Камысбаева С.М., Колодяжная И.Н. Технический анализ транспортно-установочного агрегата «СОЮЗ-5»// Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2025. – Т. 10 № 12(62) с. 174–178

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:
http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/

УДК 629.76:62.001.6

ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНО-УСТАНОВОЧНОГО АГРЕГАТА «СОЮЗ-5»

Камысбаева С.М., Колодяжная И.Н. (научный руководитель)
ФГБОУ ВО "МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)" (ФИЛИАЛ "ВОСХОД" В Г.БАЙКОНУРЕ), Байконур, Россия (468325, город Байконур, ул Гагарина, д. 5), e-mail: kamisbaeva.04@mail.ru

Данная работа представляет собой исследование, посвящённое анализу транспортно-установочного агрегата **для ракеты-носителя среднего класса «Союз-5», создаваемой в рамках российско-казахстанской программы «Байтерек». В статье рассматриваются предпосылки и цели разработки нового агрегата, его основные функции и конструктивные особенности, а также ключевые инженерные задачи, возникающие при адаптации оборудования к новым габаритам, массам и эксплуатационным условиям ракеты. Проведен анализ основных проблем, связанных с обеспечением надёжности и точности работы агрегата. Данная работа формирует общую картину технических решений, используемых для обеспечения безопасной и стабильной работы транспортно-установочного агрегата, и определяет направления для последующих исследований.**

Ключевые слова: Союз-5, транспортно-установочный агрегат (ТУА), ракета-носитель (РН), инженерное проектирование, надёжность, криогенные условия.

TECHNICAL EVALUATION OF THE SOYUZ-5 TRANSPORT AND INSTALLATION UNIT

Kamysbaeva S.M., **Kolodyazhnaya I.N.** (supervisor)
"MOSCOW AVIATION INSTITUTE (NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY)" (BRANCH "VOSKHOD" IN BAIKONUR, Baikonur, Russia (468325, Baikonur, Gagarina str., 5), e-mail: kamisbaeva.04@mail.ru

This work presents a study dedicated to the analysis of the transport and installation unit developed for the Soyuz-5 medium-class launch vehicle within the framework of the Russian-Kazakh "Baiterek" program. The article discusses the prerequisites and objectives of the unit's development, its primary functions, structural characteristics, and the key engineering challenges encountered when adapting the equipment to the rocket's revised dimensions, mass, and operational conditions. The study provides an analysis of the main issues associated with ensuring the reliability and precision of the unit's operation. The work offers a comprehensive overview of the technical solutions implemented to enable the safe and stable functioning of the transport and installation unit and identifies directions for further research.

Keywords: Soyuz-5, transport and installation unit, launch vehicle, engineering design, reliability, cryogenic conditions.

.

Современное развитие ракетно-космической отрасли сопровождается повышением требований к надёжности и технологичности не только самих ракет-носителей, но и наземной инфраструктуры, обеспечивающей их подготовку к пуску. [1] Особое значение в этом контексте имеет разработка транспортно-установочных агрегатов (ТУА), обеспечивающих доставку, подъем и установку ракет на стартовом комплексе.

В ходе реализации проекта ракеты-носителя среднего класса «Союз-5», создаваемого в рамках российско-казахстанской программы «Байтерек», встал вопрос о проектировании нового ТУА, соответствующего изменённым конструктивным параметрам и эксплуатационным требованиям носителя. Используемый ранее агрегат комплекса «Зенит» не может быть применён в прежнем виде из-за отличий в габаритах, массе и архитектуре новой ракеты.[2]

Разработка транспортно-установочного агрегата для «Союз-5» представляет собой сложную инженерную задачу, требующую учёта как конструкционных, так и термодинамических факторов, связанных с особенностями эксплуатации при низких температурах и повышенных нагрузках. [3] В настоящее время ведутся работы по созданию новой конструкции агрегата, способной обеспечить точность установки, надёжность фиксации и безопасность всех предстартовых операций.

