

УДК 629.7.08

doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-96-107

# Перспективная автоматизированная система обеспечения надежной и безопасной эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодрома «Восточный»: структура и решаемые задачи

М.И. Макаров<sup>1</sup>, Д.Г. Денискин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Научно-исследовательский институт космических систем им. А.А. Максимова» — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

<sup>2</sup> АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

## A Promising Automated System for Ensuring Reliable and Safe Operation of Ground-Based Space Infrastructure Facilities of the Vostochny Cosmodrome: Structure and Tasks to Be Solved

M.I. Makarov<sup>1</sup>, D.G. Deniskin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A.A. Maksimov Research Institute of Space Systems

<sup>2</sup> Khrunichev State Research and Production Space Center

Изложены актуальность создания, назначение, состав, принципы построения и задачи, решаемые автоматизированной системой обеспечения надежной и безопасной эксплуатации (АСОНБЭ) объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ) космодрома «Восточный». НКИ — совокупность стартовых и технических комплексов, подземных и наземных сооружений для хранения компонентов ракетных топлив, заправочно-нейтрализационной станции, систем тепло-, водо- и энергоснабжения, объектов измерительного комплекса и связи. Описаны функциональные подсистемы АСОНБЭ комплексного мониторинга технического состояния объектов ракетно-космической техники (РКТ) и НКИ космодрома, поддержки принятия решений по управлению эксплуатацией РКТ, обеспечения безопасности пусков ракет космического назначения, анализа надежности, безопасности РКТ и НКИ космодрома, информации о результатах эксплуатации, техническом состоянии и надежности РКТ и НКИ космодрома, защиты информации и навигационно-информационная подсистема мониторинга транспортных средств, особо важных и опасных грузов космодрома. Оценен эффект от внедрения системы на космодроме «Восточный».

**Ключевые слова:** автоматизированная система, мониторинговые данные, наземная космическая инфраструктура, ракетно-космическая техника

The article discusses the relevance of creation the Vostochny cosmodrome automated system for ensuring reliable and safe operation of ground-based space infrastructure, outlines its purpose, composition, principles of construction and tasks solved by it. Ground-based space infrastructure is a set of launch and technical complexes, underground and ground structures for storing rocket fuel components, a filling and neutralization station, heat, water and power supply systems, measuring complex and communication facilities. The article

describes functional subsystems of the automated system for ensuring reliable and safe operation including a subsystem for integrated monitoring the technical condition of objects of rocket and space technology and the cosmodrome ground space infrastructure; a decision support subsystem for the control of rocket and space technology operation; a subsystem for ensuring the safety of space rocket launches; a subsystem for analyzing reliability, safety of rocket and space technology and cosmodrome ground space infrastructure; subsystem for providing information on the results of operation, technical condition and reliability of the rocket and space technology and cosmodrome ground-based space infrastructure, navigation and information subsystem for monitoring vehicles, especially important and dangerous cargoes of the cosmodrome; information protection subsystem. The effect of the system introduction at the Vostochny cosmodrome is assessed.

**Keywords:** automated system, monitoring information, ground space infrastructure, rocket and space technology

Согласно основным положениям государственной политики в области космической деятельности на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, одним из важнейших приоритетов является обеспечение гарантированного доступа в космос со своей территории. В реализации этого приоритета к числу ключевых работ относятся создание и ввод в эксплуатацию космодрома «Восточный».

Цель работы — на основе анализа эксплуатации космодромов «Байконур» и «Плесецк» выработать предложения по повышению надежности эксплуатации наземной космической инфраструктуры (НКИ) вновь создаваемого космодрома «Восточный».

Космодром «Восточный» как сложный организационно-технический комплекс (рис. 1) включает в себя важные и потенциально опас-

ные объекты НКИ: стартовые и технические комплексы с хранилищами и коммуникациями взрывоопасных жидкостей и газов, заправочно-нейтрализационные станции, кислородно-азотный завод, критические элементы конструкции объектов НКИ, объекты Ростехнадзора, транспортные средства (ТС), особо ответственные и опасные грузы, комплекс хранения компонентов ракетного топлива (КРТ) и др.

Эффективная и безопасная эксплуатация объектов НКИ космодрома «Восточный» во многом определяется степенью внедрения комплексной автоматизированной системы, обеспечивающей информационную поддержку деятельности руководства и персонала в управлении техническим состоянием, надежностью и безопасностью ракетно-космической техники (РКТ) и объектов НКИ.

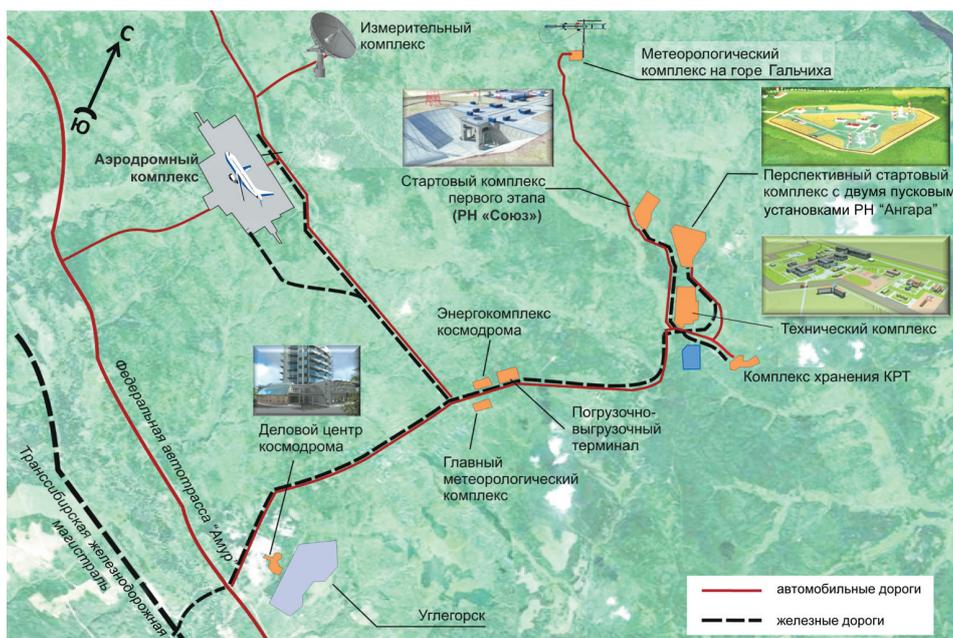


Рис. 1. Схема размещения объектов НКИ космодрома «Восточный»

