, pp. 24–28.
- [11] Kuleshov A.V., Prokopchik N.G., Bogomolov A.A., Abrosimov N.A. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta — Vestnik of the Samara State Aerospace University*, 2010, no. 2 (22), pp. 198–204.
- [12] Denisov O.E. Zapravochnye stantsii dlya zapravki kosclicheskih apparatov i razgonnykh blokov [Filling stations for refueling spacecrafts and upper stages]. In: *Istoriya razvitiya otechestvennoy nazemnoy raketno-kosmicheskoy infrastruktury* [The History of the development of domestic ground-based rocket and space infrastructure]. Moscow, Stolichnaya entsiklopediya Publ., 2017, pp. 283–286.
- [13] Bulanov S.V., Dragun D.K., Lomakin V.V., Zverev V.A. Tekhnicheskie rekomendatsii dlya proektirovaniya konstruksii transbordera tekhnicheskogo kompleksa kosmodroma Vostochnyy [Technical recommendations for the design of the transborder structure of the technical area at the cosmodrome “Vostochnyy”]. In: *Aktualnye problemy rossiyskoy kosmonavtiki. Trudy XXXVII akademicheskikh chteniy po kosmonavtike* [Proceedings of XXXVII academic readings on cosmonautics. Current problems of Russian space exploration]. Moscow, Komissiya RAN po razrabotke hauchnogo naslediya pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva Publ., 2013, pp. 380–381.
- [14] Barmin I.V., Neustroev V.N. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy* [Safety issues and emergency situations], 2008, no. 2, pp. 41–52.
- [15] Iskhakov Sh.Sh., Kovalev F.E., Kosenkov R.E. Mokhnatkin A.P. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [News of St. Petersburg University of Rail Transportation], 2016, vol. 13, no. 4 (49), pp. 592–599.
- [16] Denisov O.E. Sredstva neytralizatsii parov i promstokov komponentov raketnogo topliva v nazemnoy infrastruktury raketnoy tekhniki [Means of neutralization of vapors and industrial flow of rocket fuel waste components in ground infrastructure of rocket technology]. In: *Istoriya razvitiya otechestvennoy nazemnoy raketno-kosmicheskoy infrastruktury* [The History of the development of domestic ground-based rocket and space infrastructure]. Moscow, Stolichnaya entsiklopediya Publ., 2017, pp. 383–388 (in Russ.).
- [17] Alekhovich A.V., Grebenuk A.N. Kruglov A.A., Chistyakov S.V. Chushnyakov S.P. *Gigiena i sanitariya — Hygiene and sanitation*, 2017, vol. 96, no. 7, pp. 607–610.
- [18] Cheremnykh O.Y. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2018, iss. 1. Available at: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-1-1722>
- [19] Bantish I.V., Denisov O.E., Dmitriev Y.A., Lebedev A.G., Nazarov V.M., Shulga V.M. *Pribory — Journal of Instrumentation*, 2015, no. 1, pp. 20–25.
- [20] Borisov V.G., Shulga V.M., Lebedev A.G., Denisov O.E., Sova A.N. *Izmeritel'naya tekhnika — Measurement Techniques*, 2017, no. 6, pp. 33–37.

Aleksandrov A.A., Dr. Sc. (Eng.), Rector, Bauman Moscow State Technical University, Professor, Department of Launching Rocket Complexes, author of over 100 research publications in the field of safety, storage organization and transportation of hydrocarbon propellant.

Barmin I.V., Dr. Sc. (Eng.), Corresponding Member, RAS, Head of the Department of Launching Rocket Complexes, Bauman Moscow State Technical University, Advisor for Science to the Director General, Centre for operation of space ground based infrastructure. Author of over 300 research publications in the field of rocket and space technology. e-mail: kafsm8@bmstu.ru

Denisov O.E., Professor, Department of Launching Rocket Complexes, Bauman Moscow State Technical University, academic adviser, Center for operation of ground space infrastructure. Author of over 100 research publications in the field of filling equipment of rocket and space technology. e-mail: kafsm8@bmstu.ru

Chugunkov V.V., Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Launching Rocket Complexes, Bauman Moscow State Technical University. Author of 140 research publications in the field of ground-based equipment of rocket and space technology. e-mail: kafsm8@bmstu.ru