Транспортно-установочный агрегат (ТУА) служит для транспортировки, подъёма и установки ракеты-носителя из горизонтального положения в вертикальное на пусковом устройстве. Он обеспечивает безопасное размещение ракеты на старте и соединение её с наземными системами.[4]

Основные функции агрегата:

- доставка ракеты из монтажно-испытательного корпуса на стартовую площадку;
- удержание в горизонтальном положении;
- подъём и установка на пусковое устройство;
- фиксация и подключение коммуникаций (электрических, пневматических, гидравлических).

Конструктивно ТУА состоит из несущей рамы, ложементов, гидроприводов, фиксаторов и узлов электростыковки. Перевод ракеты в вертикальное положение осуществляется гидроцилиндрами с контролем усилий и углов.

Рисунок 1 - Транспортно-установочный агрегат (ТУА)

Для выявления особенностей и отличий в конструкции транспортно-установочных агрегатов проведено сравнение их основных технических характеристик. [5] Сопоставление параметров ТУА ракет «Зенит» и «Союз-5» позволяет определить, какие изменения потребовались при переходе к новому носителю и какие элементы конструкции оказались несовместимыми с новыми требованиями.[6]

Таблица 1 - Сравнительные характеристики транспортно-установочных агрегатов РН «Зенит» и «Союз-5»

№	Параметр	ТУА РН «Зенит-2/3SL»	ТУА РН «Союз-5»	Влияние на проект
1	**Тип агрегата**	Транспортно-установочный, гидравлический, аналоговый	Транспортно-установочный, модернизированный, цифровое управление	Новый агрегат проектируется с нуля
2	**Длина обслуживаемой ракеты**, м	~ 57	~ 62	Требует изменения кинематики и точек опоры
3	**Диаметр обслуживаемой ракеты**, м	3,9	4,1	Увеличение требует переработки ложементов
4	**Стартовая масса ракеты**, т	~ 462	~ 530 – 535	Повышенные нагрузки на силовую раму
5	**Макс. грузоподъёмность ТУА**, т	≤ 480	≥ 600 (проектная)	Увеличен запас прочности на 15–20 %
6	**Материал несущих элементов**	Сталь, алюминиевые сплавы	Усиленные Al-Mg сплавы, частично композиты	Снижение массы и повышение жёсткости
7	**Кол-во ложементов (опор)**	4 фиксированных	6 регулируемых	Обеспечивает равномерное распределение веса
8	**Тип подъёмного механизма**	Двухгидроцилиндровый, без синхронизации	Гидроцилиндры с электронным контролем	Повышена точность и плавность движения
9	**Система электростыковки**	Боковая, без обогрева	Нижняя, с активным подогревом и герметизацией	Главная инженерная проблема — обледенение
10	**Рабочая температура в зоне разъёмов**, °C	до –40	до –180	Требуется новая теплоизоляция и подогрев
11	**Мощность системы подогрева**, кВт	отсутствует	1–5 (по расчёту на узел)	Предотвращает образование конденсата
12	**Виброизоляция**	отсутствует	демпфирующие элементы на ложементах	Снижение динамических нагрузок

13	**Система управления**	Частично ручная	Полностью автоматизированная, цифровая	Контроль параметров в реальном времени
14	**Испытательная база**	Существующая площадка «Зенит»	Требуется новая инфраструктура на «Байтерек»	Необходима адаптация под новые нагрузки
15	**Температурный диапазон эксплуатации**, °C	–40 … +50	–180 … +60 (в зоне LOX)	Расширен диапазон для криогенных условий

Все перечисленные в Таблице 1 различия по габаритам, массе, материалам и автоматизации ТУА являются технически разрешимыми задачами: изменения кинематики подъёма, усиление рамы, увеличение числа и регулировки ложементов, внедрение демпфирования и цифровой системы управления — реализуются стандартными методами конструкционной инженерии и верифицируются расчётами и натурными испытаниями.