В связи с этим предлагается создать автоматизированную систему обеспечения надежной и безопасной эксплуатации объектов (АСОНБЭ) НКИ космодрома «Восточный».

АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный» — информационная контрольно-измерительная система поддержки принятия решений, предназначенная для комплексного автоматизированного контроля параметров технического состояния объектов НКИ и РКТ, мониторинга выполняемых технологических процессов, оперативного анализа, оценки и прогноза развития возникающих критических ситуаций [1–4].

При строительстве космодромов «Байконур» и «Плесецк» использовались, как правило, разработки главных конструкторов отдельных образцов РКТ.

Данный подход со временем привел к возникновению таких негативных факторов, как:

- разнородность аппаратно-программных средств;
- неоптимальное расходование средств государственного бюджета на создание и поддержание системы эксплуатации для решения однотипных задач и подготовку персонала;
- отсутствие возможности использования программно-математического обеспечения при создании комплексов управления эксплуатацией другими ракетами космического назначения (РКН) и космическими аппаратами (КА);
- невозможность оперативной замены вышедших из строя технических средств;
- использование устаревших информационных технологий и технических решений;
- увеличение сроков создания аппаратно-программных средств управления системой эксплуатации техники.

В рамках создания АСОНБЭ требуется разработка инструментальных средств, обеспечивающих надежное и безопасное функционирование РКТ и объектов НКИ космодрома «Восточный» путем оперативной информационной поддержки принятия обоснованных решений в процессе их эксплуатации, своевременного предупреждения о возможных аварийных и чрезвычайных ситуациях.

К основным задачам, решаемым АСОНБЭ, относятся:

- автоматизированное измерение, накопление, обработка, анализ и передача в позиционном районе космодрома параметров технического состояния объектов РКТ и НКИ;

- автоматизированная информационная поддержка принятия решений по вопросам технического обслуживания и применения РКТ и НКИ;

- автоматизированная оценка и прогнозирование безопасности в позиционном районе космодрома в период подготовки и проведения пуска ракет;

- автоматизированный сбор, обработка, анализ и передача в пункты управления эксплуатацией и ситуационные центры формализованной информации о результатах эксплуатации, техническом состоянии и надежности РКТ и НКИ космодрома;

- автоматизированное формирование в соответствии с запросом и выдача в виде электронных и печатных документов первичной и обобщенной информации о надежности НКИ и РКТ космодрома;

- электронный документооборот с использованием локальных вычислительных сетей (ЛВС) по вопросам организации эксплуатации и применения НКИ и РКТ космодрома;

- контроль и управление подвижными ТС, особо важных и опасных грузов космодрома «Восточный».

Указанные задачи должны быть решены путем создания подсистем, приведенных на рис. 2.

**Подсистема комплексного мониторинга технического состояния объектов РКИ и НКИ космодрома** (далее ПМТ) предназначена для решения следующих задач:

- периодического измерения параметров технического состояния типовых элементов оборудования НКИ космодрома;

- передачи информации от приборов измерения параметров технического состояния типовых элементов оборудования НКИ на персональную электронную вычислительную машину, обработку и хранение этой информации;

- выявления отказов, дефектов и повреждений, имевших место при испытаниях, пуске и полете объектов РКТ;

- обработки и анализа результатов измерений, идентификации и прогнозирования предотказных и неработоспособных состояний типовых элементов оборудования НКИ;

- обеспечения контроля рисков эксплуатации потенциально опасных объектов РКТ и НКИ;

- анализа статистики отказов бортовых систем ракет-носителей (РН) и КА при подготовке к пуску РКН и его выполнению.



Рис. 2. Структура АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный»

Указанные задачи решают с помощью приборов неразрушающего контроля, приборно-программных диагностических комплексов, обеспечивающих первичную обработку данных, и аппаратно-программных комплексов оценки и прогнозирования технического состояния объектов РКТ и НКИ космодрома.

Область применения подсистемы обусловлена номенклатурой ее функций, реализуемых при испытаниях, пуске и полете объектов РКТ, функционировании оборудования НКИ, измерительного комплекса космодрома (ИКК) с целью оценки и контроля качества, надежности испытываемых РН, КА, оценки и контроля технического состояния и надежности оборудования НКИ, ИКК, контроля рисков эксплуатации потенциально опасных объектов.

**Подсистема поддержки принятия решений по управлению эксплуатацией РКТ** (далее ППР) предназначена для накопления знаний и предоставления данных для принятия решений, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию РКТ в процессе подготовки и пуска РКТ, при выполнении ремонта и доработок элементов РКТ.

Основными задачами этой подсистемы являются:

- планирование ремонтных работ, доработок и поставок материальных средств;

- контроль качества подготовки обслуживающего персонала;
- контроль экономических показателей эксплуатации РКТ и НКИ;
- поддержка принятия решений по вопросам подготовки и проведения пусков РКТ на стартовом и техническом комплексах.

Областью применения ППР являются работы по информационному обеспечению формирования управленческих решений по поддержанию требуемого уровня технического состояния, надежности и безопасности НКИ и РКТ на всех этапах эксплуатации.

