

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.36>

ОБЗОР ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА МНОГОРАЗОВОЙ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

Обзор

Лисьих В.В.¹, Щербатов М.В.² *

² ORCID : 0000-0001-8894-8733;

¹ Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

² Южно-Уральский государственный институт, Челябинск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (mark00123[at]bk.ru)

Аннотация

В статье рассматривается образование Уральского межрегионального научно-образовательного центра, его финансирование со стороны государства и частных партнеров-инвесторов, а также его центральный проект, касающийся разработки двигателя для многоразовой ракеты-носителя. Рассмотрены основные достижения, имеющиеся на текущий момент по разработке демонстратора – летательного аппарата уменьшенной формы, спроектированного и созданного специально для воспроизведения поведения реальной многоразовой ракеты. Отражены результаты последних испытаний демонстратора, которые были в октябре 2022 года. Проведен сравнительный анализ стоимости запусков различных ракет-носителей с возможностью повторного запуска и без неё. Сделаны выводы о рациональности разработки данного проекта.

Ключевые слова: многоразовая ракета, инвестиции, финансирование, демонстратор.

AN OVERVIEW OF THE DESIGN PROCESS FOR A MULTI-USE LAUNCH VEHICLE

Review article

Lisikh V.V.¹, Shcherbatov M.V.² *

² ORCID : 0000-0001-8894-8733;

¹ Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

* Corresponding author (mark00123[at]bk.ru)

Abstract

The article reviews the foundation of the Ural Interregional Scientific and Educational Center, its funding from the state and private partner-investors, as well as its central project on the development of an engine for a multiuse launch vehicle. The main achievements to date in the development of the demonstrator – a reduced shape aircraft designed and built specifically to reproduce the behaviour of a real multiuse rocket – are reviewed. The results of the most recent demonstrator tests, which took place in October 2022, are presented. A comparative analysis of the cost of launches of various vehicles with and without the possibility of re-launch was carried out. Conclusions are made about the rationality of the development of this project.

Keywords: multiuse rocket, investment, funding, demonstrator.

Введение

В настоящее время в России ведется множество опытно-конструкторских работ по разработке и совершенствованию ракет-носителей (РН) космического назначения. Речь идет о таких РН, как «Союз-2» и его модификациях, «Союз-5», «Ангара» в легкой и тяжелой версиях, а также «одноступенчатая ракета», которая занимает в данном списке особое место, так как данная ракета-носитель предполагает многоразовое использование, что ведет к высокой экономической эффективности и увеличению доступности запусков.

Разработка данной РН была начата еще в 1992 г. и велась до 2012 г., но работы были свернуты ввиду отсутствия финансирования. «Новую жизнь» данный проект получил во время проведения международной выставки «Иннопром-2019» главами трёх регионов было подписано соглашение о создании Уральского межрегионального научно-образовательного центра (УМНОЦ) на базе Южно-Уральского, Уральского и Курганского университетов. Идея создания научно-образовательного центра (НОЦ) была поддержана в 2019 году президентом В.В. Путиным во время визита в УрФУ. На данный момент в межрегиональный центр входят 73 участника – из них 9 вузов, 10 научных организаций и 54 индустриальных партнера, более того, с каждым годом это число растет.

В 2020 году в реализацию проектов было инвестировано порядка 3-х миллиардов рублей: 2,29 миллиарда было инвестировано из внебюджетных источников, 292 миллиона получено из казны Российской Федерации, 121 миллион из бюджета регионов. На непосредственно реализацию ведущих разработок Свердловской и Челябинской областей были выделены суммарно 170 миллионов рублей [4].

УМНОЦ «Передовые производственные технологии и материалы» работал сразу над несколькими проектами, но главным из них является разработка двигателя (демонстратора) для полноразмерной многоразовой ракеты-носителя. Стоит отметить, что идею по созданию многоразового космического аппарата продвигали в ГРЦ им. В. П. Макеева, ими и положено начало создания проекта, но, к сожалению, он был заморожен [11]. В 2020 году, благодаря созданию НОЦ была начата работа по созданию демонстратора для многоразовой ракеты.

Главными задачами центра являются подготовка специалистов с необходимым уровнем не только теоретических, но и практических знаний для дальнейшей реализации проектов по различным направлениям, а также создание эффективных технологий, способных обеспечить конкурентоспособность и независимость отечественной научно-технологической отрасли.

