

Starship – największa i najmocniejsza rakietą zbudowana przez człowieka

Adam Juchacz

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie

Streszczenie

W artykule przedstawiono raketę nośną Starship. Zawarto dane techniczne, planowane modyfikacje mające na celu ulepszenie konstrukcji. Opisane są zarówno wady, jak i zalety największej rakiety świata oraz wymagania, z jakimi się zмага firma SpaceX. Krótko wspomniano o planach Elona Muska, mecenasa programu SpaceX, na podbój kosmosu w najbliższych latach.

Słowa kluczowe: rakietą nośną, Starship, SpaceX

Wprowadzenie

Starship to najnowsza i najbardziej zaawansowana rakietą kosmiczną opracowywana przez SpaceX, firmę założoną przez Elona Muska. Jej konstrukcja oraz ambitne plany związane z eksploracją kosmosu sprawiają, że zapowiada się ona jako rewolucyjna technologia, która odmieni sposób, w jaki ludzkość myśli o podróżach kosmicznych.



Ryc. 1. Model 3D rakiety Starship

Źródło: [1]



Ryc. 2. Pierwszy stopień rakiety na platformie startowej

Źródło: [1]

Konstrukcja i dane techniczne

Starship składa się z dwóch głównych elementów: pierwszego stopnia (Super Heavy) oraz drugiego stopnia (Starship).

Super Heavy

Super Heavy to imponujący booster rakiety o wysokości około 68 m i średnicy 9 m. Jest wyposażony w maksymalnie 33 silniki Raptor, które wykorzystują zaawansowaną technologię spalania z etapu pełnego przepływu oksydatora. Te nowoczesne silniki, zasilane metanem (CH_4) i ciekłym tlenem (LOX), zapewniają ogromną moc niezbędną do wyniesienia rakiety wraz z jej ładunkiem na orbitę. Każdy silnik Raptor generuje ciąg o wartości około 230 ton metrycznych, co w sumie daje Super Heavy zdolność do wygenerowania ponad 7600 ton ciągu przy pełnym napełnieniu i maksymalnym ustawieniu wszystkich silników. Silniki zostały zaprojektowane z myślą o wielokrotnym użyciu, co znacząco obniża koszty operacyjne związane z eksploracją kosmosu. Dzięki temu Super Heavy ma zdolność do wyniesienia ponad 100 ton ładunku na niską orbitę okołoziemską (LEO).

Starship

Starship to rewolucyjny pojazd kosmiczny o wysokości około 50 m i średnicy 9 m. Wyposażony jest w sześć zaawansowanych silników Raptor, podzielonych na dwie kategorie w celu zwiększenia efektywności działania w różnych warunkach atmosferycznych. Trzy z tych silników to wersje atmosferyczne, zaprojektowane do pracy w gęstej atmosferze ziemskiej podczas startu i lądowania. Te silniki posiadają mniejsze dysze, co umożliwi skuteczniejsze zarządzanie gazami w fazie startu oraz precyzyjne manewrowanie podczas lądowania.

Pozostałe trzy silniki to wersje próżniowe (Raptor Vacuum), zoptymalizowane do wydajnego działania w warunkach próżni kosmicznej, na przykład podczas orbitowania Ziemi czy manewrowania międzyplanetarnego. Wyposażone w większe dysze, te silniki pozwalają na bardziej efektywne wykorzystanie paliwa w niskociśnieniowych warunkach przestrzeni kosmicznej.

Dzięki tej kombinacji silników Starship zapewnia elastyczność i zdolność do przeprowadzania zarówno manewrów startowych, jak i zadań w przestrzeni kosmicznej, co czyni go wysoce wszechstronnym pojazdem zdolnym do szerokiego zakresu misji. W zależności od konfiguracji Starship może przewozić do 100 osób lub ogromne ilości ładunku, co czyni go idealnym kandydatem do załogowych lotów międzyplanetarnych oraz transportu ciężkich ładunków na orbitę.