**Подсистема обеспечения безопасности пусков ракет космического назначения** (далее ПОВПР) предназначена для повышения безопасности пусков РКТ на космодроме путем автоматизации процессов оценки, контроля уровней безопасности и информационной поддержки принятия и реализации решений по вопросам управления безопасностью РКТ.

К основным задачам ПОВПР относятся:

- контроль показателей безопасности и аттестация рабочих мест объектов НКИ космодрома;
- оценка и контроль безопасности в позиционном районе космодрома на этапе подготовки к пуску РКТ;
- оценка и контроль безопасности по трассам полета РКТ;

- оценка и контроль безопасности в районах падения отделяемых частей РКН;
- прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций в позиционном районе космодрома, по трассам полета и в районах падения отделяемых частей РКН;
- поддержка принятия решений по локализации и ликвидации последствий аварийных пусков РКН.

Областью применения ПОБПР является создаваемая на космодроме система работ по обеспечению безопасности пусков РКН.

**Подсистема анализа надежности, безопасности, выявления причин и факторов, приводящих к отказам, инцидентам, авариям, катастрофам, планирования профилактики и предотвращения происшествий на объектах РКТ и НКИ космодрома** (далее ПАНПП) предназначена для повышения надежности и безопасности эксплуатации космических средств.

К основным задачам ПАНПП относятся:

- анализ надежности, безопасности, выявление причин и факторов, приводящих к отказам, инцидентам, авариям и катастрофам;
- планирование профилактики и предотвращение происшествий на объектах РКТ и НКИ.

Областью применения ПАНПП является система эксплуатации РКТ и НКИ космодрома — иерархически организованная совокупность органов управления, средств выполнения целевых задач, средств эксплуатации РКТ и НКИ, личного состава, документации по эксплуатации, взаимодействие которых обеспечивает функционирование системы.

**Подсистема информации о результатах эксплуатации, техническом состоянии и надежности РКТ и НКИ космодрома** предназначена для обеспечения органов управления, разработчиков и изготовителей РКТ и НКИ первичной и обобщенной информацией о надежности.

Основными функциями этой подсистемы являются:

- автоматизированный сбор и обработка формализованной и неформализованной информации о результатах эксплуатации, техническом состоянии и надежности РКТ и НКИ космодрома;
- прием от смежных систем информации о надежности РКТ и НКИ космодрома;

- накопление и хранение в базе данных первичной и обработанной информации о надежности;
- формирование в соответствии с запросом и выдача в виде электронных и печатных документов первичной и обобщенной информации о надежности;
- обработка и анализ в автоматизированном режиме информации базы данных о надежности с получением количественных характеристик результатов их эксплуатации.

**Навигационно-информационная подсистема мониторинга транспортных средств, особо важных и опасных грузов космодрома** предназначена для повышения уровня безопасности и надежности безаварийной доставки объектов РКТ, особо важных и опасных грузов по назначению в процессе их транспортирования, для повышения уровня безопасности и надежности эксплуатации ТС космодрома, пассажирских перевозок, снижения эксплуатационных затрат транспортного комплекса.

Необходимость создания системы мониторинга обусловлена структурой основных затрат на космическую деятельность, ростом технологических и финансовых затрат, возрастанием рисков в процессе производства, испытаний и эксплуатации, увеличением вероятности транспортных аварий и катастроф.

Под транспортным средством в системе понимают любой подвижный объект, оснащенный бортовым навигационно-связным терминалом, обеспечивающим сбор информации о местоположении, характеристиках движения и состоянии ТС и передачи его в центры обработки по заданному алгоритму.

Применение средств космической навигации позволяет отказаться от дорогостоящих в развертывании традиционных средств, основанных на радиопеленгации, и их последующей эксплуатации. Кроме того, использование космических навигационных технологий позволяет значительно повысить гибкость систем управления ТС. Становится доступным определение местоположения ТС в любой точке маршрута или вне его без усложнения инфраструктуры системы. Поэтому можно создавать практически полностью автоматизированные системы, резко повышающие оперативность управления, достоверность и полноту контроля.

В сочетании с современными компьютерными и связными технологиями космической

навигации позволяют создавать системы автоматизированного контроля и управления маршрутными и другими видами космодромных ТС, а также ТС предприятий-поставщиков оборудования вплоть до выполнения перевозок и транспортирования особо важных и опасных грузов, контроля радиационно-экологической обстановки на космодроме.

Комплексное решение на новом уровне задач диспетчеризации включает в себя планирование перевозок, составление маршрутов и графиков движения, контроль и управление движением ТС. Это обеспечивает централизованный непрерывный и точный контроль и управление движением ТС в режиме реального времени и, как следствие, существенное повышение экономической, социальной и экологической эффективности перевозок.

Главной целью создания навигационно-информационной подсистемы мониторинга ТС, особо важных и опасных грузов космодрома «Восточный» является поэтапный перевод на качественно новый уровень всех видов перевозок как внутри космодрома, так и вне его, достижение значительного экономического и социального эффекта в результате централизованного контроля и управления перевозками при комплексном применении новейших навигационно-связных систем, телекоммуникационных и информационных технологий.

К основным задачам, решаемым системой, относятся:

- контроль местоположения подвижных объектов и состояние их агрегатов и систем;
- контроль целостности и состояние груза (температурно-влажностный режим и т. д.);
- обеспечение экипажей подвижных объектов надежной и устойчивой радиосвязью с диспетчерскими постами в зависимости от их принадлежности;
- обмен с экипажами подвижных объектов текстовыми произвольными и формализованными сообщениями;
- автоматическая сигнализация на подвижном объекте и диспетчерском посту об отклонении от маршрута движения ТС, нарушении его графика и предельно допустимом состоянии перевозимого груза;
- автоматизация работы диспетчерских служб различных организаций и ведомств;
- автоматическая передача на диспетчерские посты и (в соответствии с причиной) переадреса-

ция аварийных вызовов в службы для оперативного реагирования;

- идентификация пользователя системы.