Первые успехи

В марте 2021 года был проведён запуск нового ракетного двигателя, управление процессом запуска обеспечивала система видеонаблюдения, с её же помощью велось и управление узлами комплекса и отладка режимов работы в реальном времени [2].

Предполагается, что при успешном прохождении всех испытаний, шестнадцать таких жидкостных ракетных двигателей будут установлены в центральном теле одноступенчатой ракеты-носителя. Стоит отметить, что проект под названием «Исследование, разработка и создание демонстраторов двигательной установки в центральном теле, системы управления контроля с искусственным интеллектом ракетно-космического комплекса с полностью многоразовой одноступенчатой ракетой-носителем и универсальной космической платформой» является визитной карточкой научно-образовательного центра.

В июле 2022 года на международной промышленной выставке «Иннопром-2022» в г. Екатеринбурге учёными Южно-Уральского государственного университета был представлен демонстратор жидкостного реактивного двигателя (рис.1) [5], который предназначен для ракетно-космического комплекса многоразовой одноступенчатой ракеты-носителя.

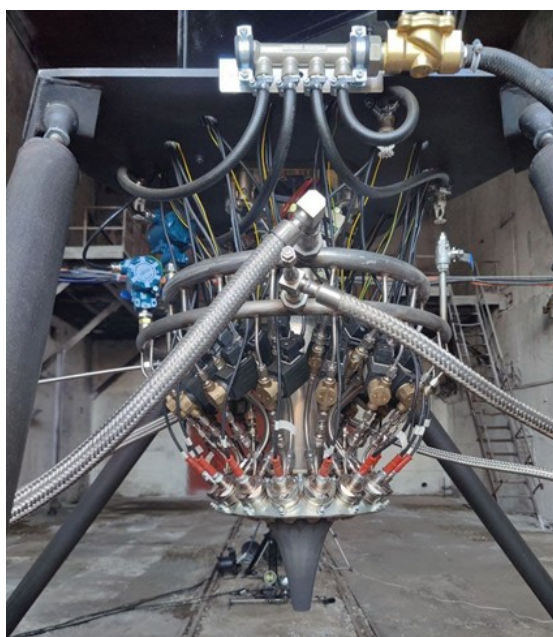


Рисунок 1 - Демонстратор жидкостного реактивного двигателя
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.36.1>

Основной задачей является разработка и испытание различных вариантов двигательной установки для снижения рисков при переходе на полномасштабную ракету-носитель.

7 октября в г. Нижняя Салда были успешно проведены испытания демонстратора нового ракетного двигателя для полностью возвращаемой одноступенчатой ракеты-носителя. Испытания двигательной установки были проведены на новой топливной паре – кислород-водород, годом ранее испытания были проведены на топливной паре спирт-кислород. Использование пары кислород-водород обеспечивает максимальную энергетическую характеристику, то есть наилучшее отношение показателя массы выводимой полезной нагрузки к массе затраченного топлива, для многоразовой ракеты, тем не менее это очень взрывоопасная смесь. Стоит отметить, что центральное тело теперь с охлаждением [6]. Работа также продолжается и над созданием конструкции топливного бака, его усовершенствованная стенка для жидкого азота должна соответствовать всем предъявляемым требованиям. Необходимо учесть и возможный процесс изготовления стенки бака большой (реальной) космической ракеты для корректного функционирования в условиях космоса (удержание заданной температуры).

Во время испытаний был осуществлен подъем и спуск платформы, на которой были расположены элементы системы управления полетом и посадкой. При этом испытывалось разное расположение двигателей для дальнейшего моделирования движения ракеты-носителя на высоту 100 километров. Главной целью данных испытаний является определение возможности стартовать при вертикальном расположении двигателей, а также способности двигателя по мере опустошения топлива в баках автоматически подбирать необходимый уровень тяги.

Предполагается, что данный ракетно-космический комплекс сможет обеспечивать полное возвращение РН и последующее ее множественное использование. Это значит, что после полёта в космос ракета будет опускаться по

установленным на Земле координатам и будет пригодной для повторного использования после проведения технической подготовки [1], [5].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ стоимости запуска различных ракет и отечественной многоразовой ракеты-носителя [3]. Для сравнения были взяты цены запусков современных одноразовых РН – «Союз-2», «Протон-М», а также многоразовых РН – «Falcon 9», широко используемых для запусков различных полезных нагрузок. После чего на основе данных о массе полезной нагрузки, рассчитана стоимость запуска одного килограмма груза.

