

УДК 811.112.2; 629.78

## WIEDERVERWENDBARE TRÄGERRAKETEN

© Денисов Д.А., Мартынова О.Н.

e-mail: dda20001203@gmail.com

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Der Weltraum ist für alle Menschen ein wichtiger Teil unserer täglichen Infrastruktur (z.B., wir benutzen GPS-Geräte, Satellitentelefone u.s.w.). Es gibt heutzutage keine Zweifel, dass die Raumfahrt eine große Zukunft hat. Die Kosten für den Raumflug sind enorm, das lässt die Entwicklungsraten nicht beliebig steigern. Als eine Lösung schlagen die Wissenschaftler die Verwendung von wiederverwendbaren Raketen vor.

In diesem Artikel wurde die Geschichte der wiederverwendbaren Flugkörper kurz zusammengefasst, neue amerikanische Entwürfe vorgestellt, sowie einige finanzielle Fragen erläutert.

Wiederverwendbare Raketen werden schon seit über 50 Jahren verwendet. Amerikanische Raumfähren sind ein Beispiel von wiederverwendbaren Raumtransportfahrzeugen, die nach einer Weltraummission wie ein Flugzeug auf der Erde landeten. Das Space Shuttle prägte eine ganze Ära in der Geschichte der Raumfahrt. Einer der Gründe für das Ende dieses Programms waren unter anderem seine hohen Kosten [1]. Im Jahre 2011 wurde dieses Programm geschlossen.

Und jetzt arbeitet man in einer anderen Richtung. Besonders aktiv ist ein privates US-amerikanisches Raumfahrtunternehmen SpaceX. Am 22. Dezember 2015 startete eine verbesserte Falcon 9-Rakete von der amerikanischen Cape Canaveral Air Force Station in den erdnahen Satellitenorbit. Die erste Stufe führte die weltweit erste sanfte Landung einer orbitalen Trägerrakete erfolgreich durch. Es ist damit erstmals gelungen, die Hauptstufe einer Rakete sicher zur Erde zurück zu bringen [2].

Die 70 m hohe und rund 541 Tonnen schwere «Falcon 9»-Rakete kann auf einer Meeresplattform oder auf der Plattform im Startgelände landen. Nach dem Abstoßen der Nutzlast drehen Stickstoff-Positionsraketen den Raketenkörper der ersten Stufe um 180°. Die Raketenmotoren steuern die erste Stufe in einen im Vergleich zum Start umgekehrten ballistischen Bogen und bremsen die Stufe so ab, dass sie weich landen kann [3]. Die erste Wiederverwendung einer ersten Raketenstufe gelang im März 2017. Die Falcon-9-Rakete landete knapp 10 Minuten nach ihrem Start auf einer schwimmenden Plattform im Atlantik[4].

Die Weiterentwicklung Falcon Heavy besteht aus drei überarbeiteten, wiederverwendbaren Erststufen der Rakete Falcon 9 sowie einer Falcon-9-Zweitstufe. Der erste Testflug eines Prototyps fand am 6. Februar 2018 statt. Der Flug war erfolgreich [5]

Die Analyse von offenen Quellen ließ die Kosten von Starts und die Leistungsfähigkeit der wiederverwendbaren Raketen vergleichen [6, 7]. Der Preis für die Buchung eines Falcon-Heavy-Starts lag im Jahr 2011 bei 80–125 Millionen US-Dollar und stieg bis 2018 auf 90–150 Millionen US-Dollar. Damit liegt er um etwa 50% über dem für die Falcon 9, das aber bei fast dreifacher Leistung. Der Grund für den stark unterproportionalen Preiszuwachs liegt im höheren Anteil wiederverwendbarer Komponenten. So kostet die erste Stufe von der Falcon9-Rakete ungefähr 60% der ganzen Rakete, 20% die zweite Stufe, und den Rest macht die Spitze und Treibstoffkosten aus. D.h., die Bergung von den ersten zwei Stufen reduziert die Startkosten und die nachfolgende Produktion. Die Falcon Heavy wird

damit beworben, dass die Kosten für ein Kilogramm an Nutzlast, die mit der Rakete getragen wird, bei etwa 1.300 Dollar liegen. Im Vergleich zum Space Shuttle ist es fast 50mal weniger, es mussten 60.000 Dollar pro Kilogramm bezahlt werden. Das kann entscheidend neue Weltraum-Produkte, Entwicklungen und Forschung beeinflussen und positiv auf die Entwicklung des Raketenbaus wirken.

### Библиографический список

1. Space Shuttle // Интернет ресурс: <https://www.planet-wissen.de/technik/weltraumforschung/raumstationen/pwiespaceshuttlegeschichte100.html>
2. SpaceX // Интернет ресурс: <https://de.wikipedia.org/wiki/SpaceX>
3. SpaceX «Falcon 9»: Die wiederverwendbare Rakete // Интернет ресурс: <https://www.raonline.ch/pages/edu/space/rocket1502.html>
4. SpaceX startet wiederverwendete Rakete // Интернет ресурс: <https://www.zeit.de/wissen/2017-03/raumfahrt-spacex-rakete-recycling>
5. Elon Musks gefeierte Rakete könnte Folgen für die Erde haben, die man nicht wiedergutmachen kann // Интернет ресурс: <https://www.businessinsider.de/elon-musks-gefeierte-rakete-koennte-folgen-fuer-die-erde-haben-die-man-nicht-wiedergutmachen-kann-2018-2>
6. Falcon Heavy // Интернет ресурс: [https://de.wikipedia.org/wiki/Falcon\\_Heavy](https://de.wikipedia.org/wiki/Falcon_Heavy)
7. Многоразовый Falcon 9 подешевеет в 10 раз // Интернет ресурс: <https://lenta.ru/news/2018/05/14/falcon9/>