Основным источником данных в навигационно-информационной подсистеме является бортовой комбинированный навигационно-телекоммуникационный модуль (бортовой терминал). Для обычных ТС этот модуль решает навигационные задачи определения местоположения ТС и контроля движения по заданному маршруту, а также сбора данных о пройденном пути, расходе топлива и т. д.

Данные с бортовых терминалов по каналам сотовой связи стандарта GPRS передаются на диспетчерские пункты управления ТС космодрома, расположенные в его подразделениях, структурах, организациях и предприятиях по принадлежности ТС. Обработанные и обобщенные данные с диспетчерских пунктов контроля и управления ТС направляются в диспетчерский центр космодрома «Восточный».

**Подсистема защиты информации (ПЗИ)** предназначена для исключения несанкционированного доступа (НСД) к информации, хранимой и обрабатываемой в системе обеспечения надежной и безопасной эксплуатации РКТ и наземной космической инфраструктуры космодрома, предотвращения навязывания ложной информации, защиты программного обеспечения и информационных ресурсов от деструктивного воздействия компьютерных вирусов.

НСД определяется как доступ к информации, нарушающий установленные правила разграничения доступа, с использованием штатных средств, предоставляемых средствами вычислительной техники (СВТ) или автоматизированных систем (АС). Под штатными средствами понимаются совокупность организационного, программного, программно-аппаратного и технического обеспечения СВТ или АС.

При создании ПЗИ должны выполняться требования Руководящего документа ФСТЭК (Гостехкомиссии) России «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации», по классу защищенности не ниже 1Б.

В ПЗИ применяются средства защиты информации, реализующие требования класса защищенности, определяемого степенью секретности (конфиденциальности) обрабатываемой

информации, согласно Руководящему документу ФСТЭК (Гостехкомиссии) России «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации».

Основными задачами ПЗИ являются:

- исключение несанкционированного доступа к информации, хранимой и обрабатываемой в системе надежной безопасной эксплуатации космических средств;
- предотвращение навязывания ложной информации;
- защита программного обеспечения и информационных ресурсов от деструктивного воздействия компьютерных вирусов.

Решение указанных задач обеспечивается включением в организационно-техническую структуру АСОНБЭ комплекса программно-аппаратных средств и организационных мер по защите информации системы.

Основными объектами, подлежащими защите в системе АСОНБЭ в части подсистем ПМТ, ППР, ПАНПП и ПОБПР, являются:

- информационные ресурсы (информация, подлежащая защите, включающая в себя пользовательские данные, обрабатываемые в систе-

ме, и служебная информация по системе защиты информации);

- технические и программные средства (общесистемное и специальное программное обеспечение), используемые для обработки информации.

К основным принципам построения АСОНБЭ РКТ и НКИ космодрома «Восточный» относятся:

- разделение функции организаций-разработчиков РКТ и эксплуатирующей организации;
- резервирование ключевых функциональных систем;
- многообъектность управления;
- унификация программно-технических средств, снижение затрат и сроков создания системы;
- открытость и масштабируемость архитектуры построения комплексов управления эксплуатацией;
- обеспечение повышенного уровня надежности, безопасности и эффективности системы эксплуатации;
- минимизация затрат на создание и эксплуатацию аппаратно-программных средств.

Объекты РКТ и НКИ космодрома «Восточный» с автоматизированными рабочими ме-

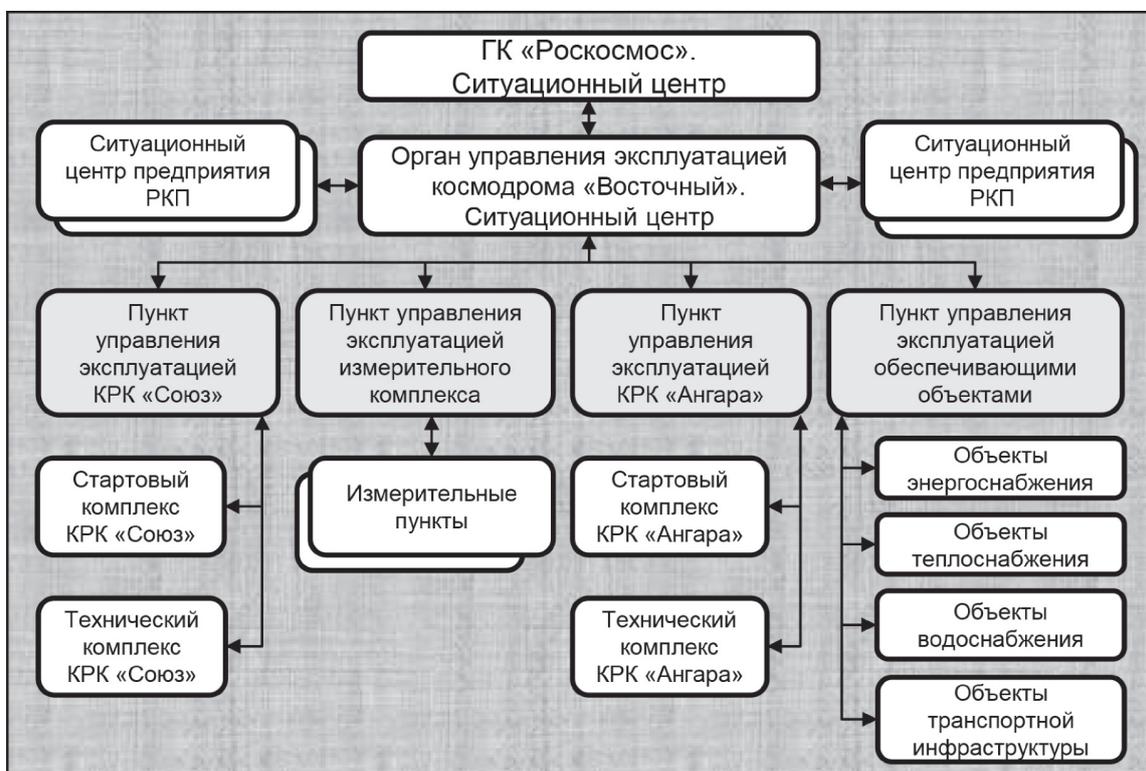


Рис. 3. Объекты РКТ и НКИ космодрома «Восточный» с автоматизированными рабочими местами АСОНБЭ