Таблица 1 - Сравнительный анализ стоимости запуска ракет

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.36.2>

Наименование ракеты	Стоимость запуска (млн \$)		Масса полезной нагрузки	
	новый	повторный	Низкая опорная орбита	Геопереходная орбита
Falcon 9	67	~50	До 16 000 кг (цена за кг \$3 125)	До 5 500 кг (цена за кг \$9100)
Союз-2	50	невозможен	До 8 700 кг (цена за кг \$5 750)	До 2 000 кг (цена за кг \$25000)
Протон-М	75	невозможен	До 23 700 кг (цена за кг \$3164)	До 6 300 кг (цена за кг \$11900)
Отечественная многоразовая РН	≈33	16	До 12 000 кг (цена за кг \$1333)	До 7 000 кг (цена за кг \$2285)

Исходя из данных, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что построение отечественной многоразовой ракеты-носителя дешевле в полтора – два с половиной раза, стоимость повторного запуска относительно ракеты «Falcon 9» – в три раза дешевле. Стоимость массы полезной нагрузки составляет ориентировочно \$1333 за килограмм на низкой опорной орбите при выводе до 12000 кг и \$2285 за килограмм на геопереходной орбите при выводе до 7000 кг. Ближайшими конкурентами по цене являются «Falcon 9» и «Протон-М» с ценами за килограмм на низкой опорной орбите \$3125 до 16 000 кг и \$3164 до 23 700 кг соответственно, на геопереходной орбите цена за килограмм составляет \$9100 до 5 500 кг и \$11900 до 6 300 кг соответственно.

Заключение

Можно сделать вывод, что разработка реальной полномасштабной модели ракеты-носителя является оправданным вложением и ни в чём не уступает превосходящим в мире на данный момент космическим аппаратам. Анализ существующих предложений на рынке ракетно-космической техники показывает большие экономические преимущества проекта многоразовой РН, что также говорит о необходимости продолжения разработок в этом направлении.

Имеющиеся на данный момент наработки по функционированию двигательной установки с использованием топливной пары кислород-водород и устройству центрального охлаждаемого тела являются прорывными, об этом можно судить по отсутствию публикаций в научном сообществе на эту тему. В будущем предполагается учёт такого немаловажного аспекта, как экологичность топлива. При успешном прохождении всех этапов испытаний на демонстраторе, при сотрудничестве с «ГРЦ Макеева», планируется создание полномасштабной многоразовой ракеты-носителя.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. На Урале показали демонстратор двигателя для многоразовой ракеты // Lenta.ru. — URL: https://lenta.ru/news/2022/07/05/engine/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения: 14.10.2022).
2. В ЮУрГУ запустили ракетный двигатель для ракеты-носителя // Министерство образования и науки Челябинской области. — URL: <https://minobr74.ru/press/item/8044> (дата обращения: 15.10.2022).
3. SpaceX targets 2021 commercial Starship launch. — URL: <https://spacenews.com/spacex-targets-2021-commercial-starship-launch> (accessed: 18.10.2022).