Misje i plany

SpaceX ma szereg ambitnych planów związanych ze statkiem kosmicznym Starship, obejmujących podboje międzyplanetarne, podróże orbitalne, misje załogowe na Międzynarodową Stację Kosmiczną (ISS) oraz liczne testy i postępy technologiczne.

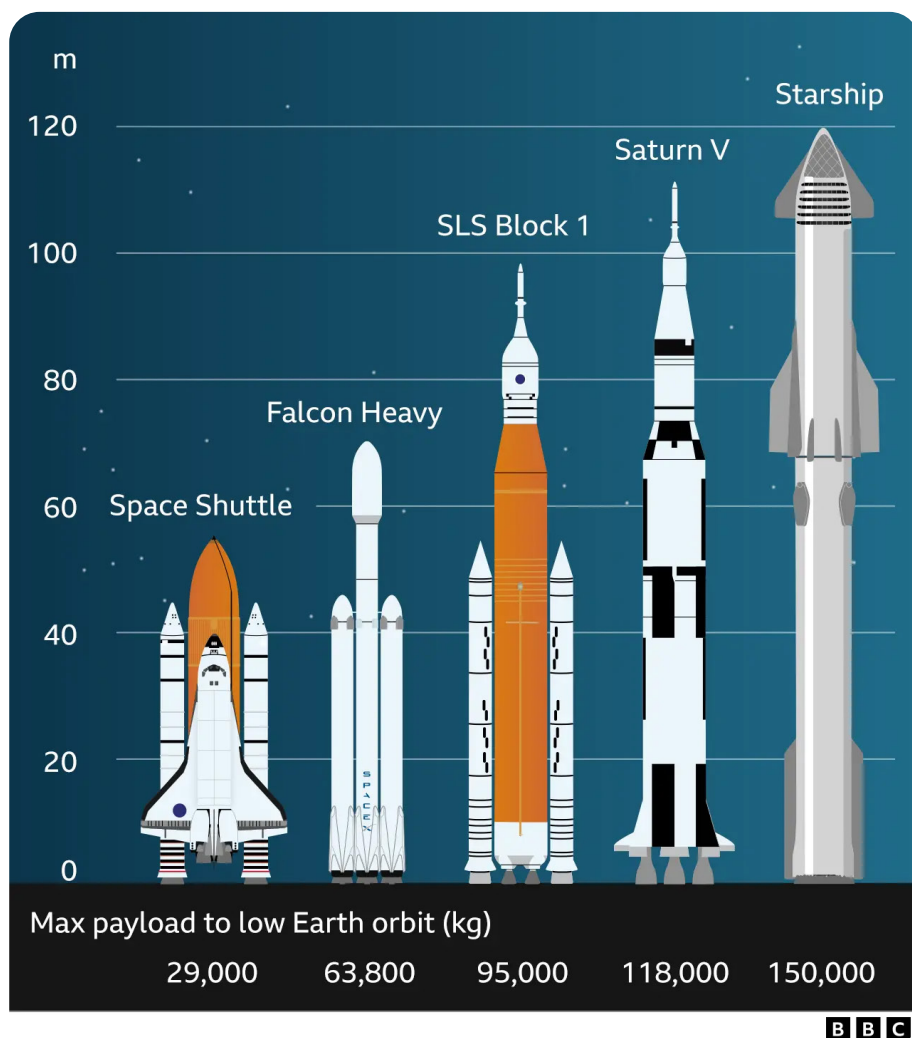
Podboje międzyplanetarne stanowią centralny cel misji związanych z Starshipem. Elon Musk otwarcie mówi o swojej największej ambicji, jaką jest kolonizacja Marsa. Planowane jest, że pierwsze załogowe misje na Czerwoną Planetę mogą odbyć się w latach 2025–2030. Równocześnie NASA wybrała Starship jako platformę do przyszłych załogowych misji księżycowych w ramach programu Artemis, który ma na celu powrót ludzi na Księżyc.

