

УДК 629.7.036.54

*Васянькин А.В.,
ведущий инженер-экспериментатор сектора
систем управления и регистрации параметров испытаний
испытательного отдела 754 научно-испытательного комплекса 751
АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко»
Россия, г. Химки*

КОНЦЕПЦИЯ МНОГОРАЗОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАКЕТНЫХ УСТАНОВОК

***Аннотация:** в статье раскрывается сущность концепции многоразового использования ракет-носителей, а также описываются разработки отечественных и зарубежных исследователей в данной области. Отмечено, что настоящая концепция не всегда может являться экономически выгодным решением.*

***Ключевые слова:** ракетная установка, двигатель, многоразовое использование, экономическая выгода.*

***Annotation:** this paper reveals the concept of reusable launch vehicles, and outlines the findings of domestic and foreign researchers in this area. It is noted that the current framework may not always be an economically viable solution.*

***Key words:** rocket launcher, engine, reusable, economic benefit.*

Современные тенденции проектирования космических ракет-носителей склоняются к концепции их многоразового использования. Для достижения различных целей космических миссий требуются надёжные и безопасные транспортные системы с многократным применением, обеспечивающие максимальное соотношение тяги к весу, а также высокое значение удельного импульса. Экономические и логистические преимущества многоразовых

пусковых установок неоднократно выявлялись и обсуждались исследователями, конструкторами и инженерами по всему миру. К примеру, учёные из Дании M. Soltani et al. отмечают снижение экономических затрат на производство, повышение отдачи многоразовых ракетных установок, и их сниженное пагубное воздействие на окружающую среду [1, с. 491-498].

Исследователями предложено множество концепций, к примеру, ракеты-носители, базирующиеся на комбинированных двигательных установках, объединяющих воздушно-реактивные и ракетные двигатели (турборакеты, реактивные снаряды с воздушно-реактивным двигателем и подобные). Однако текущие разработки и испытания многоразовых пусковых установок по-прежнему основаны на ракетных двигателях.

Разработкой повторного использования ракетных двигателей одними из первых, и на протяжении долгого времени занимаются компании SpaceX и Blue Origin. SpaceX разрабатывает тяжёлые ракеты-носители: Falcon 9 с доказанной возможностью повторного использования первой ступени, и прошедший испытания Falcon Heavy. Данная компания в качестве возможности снижения затрат предложила концепцию повторного использования ступеней разгонного блока. Компания Blue Origin, ориентированная преимущественно на космический туризм, также продемонстрировала подобную функциональность, но в небольшой полноценной пусковой установке многоразового использования New Shepard.

Возможностью повторного использования ракетных установок путём проведения технологических экспериментов в полёте и освоения технологии орбитальных аппаратов активно занимаются японские разработчики. Так, Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA) совместно с Mitsubishi Heavy Industries разрабатывают небольшую многоразовую зондирующую ракету (100 кг / 100 км), приводимую в движение четырьмя двигателями на жидком кислороде в качестве окислителя, и жидком водороде в качестве горючего, нацеленную на многократное использование (заявлено

100 полётов) благодаря дросселированию (от 40% до 100%) [2, с. 5] и мониторингу работоспособности системы. Отметим, что в контексте многократной эксплуатации ракетных установок, прогнозирование срока службы двигателя производится после каждой процедуры запуска [3, с. 45].

Многократную версию сверхлёгкой ракеты разрабатывает американская компания Rocket Lab на базе уже используемой ракеты-носителя «Электрон». Первая ступень ракеты будет возвращаться на парашюте, затем на небольшой высоте её будет перехватывать вертолёт. В конце 2020 года компания уже протестировала посадку, но на воду, без захвата вертолётном [4].

Европейское космическое агентство (ЕКА) запустило несколько проектов по созданию космических аппаратов многократного использования, таких как Норрег, космический аппарат с горизонтальным взлётом и посадкой, разработанный в 2005 году, представлявший одноразовую первичную ступень и расходимую верхнюю ступень. На данный момент проект закрыт. Другая программа подготовки будущих пусковых установок была поручена испанской компании PLD Space, лидером в области запусков малых спутников. Кроме того, европейские проекты для тяжёлых пусковых установок, помимо Ariane 6 (коллаборация ЕКА, CNES (Национальный центр космических исследований) и ArianeGroup), для которых концепция повторного использования считалась невыгодной, теперь рассматривают эту функцию как способ адаптации к развивающемуся рынку. Некоторые идеи для конструирования будущей Ariane Next – многократной стратегической космической ракеты-носителя SALTO Technologies & Operations, возникли благодаря исследованиям, проведённым на демонстраторе многократной ракеты-носителя Callisto в сотрудничестве между европейскими промышленными предприятиями и институтами, и JAXA.