4. О центре // Уральский межрегиональный научно-образовательный центр мирового уровня «Передовые производственные технологии и материалы». — URL: <http://www.умноц.рф> (дата обращения: 16.10.2022).
5. В Нижней Салде запустили демонстратор двигателя для полностью возвращаемой ракеты. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/10/04/v-nizhney-salde-zapustili-demonstrator-dvigatelya-dlya-polnostyu-vozvrashchaemoy> (дата обращения: 26.10.2022).
6. В Нижней Салде успешно прошли испытания демонстратора двигателя для возвращаемой ракеты. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2022/10/10/v-nizhney-salde-uspeshno-proshli-ispytaniya-demonstratora-dvigatelya-dlya> (дата обращения: 10.11.2022).
7. В ЮУрГУ запустили ракетный двигатель, разрабатываемый в рамках УМНОЦ. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/03/26/v-zapustili-raketnyy-dvigatel-razrabatyvaemyy-v-ramkah-umnoc> (дата обращения: 14.10.2022).
8. В России испытали демонстратор нового ракетного двигателя. — URL: <https://mashnews.ru/v-rossii-ispyitali-demonstrator-novogo-raketnogo-dvigatelya.html> (дата обращения: 25.10.2022).
9. На Урале показали демонстратор двигателя для многоразовой ракеты. — URL: <https://news.rambler.ru/troops/48944660-na-urale-pokazali-demonstrator-dvigatelya-dlya-mnogorazovoy-rakety/> (дата обращения: 28.10.2022).
10. ЮУрГУ представил новый ракетный двигатель на Международном авиационно-космическом салоне. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/07/26/predstavil-novyy-raketnyy-dvigatel-na-mezhdunarodnom-aviacionno-kosmicheskom-salone/> (дата обращения: 30.10.2022).
11. Корона (ракета-носитель). — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Корона_\(ракета-носитель\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Корона_(ракета-носитель)) (дата обращения: 31.12.2022).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Na Urале pokazali demonstrator dvigatelya dlya mnogorazovoy rakety [In the Urals showed a demonstrator engine for a reusable rocket] // Lenta.ru. — URL: https://lenta.ru/news/2022/07/05/engine/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (accessed: 14.10.2022). [in Russian]
2. V YUUrGU zapustili raketnyj dvigatel' dlya rakety-nositelya [SUSU launched a rocket engine for a launch vehicle] // Ministerstvo obrazovaniya i nauki CHelyabinskoy oblasti [Ministry of Education and Science of the Chelyabinsk Region]. — URL: <https://minobr74.ru/press/item/8044> (accessed: 15.10.2022). [in Russian]
3. SpaceX targets 2021 commercial Starship launch. — URL: <https://spacenews.com/spacex-targets-2021-commercial-starship-launch> (accessed: 18.10.2022).
4. O centre [About the Center] // Ural'skiy mezhregional'nyj nauchno-obrazovatel'nyj centr mirovogo urovnja «Peredovye proizvodstvennyye tehnologii i materialy» [Ural Interregional Scientific and Educational Center of World Level "Advanced Technologies and Materials"]. — URL: <http://www.умноц.рф> (accessed: 16.10.2022). [in Russian]
5. V Nizhnej Salde zapustili demonstrator dvigatelya dlya polnost'yu vozvrashchaemoy rakety [In Nizhnyaya Salda, an engine demonstrator for a fully recoverable rocket was launched]. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/10/04/v-nizhney-salde-zapustili-demonstrator-dvigatelya-dlya-polnostyu-vozvrashchaemoy> (accessed: 26.10.2022). [in Russian]
6. V Nizhnej Salde uspeshno proshli ispytaniya demonstratora dvigatelya dlya vozvrashchaemoy rakety [In Nizhnyaya Salda, the demonstrator engine for a full rocket reentry vehicle was successfully tested]. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2022/10/10/v-nizhney-salde-uspeshno-proshli-ispytaniya-demonstratora-dvigatelya-dlya> (accessed: 10.11.2022). [in Russian]
7. V YUUrGU zapustili raketnyj dvigatel', razrabatyvaemyj v ramkah UMNOC [SUSU launched the rocket engine developed within the framework of the UMNOC]. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/03/26/v-zapustili-raketnyy-dvigatel-razrabatyvaemyy-v-ramkah-umnoc> (accessed: 14.10.2022). [in Russian]
8. V Rossii ispyitali demonstrator novogo raketnogo dvigatelya [Russia tested a demonstrator of a new rocket engine]. — URL: <https://mashnews.ru/v-rossii-ispyitali-demonstrator-novogo-raketnogo-dvigatelya.html> (accessed: 25.10.2022). [in Russian]
9. Na Urале pokazali demonstrator dvigatelya dlya mnogorazovoy rakety [In the Urals, a demonstrator of the engine for a reusable rocket was shown]. — URL: <https://news.rambler.ru/troops/48944660-na-urale-pokazali-demonstrator-dvigatelya-dlya-mnogorazovoy-rakety/> (accessed: 28.10.2022). [in Russian]
10. YUUrGU predstavil novyj raketnyj dvigatel' na Mezhdunarodnom aviacionno-kosmicheskom salone [SUSU presented a new rocket engine at the International Aviation and Space Salon]. — URL: <https://www.susu.ru/ru/news/2021/07/26/predstavil-novyy-raketnyy-dvigatel-na-mezhdunarodnom-aviacionno-kosmicheskom-salone/> (accessed: 30.10.2022). [in Russian]
11. Korona (raketa-nositel') [Corona (launch vehicle)]. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Корона_\(launch_vehicle\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Корона_(launch_vehicle)) (accessed: 31.12.2022). [in Russian]