W kontekście podróży orbitalnych SpaceX planuje realizację komercyjnych lotów, obejmujących misje turystyczne i naukowe. Firma zawarła już umowy z wieloma partnerami komercyjnymi, w tym z japońskim miliarderem Yusaku Maezawą, który zarezerwował pełny lot wokół Księżyca.



Ryc. 3. Drugi stopień rakiety

Źródło: [1]



Ryc. 4. Grafika porównująca raketę Starship do innych największych osiągnięć technologicznych zbudowanych przez człowieka

Źródło: [1]

Starship ma także potencjał zastąpienia obecnie używanych kapsuł Dragon w misjach załogowych na ISS. Zapewnia to większą elastyczność i pojemność w transporcie zarówno załogi, jak i ładunku.

SpaceX przeprowadziło już szereg testów w celu doskonalenia projektu Starship. Kluczowe wydarzenia obejmują testy lądowania i skoku, w których prototypy Starship, oznaczone jako SN (Serial Number), przechodziły wielokrotnie testy startu i lądowania. Wyniki tych testów dostarczyły istotnych danych, co pozwoliło na udoskonalenie konstrukcji i systemów rakiety. Ponadto SpaceX planuje przeprowadzenie testów lotów orbitalnych, które będą kluczowe dla oceny efektywności oraz niezawodności systemu w warunkach kosmicznych.

Jak każda innowacyjna technologia, Starship napotyka liczne wyzwania techniczne, regulacyjne oraz ekonomiczne.

Wyzwania techniczne

Jednym z głównych technicznych wyzwań jest skuteczne lądowanie na Marsie, co wymaga opracowania rozwiązań dla problemów związanych z cienką atmosferą Marsa oraz

trudnym terenem lądowania. Długotrwałe misje międzyplanetarne wymagają również zaawansowanych systemów podtrzymywania życia, które będą w stanie zapewnić załodze niezbędne warunki do przetrwania podczas wielomiesięcznych podróży.

Wyzwania regulacyjne

SpaceX musi uzyskać niezbędne zgody i licencje od agencji kosmicznych i innych odpowiednich organów regulacyjnych na starty i lądowania zarówno na Ziemi, jak i na innych ciałach niebieskich. Proces ten może być skomplikowany i czasochłonny ze względu na konieczność spełnienia wielu rygorystycznych standardów bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

Wyzwania ekonomiczne

Realizacja tych ambitnych przedsięwzięć wymaga znacznych nakładów finansowych. O ile SpaceX odnosi sukcesy w pozyskiwaniu funduszy na etapie misji demonstracyjnych, przejście do operacyjnych misji może wymagać jeszcze większych inwestycji oraz skutecznych modeli biznesowych, które uzasadniają wysokie koszty.

Przyszłość projektu Starship

Starship stanowi kamień milowy w nowoczesnej inżynierii kosmicznej, symbolizujący przełom w podejściu do eksploracji pozaziemskiej z wykorzystaniem najnowszych osiągnięć technologicznych. Jest to projekcja nowej ery kosmicznej, w której cele, które do niedawna wydawały się nieosiągalne, są na wyciągnięcie ręki dzięki innowacjom i postępowi w dziedzinie technologii raketowej oraz materiałoznawstwa.

Jeśli SpaceX zdoła zrealizować swoje ambitne plany, Starship ma potencjał, aby stać się pierwszym skutecznie operującym pojazdem, zdolnym do regularnych, wielokrotnego użytku lotów międzyplanetarnych, co oznaczałoby fundamentalną zmianę w logistyce misji kosmicznych. Konstrukcja Starshipa z wykorzystaniem stali nierdzewnej, zaawansowane systemy napędowe Raptor, które pracują na mieszance ciekłego metanu i tlenu, oraz zdolność do tankowania w przestrzeni kosmicznej, stanowią kluczowe elementy umożliwiające realizację tych zamierzeń.

Przyszłość Starshipa obejmuje zarówno misje na Księżyc (wspomniany program Artemis), jak i ambitne wyprawy na Marsa, które mają doprowadzić do stworzenia stałych kolonii na Czerwonej Planecie. Długoterminowym celem

jest zrewolucjonizowanie podróży kosmicznych, tak aby międzyplanetarne podróże mogły stać się nie tylko możliwe, ale również rutynowe, otwierając nowy rozdział w historii ludzkości jako gatunku międzyplanetarnego.