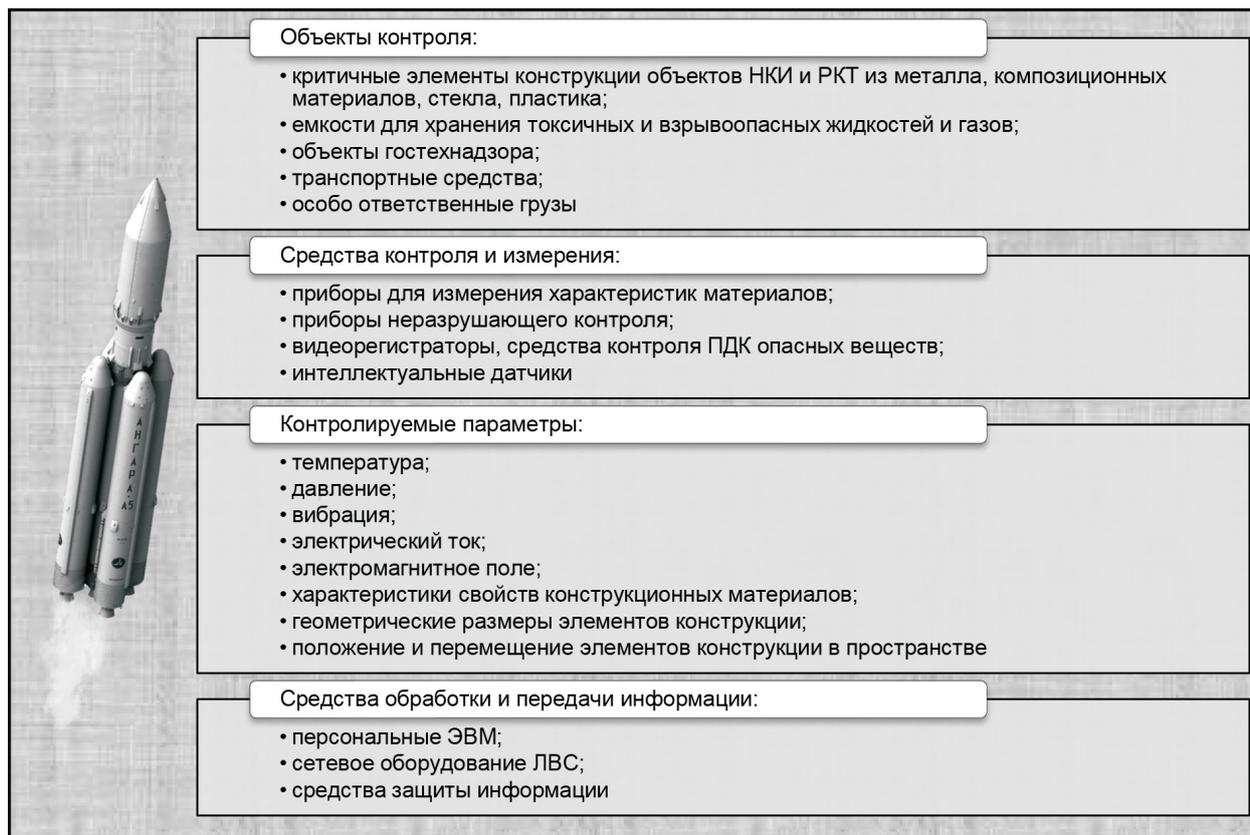


Рис. 4. Основные объекты контроля, средства контроля и измерения, контролируемые параметры и средства обработки и передачи информации АСОНБЭ

стами АСОНБЭ приведены на рис. 3, где РКП — ракетно-космическая промышленность; КРК — космический ракетный комплекс.

Основные объекты контроля, средства контроля и измерений, контролируемые параметры и средства обработки и передачи информации АСОНБЭ приведены на рис. 4, где ПДК — предельно допустимая концентрация.

Топология телекоммуникационно-компьютерной системы АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный» приведена на рис. 5.

Изложенные концептуальные положения создания АСОНБЭ базируются на основе научно-конструкторского и технологического задела, полученного в результате создания аналогичной системы для космодрома «Плесецк» [5–9].

С учетом полученного опыта создания и внедрения такой системы на космодроме «Плесецк» предложены возможные этапы создания АСОНБЭ для космодрома «Восточный», указанные в таблице.

Создание и внедрение АСОНБЭ на космодроме «Восточный» будет способствовать решению следующих вопросов [9–11]:

- техническому оснащению создаваемых информационно-вычислительных комплексов и инженерной инфраструктуры;
- унификации аппаратно-программных средств;
- развитию и совершенствованию органов управления эксплуатацией;
- созданию методологического задела по решению проблем эксплуатации;
- развитию координирующих органов управления эксплуатацией;
- разработке и созданию интеллектуальных систем управления эксплуатацией.