Однако *существенной и* пока что недостаточно проработанной остается *одна приоритетная проблема: узел стыковки электрических разъёмов, размещённый в зоне криогенного бака (LOX).*

Поскольку геометрические параметры новой ракеты отличаются от предыдущей версии «Зенит», прежняя схема размещения соединений оказалась несовместимой с новой компоновкой. Узел электростыковки расположен в нижней части ракеты — в зоне криогенного кислородного бака, где во время предстартовой подготовки температура может достигать –180 °C.[7]

При таких условиях на поверхности разъёмов происходит конденсация влаги и образование наледи, что приводит к нарушению электрического контакта, потере сигнала и риску отказа систем управления ракеты на критических этапах запуска. Кроме того, охлаждение металлических деталей вызывает термонапряжения и микродеформации, снижающие надёжность соединений.

Для устранения данной проблемы требуется разработка новых теплоизоляционных решений и системы локального подогрева узла стыковки. Рассматриваются варианты применения герметичных влагозащищённых разъёмов, аэрогелевых прокладок и систем автоматического поддержания температуры, что позволит обеспечить стабильную работу электрических соединений при криогенных условиях эксплуатации.

Создание транспортно-установочных агрегатов для ракеты «Союз-5» требует внедрения новых инженерных и технологических решений, обеспечивающих надёжность и точность работы в экстремальных условиях. Критические узлы, подверженные воздействию криогенных температур, требуют особого внимания при проектировании и эксплуатации. Дальнейшее изучение применения предложенных решений в более сложных конструкциях узлов стыковки и систем локального подогрева, направленных на повышение надёжности и устойчивости электрических соединений, будет проведено в последующих исследованиях.

Список литературы

1. Кузнецов В.П., Иванов А.С. Ракетно-космические системы: принципы проектирования и эксплуатации. – М.: Машиностроение, 2020. – 312 с.

2. Смирнов И.Н. Транспортно-установочные агрегаты ракет-носителей: теория и практика. – СПб.: Политехника, 2018. – 245 с.
3. Рогозин Д.А., Петров Е.В. Инженерные решения для работы оборудования в криогенных условиях. – Журнал «Космическая техника», 2019. – №3. – С. 45–53.
4. Государственная программа «Байтерек»: материалы официального сайта [Электронный ресурс] // http://www.baiterek.kz. – Дата обращения: 10.11.2025.
5. Лебедев Ю.В. Современные методы автоматизации гидравлических и электрических систем в ракетной технике. – М.: Наука, 2021. – 198 с.
6. Баринов С.П., Орлов Н.Н. Криогенные технологии в ракетостроении. – СПб.: Политех, 2017. – 220 с.
7. Союз-5: проект российско-казахстанской ракеты среднего класса [Электронный ресурс] // https://www.roscosmos.ru/projects/soyuz-5/. – Дата обращения: 10.11.2025.

References

1. Kuznetsov V.P., Ivanov A.S. Rocket and Space Systems: Design and Operation Principles. Moscow: Mashinostroenie, 2020. 312 p.
2. Smirnov I.N. Launch Vehicle Transport and Installation Units: Theory and Practice. St. Petersburg: Politekhnika, 2018. 245 p.
3. Rogozin D.A., Petrov E.V. Engineering Solutions for Equipment Operation in Cryogenic Conditions. Space Technology Magazine, 2019. No. 3. pp. 45–53.
4. Baiterek State Program: Official Website Materials [Electronic Resource] // http://www.baiterek.kz. Accessed: 11/10/2025.
5. Lebedev Yu.V. Modern Methods of Automation of Hydraulic and Electrical Systems in Rocket Technology. Moscow: Nauka, 2021, 198 p.
6. Barinov, S.P., Orlov, N.N. Cryogenic Technologies in Rocket Science. St. Petersburg: Polytechnic University, 2017, 220 p.
7. Soyuz-5: A Russian-Kazakh Medium-Class Rocket Project [Electronic resource] // https://www.roscosmos.ru/projects/soyuz-5/. Accessed: 10.11.2025.