Zastosowania komercyjne

W perspektywach technologicznych i ekonomicznych projekt Starship, jako innowacyjne rozwiązanie technologiczne, ma potencjał do radykalnego obniżenia kosztów wynoszenia ładunków na orbitę, co może zrewolucjonizować nie tylko przemysł satelitarny, ale również badania kosmiczne i turystykę kosmiczną. Dzięki zdolności do przewozu dużych ładunków, Starship może stać się katalizatorem rozwoju globalnej infrastruktury kosmicznej, w tym budowy nowych stacji kosmicznych i innych struktur orbitalnych.

Starship charakteryzuje się konstrukcją wielokrotnego użytku, co jest kluczowe dla redukcji kosztów związanych z wynoszeniem ładunków na orbitę. Tradycyjne rakiety kosmiczne są zazwyczaj jednorazowego użytku, co generuje ogromne koszty. Dzięki wielokrotnemu użyciu Starship ma potencjał, aby znacząco obniżyć te koszty, co otwiera nowe możliwości dla komercyjnych aplikacji kosmicznych.

Aktualnie największą inwestycją SpaceX jest system satelitarny Starlink, którego satelity są wynoszone na orbitę przez rakiety Falcon 9 w liczbie około 60 sztuk na lot. Dzięki większej pojemności ładunkowej Starship będzie mógł transportować kilkukrotnie większą liczbę satelitów w jednym locie, co znacznie zwiększy efektywność i obniży koszty operacyjne.

Dzięki zdolności do przewozu dużych ładunków Starship ma potencjał, by wspierać rozwój infrastruktury kosmicznej na niespotykaną wcześniej skalę. Może to obejmować budowę i zaopatrzenie nowych stacji kosmicznych, a nawet konstrukcję struktur orbitalnych służących jako przystanki dla przyszłych misji międzyplanetarnych.

Starship otwiera również nowe horyzonty w dziedzinie turystyki kosmicznej. Zdolność do przewozu dużej liczby pasażerów jednocześnie sprawia, że podróże w przestrzeń kosmiczną stają się bardziej dostępne dla prywatnych klientów. Przy odpowiedniej redukcji kosztów podróże suborbitalne i orbitalne mogłyby stać się dostępne nie tylko dla rządów i korporacji, ale również dla indywidualnych entuzjastów i badaczy.

Starship jest projektowany z myślą o wysokiej modularności, co umożliwi jego dostosowanie do różnych rodzajów misji – od wynoszenia satelitów, przez zaopatrywanie stacji kosmicznych, aż po misje załogowe i rozbudowane misje międzyplanetarne. Adaptacja ładowni i systemów wewnętrznych w zależności od specyficznych potrzeb



Ryc. 5. Start rakiety Starship z kosmodromu Starbase w Boca Chica w południowym Teksasie na wybrzeżu Zatoki Meksykańskiej

Źródło: [1]

misji czyni ten statek kosmiczny wysoce wszechstronnym narzędziem.