**Этапы создания АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный»**

Этап	Год	Содержание
1	2023	Разработка и создание опытного образца
2	2024	Реализация в части КРК «Союз»
3	2025	Реализация в части КРК «Ангара»
4	2026	Реализация в части инфраструктуры космодрома

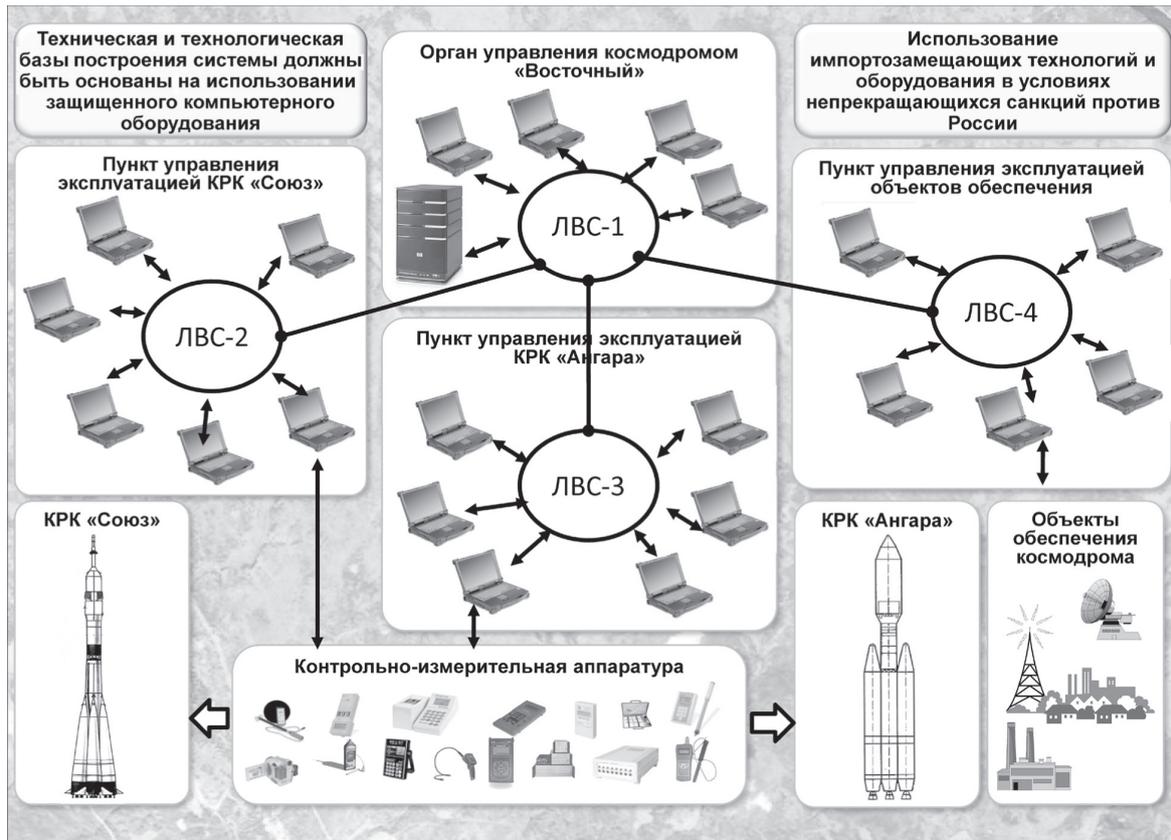


Рис. 5. Топология телекоммуникационно-компьютерной системы АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный»

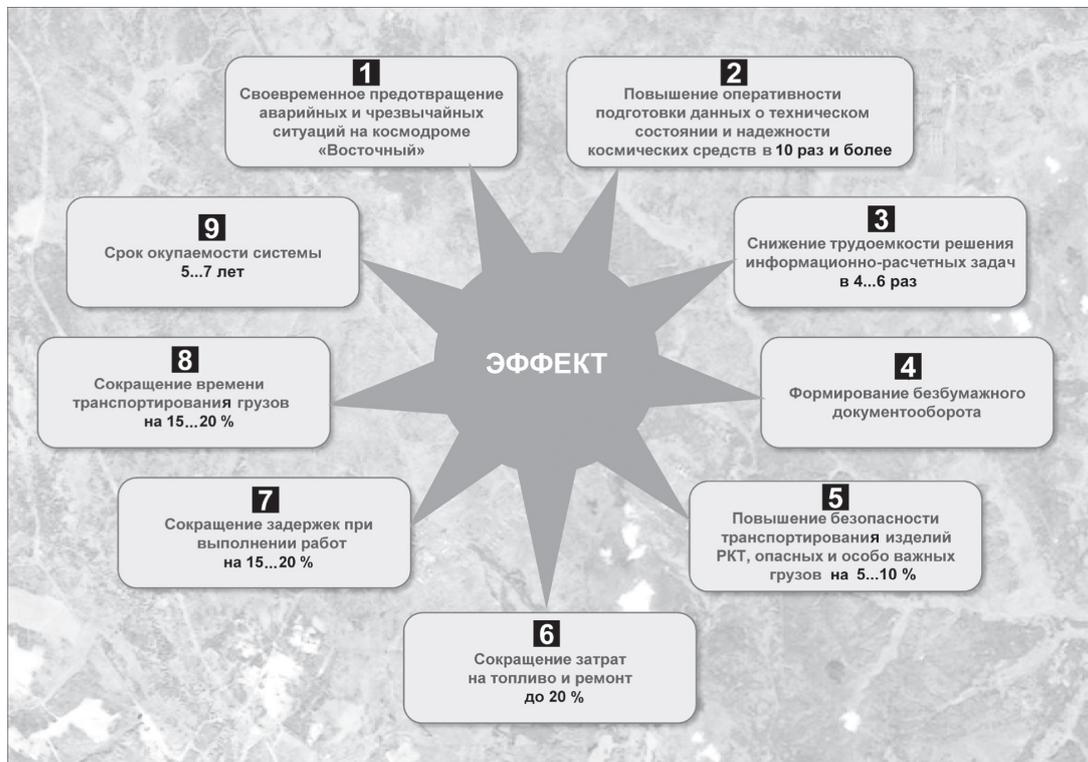


Рис. 6. Ожидаемый эффект от внедрения АСОНБЭ объектов НКИ космодрома «Восточный»