Отечественные учёные АО «ГКНПЦ имени Хруничева» совместно с АО «НПО Молния», вдохновившись концепцией многократного использования, в 1990-е годы активно участвовали в проекте «Байкал» [5, с. 11-21],

посвящённом разработке многоразового ракетного ускорителя первой ступени «Байкал» (рисунок 1) ракеты-носителя Ангара, функционирующем на кислородно-керосиновом топливе, и приводимом в движение двигателями РД-180 и РД-191 производства АО «НПО Энергомаш имени академика В. П. Глушко». Данный многоразовый ускоритель, являющийся беспилотным, был представлен в 2001 году. Преимущество заключается в том, что многоразовый ускоритель «Байкал» является универсальной ступенью, и может использоваться как в составе ракет-носителей семейства «Ангара» лёгкого, среднего и тяжёлого классов, так и в составе других ракетных комплексов. «Байкал» оснащён уникальной автоматической системой управления, обеспечивающей сопровождение полёта с момента старта в составе ракеты-носителя, до посадки на аэродром. Несмотря на высокую скорость входа в атмосферу, у «Байкала» отсутствует традиционное теплозащитное покрытие, что существенно снижает затраты на эксплуатацию и изготовление, а традиционная самолётная аэродинамическая схема ускорителя была признана наиболее эффективной по сумме показателей.



Рисунок 1. Макет многоразового ускорителя «Байкал»

К сожалению, проект «Байкал» не был доведён до лётных испытаний. Однако в конце 2010-х годов «Роскосмос» вернулся к этой идее: новый проект получил название «Крыло-СВ». Так, на базе проекта, основанного на наработках проекта «Байкал», ведутся разработки сверхлёгкой ракеты-носителя «Иркут» (рисунок 2), первый запуск которой запланирован на 2024 год. Ракету планируется конструировать в двух модификациях (одноразовой и многоразовой), одна из которых будет иметь возвращаемую первую ступень с поворотным крылом. В зависимости от версии, масса полезной нагрузки будет варьироваться. Одноразовая модификация сможет выводить на низкую околоземную орбиту высотой 200 км и наклоном $51,7^\circ$ груз массой до 584 кг, а для геостационарной орбиты максимальная выводимая масса составит 84 кг. Частично многоразовая версия с возвращаемой первой ступенью будет способна выводить 398 и 60 кг соответственно [4].



Рисунок 2. Ракета-носитель «Иркут» [4]

Что касается возвращаемой первой ступени ракеты, то в отличие от популярной в настоящее время среди разработчиков ракет-носителей схемы с реактивной посадкой (как, к примеру, у вышеупомянутой ракеты Falcon 9), в российском проекте ступень помимо основного ракетного двигателя для взлёта также имеет турбореактивный двигатель и крыло. После отделения первой ступени крыло поворачивается, она возвращается на космодром и садится по-самолётному на обычную взлётно-посадочную полосу. Из-за крыла, турбореактивного двигателя и шасси (предполагается, что помимо

колёс ступень можно будет оборудовать лыжами), многоразовая модификация будет заметно тяжелее: 25 тонн вместо 23,6. «Иркут» будет состоять из двух ступеней и разгонного блока. Ступени будут оборудованы метан-кислородными двигателями, а в разгонном блоке планируют использовать пару из несимметричного диметилгидразина и тетраоксида азота [4].

Активно ведётся разработка ракеты среднего класса «Союз-7» (или «Амур-СПГ»), в которой будет использоваться классический метод с вертикальной посадкой на реактивных двигателях [4].

Резюмируя вышеизложенное отметим, что разработчики склонны рассматривать возможность повторного использования этапов запуска как способ снижения повторяющихся затрат на запуск. Однако следует учитывать некоторые ограничивающие факторы. Прежде всего, если ракета-носитель должна лететь обратно на Землю, необходимо загрузить дополнительную массу топлива. Кроме того, требуется плановое техническое обслуживание, что приводит к увеличению затрат: в случае недопустимых значений мониторинга работоспособности, критические компоненты проверяются и заменяются. Так, многоразовая ракета-носитель Спейс Шаттл (SSME) требует комплексного технического обслуживания и замены после каждой миссии, в том числе двигателя RS-25, который не является исключением. В этой связи вопрос экономичности многоразовых ракетных установок остаётся открытым.

Использованные источники:

1. Soltani M. et al. Robust Parametric Fault Estimation in A Hopper System // IFAC Proceedings Volumes. – 2012. – Т. 45. – № 13. – С. 491-498.
2. Ванин Ю.В. Многоразовые ракетные двигатели: вопросы эксплуатации // Аллея науки. – 2023. – № 3 (78). – С. 5.
3. Ванин Ю.В. Методы прогнозирования срока службы камер сгорания жидкостных ракетных двигателей // V МНПК «Актуальные вопросы современной науки». – Пенза, 25 февраля 2023. – С. 45.

4. Копиев Г. Раскрыты характеристики российской многоразовой ракеты с поворотным крылом // N+1. – 9 октября, 2021. – URL: <https://nplus1.ru/news/2021/10/09/irkut>

5. Filatyev A.S. et al. Advanced aviation technology for reusable launch vehicle improvement //Acta Astronautica. – 2014. – Т. 100. – С. 11-21.