Предложенные методы, технологии и инструментальные средства мониторинга надежности и технической безопасности космической инфраструктуры позволяют реализовать следующее [12]:

- повысить оперативность, полноту и достоверность мониторинговых данных, обеспечить значительное снижение вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций, вызываемых техногенными, экологическими, природными и террористическими факторами и, как следствие, сокращение материального ущерба;

- повысить экологическую и промышленную безопасность космодрома и действующих производств предприятий ракетно-космической промышленности;

- снизить космические риски и страховые ставки;

- повысить конкурентоспособность отечественной космической техники на мировом рынке;

- создать оптимальные условия для оперативного управления отраслью и планирования ее развития при ограниченных ресурсах.

Прогнозируемый ожидаемый эффект от внедрения АСОНБЭ объектов НКИ на космодроме «Восточный» приведен на рис. 6.

В основу приведенного прогнозируемого эффекта перспективной АСОНБЭ положены результаты практического применения ранее созданной подобной системы, успешно прошедшей государственные испытания в ноябре 2013 г. и принятой на вооружение Космических войск в соответствии с приказом Министра обороны Российской Федерации от 24.12.2014.

## Вывод

Внедрение и развитие системы надежной и безопасной эксплуатации РКТ и НКИ космодрома [13–15] позволит выполнить следующее:

- сконцентрировать ресурсы Роскосмоса для эффективного решения задач применения РКТ по назначению;

- уменьшить текущие расходы на содержание сложной инженерной инфраструктуры;

- внедрить в практику космической деятельности единую техническую политику в области надежной и безопасной эксплуатации РКТ;

- оптимизировать состав эксплуатирующего персонала и снизить затраты на его подготовку.

## Литература

- [1] Киселев А.И., Медведев А.А., Меньшиков В.А. *Космонавтика на рубеже тысячелетий. Итоги и перспективы*. Москва, Машиностроение-Полет, 2002. 717 с.
- [2] Меньшиков В.А., Сухорученков Б.И. *Методы мониторинга надежности ракетно-космических систем*. Москва, НИИ КС, 2006. 474 с.
- [3] Резников В.М. *Аэрокосмическая система мониторинга*. Москва, ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 200. 199 с.
- [4] Меньшиков В.А., Макаров М.И., Пушкарский С.В. *Многофункциональная космическая система Союзного государства*. Москва, НИИ КС, 2007. 479 с.
- [5] Меньшиков В.А., Макаров М.И. Международная аэрокосмическая система мониторинга опасных геофизических процессов и прогнозирования катастроф. *Полет*, 2007, № 2, с. 45–53.
- [6] Макаров М.И. Автоматизированная система комплексного мониторинга объектов космической инфраструктуры России. *Полет*, 2008, № 5, с. 25–33.
- [7] Макаров Ю.Н., Лухвич А.А., Шипша В.Г. и др. *Актуальные проблемы неразрушающего контроля качества космической техники*. Санкт-Петербург, Альтеор, 2008. 336 с.
- [8] Чертока Б.Е., ред. *Космонавтика XXI века*. Москва, РТСофт, 2010. 864 с.
- [9] Макаров М.И., Макаров С.М. Перспективная автоматизированная система комплексного мониторинга объектов космической инфраструктуры. В: *Ракетно-космическая техника. Информационные системы и технологии*. Москва, НИИ КС, 2012, с. 4–21.
- [10] Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Рембеза А.И. и др. *Основы анализа и проектирования космических систем мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф*. Москва, Машиностроение, 2014. 732 с.
- [11] Макаров М.И., Медведев А.А., Иванов В.Л. Концептуальные основы создания автоматизированной системы обеспечения надежной и безопасной эксплуатации

- объектов наземной космической инфраструктуры (АСОНБЭ) космодрома «Восточный». *Двойные технологии*, 2015, № 2, с. 10–18.
- [12] Рудаков В.Б., Макаров М.И., Медведев А.А. и др. Оптимальное планирование контроля надежности изделий космических аппаратов на основе использования усеченных рисков. *Двойные технологии*, 2015, № 2, с. 23–28.
- [13] Нестечук Н.Н., Макаров М.И. Система обеспечения эксплуатации техники и наземной инфраструктуры Плесецка. *Новости космонавтики*, 2016, № 1, с. 52–55.
- [14] Макаров М.И., Рудаков В.Б., Иванов В.Л. и др. Перспективные технологии и автоматизированные системы оптимизации управления техническим состоянием, надежностью и безопасностью ВВТ войск ВКО. *Двойные технологии*, 2015, № 2, с. 29–34.
- [15] Макаров М.И., Королев А.Н., Павлов С.В. Комплекс технологий оперативного контроля состояния потенциально опасных объектов. В: *Ракетно-космическая техника. Информационные системы и технологии*. Москва, НИИ КС, 2012, с. 106–111.

## References

- [1] Kiselev A.I., Medvedev A.A., Men'shikov V.A. *Kosmonavtika na rubezhe tysyacheletiy. Itogi i perspektivy* [Cosmonautics on the frontier of the millenniums. Summary and prospects]. Moscow, Mashinostroenie-Polet Publ., 2002. 717 p. (In Russ.).
- [2] Men'shikov V.A., Sukhoruchenkov B.I. *Metody monitoringa nadezhnosti raketno-kosmicheskikh sistem* [Monitoring methods of rocket-space systems reliability]. Moscow, NII KS Publ., 2006. 474 p. (In Russ.).
- [3] Reznikov V.M. *Aerokosmicheskaya sistema monitoring* [Aerospace monitoring system]. Moscow, FGU VNII GOChS (FTs) Publ., 200. 199 p. (In Russ.).
- [4] Men'shikov V.A., Makarov M.I., Pushkarskiy S.V. *Mnogofunktsional'naya kosmicheskaya sistema Soyuznogo gosudarstva* [Multifunctional space system of the Union State]. Moscow, NII KS, 2007. 479 p. (In Russ.).
- [5] Men'shikov V.A., Makarov M.I. International aerospace system for monitoring hazardous geophysical processes and predicting natural and human-caused disasters. *Polet* [Flight], 2007, no. 2, pp. 45–53. (In Russ.).
- [6] Makarov M.I. Automated comprehensive monitoring system for elements of Russian space infrastructure. *Polet* [Flight], 2008, no. 5, pp. 25–33. (In Russ.).
- [7] Makarov Yu.N., Lukhovich A.A., Shipsha V.G. et al. *Aktual'nye problemy nerazrushayushchego kontrolya kachestva kosmicheskoy tekhniki* [Top problems of non-destructive quality control of space technics]. Sankt-Petersburg, Al'teor Publ., 2008. 336 p. (In Russ.).
- [8] Chertoka B.E., ed. *Kosmonavtika XXI veka* [Cosmonautics of XXI century]. Moscow, RTSoft Publ., 2010. 864 p. (In Russ.).
- [9] Makarov M.I., Makarov S.M. Perspektivnaya avtomatizirovannaya sistema kompleksnogo monitoringa ob"ektov kosmicheskoy infrastruktury [Advanced automated monitoring system for space infrastructure objects]. V: *Raketno-kosmicheskaya tekhnika. Informatsionnyye sistemy i tekhnologii* [In: Rocket-space technics. Information systems and technologies]. Moscow, NII KS Publ., 2012, pp. 4–21. (In Russ.).
- [10] Men'shikov V.A., Perminov A.N., Rembeza A.I. et al. *Osnovy analiza i proektirovaniya kosmicheskikh sistem monitoringa i prognozirovaniya prirodnykh i tekhnogennykh katastrof* [Analysis and design fundamentals of space systems for monitoring of natural and industrial disasters]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2014. 732 p. (In Russ.).
- [11] Makarov M.I., Medvedev A.A., Ivanov V.L. Fundamental development principles of the Vostochny space launch center ground space infrastructure facilities reliable and safe operation automated support system (RSOASS). *Dvoynye tekhnologii*, 2015, no. 2, pp. 10–18. (In Russ.).
- [12] Rudakov V.B., Makarov M.I., Medvedev A.A. et al. Optimal scheduling of spacecrafts ware reliability and quality control based on truncated risks usage. *Dvoynye tekhnologii*, 2015, no. 2, pp. 23–28. (In Russ.).
- [13] Nestechuk N.N., Makarov M.I. System for maintenance and exploitation of technics and ground infrastructure. *Novosti kosmonavтики*, 2016, no. 1, pp. 52–55. (In Russ.).

- [14] Makarov M.I., Rudakov V.B., Ivanov V.L. et al. Advanced technologies and automated systems for aerospace defense forces weaponry and military equipment technical condition, reliability and safety target optimization control. *Dvoynye tekhnologii*, 2015, no. 2, pp. 29–34. (In Russ.).
- [15] Makarov M.I., Korolev A.N., Pavlov S.V. Kompleks tekhnologiy operativnogo kontrolya sostoyaniya potentsial'no opasnykh ob"ektov [Complex of operating control on the state of potential hazardous objects]. V: *Raketno-komicheskaya tekhnika. Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [In: Rocket-space technics. Information systems and technologies]. Moscow, NII KS Publ., 2012, pp. 106–111. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 15.06.2022

## Информация об авторах

**МАКАРОВ Михаил Иванович** — доктор технических наук, профессор, первый заместитель директора — научный руководитель. «Научно-исследовательский институт космических систем им. А.А. Максимова» — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (141091, Московская область, Королев, мкр. Юбилейный, М.К. Тихонравова ул., д. 27, e-mail: info@niiks.com).

**ДЕНИСКИН Денис Геннадьевич** — первый заместитель генерального директора по производству, НИР и ОКР. АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» (121309, Москва, Российская Федерация, Новозаводская ул., д. 18, e-mail: aqd@khrunichev.com).

## Information about the authors

**MAKAROV Mikhail Ivanovich** — Doctor of Science (Eng.), Professor, First Deputy Director, scientific supervisor of Space Systems. A.A. Maksimov Research Institute of Space Systems (141091, Moscow Region, Korolyov, md. Yubileiny, M.K. Tikhonravova st., 27, e-mail: info@niiks.com).

**DENISKIN Denis Gennadyevich** — First Deputy General Director for Production, Research and Development. Khrunichev State Research and Production Space Center (121309, Moscow, Russian Federation, Novozavodskaya st., Bldg. 18, e-mail: aqd@khrunichev.com).

### Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Макаров М.И., Денискин Д.Г. Перспективная автоматизированная система обеспечения надежной и безопасной эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры космодрома «Восточный»: структура и решаемые задачи. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2022, № 8, с. 96–107, doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-96-107

### Please cite this article in English as:

Makarov M.I., Deniskin D.G. A Promising Automated System for Ensuring Reliable and Safe Operation of Ground-Based Space Infrastructure Facilities of the Vostochny Cosmodrome: Structure and Tasks to Be Solved. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2022, no. 8, pp. 96–107, doi: 10.18698/0536-1044-2022-8-96-107