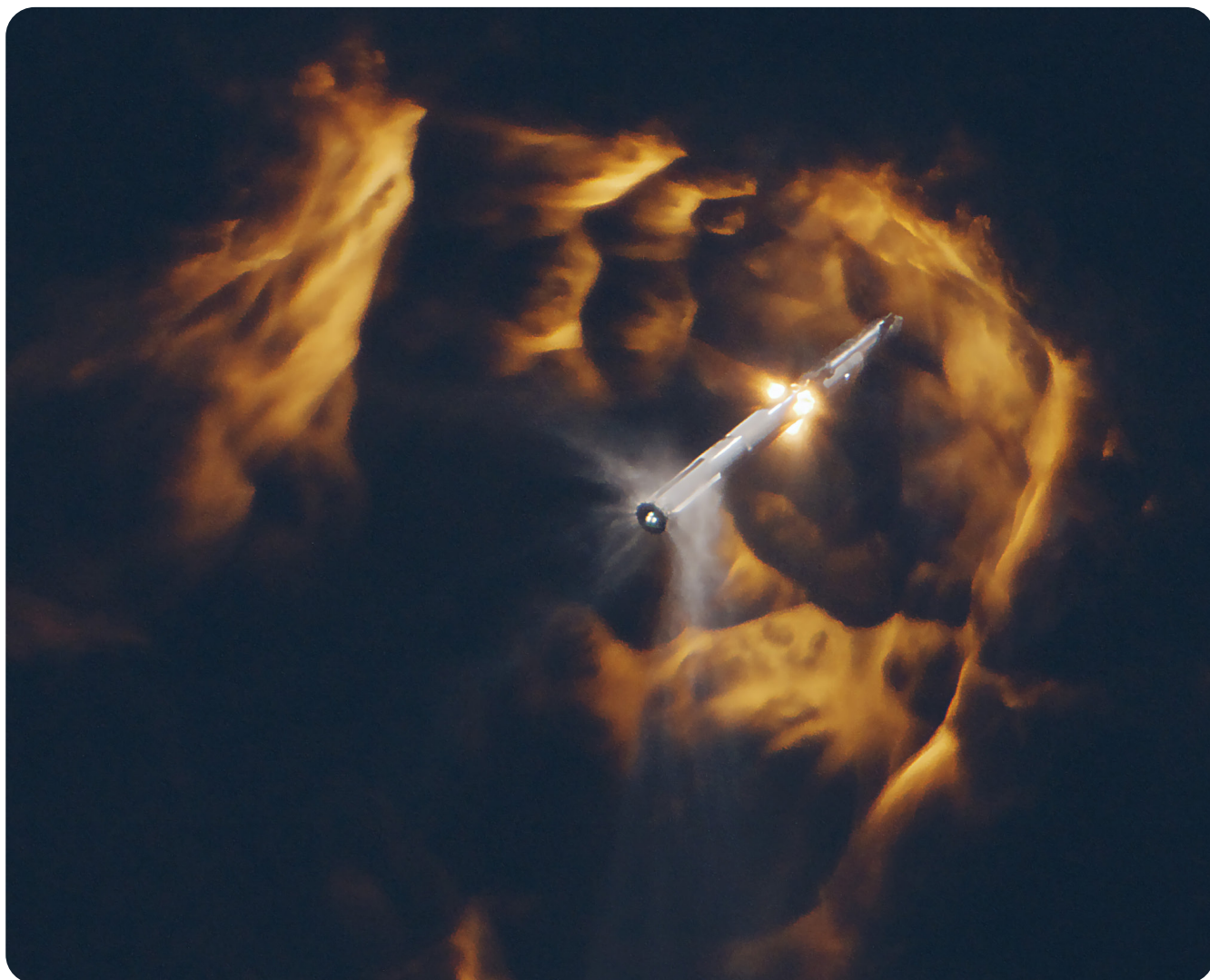
Jednym z kluczowych elementów technologicznych rakiety Starship jest zdolność do tankowania w przestrzeni kosmicznej. Umożliwia to znaczne zwiększenie zasięgu misji, pozwalając na transport większych ładunków na dłuższe dystanse. Strategia ta jest szczególnie istotna dla misji międzyplanetarnych, takich jak loty na Marsa, gdzie możliwość tankowania w przestrzeni stanowi kluczowy element planowania logistycznego.

Wielokrotnego użytku konstrukcja Starshipa, w połączeniu z zaawansowanymi technologiami napędowymi i aerodynamicznymi, umożliwia szybki obrót między kolejnymi lotami, co dodatkowo obniża koszty operacyjne. Systematyczna, rutynowa obsługa techniczna i możliwość szybkiej regeneracji statku kosmicznego po powrocie na Ziemię to kolejne kroki ku maksymalizacji efektywności operacyjnej.

Komercjalizacja przestrzeni kosmicznej poprzez zastosowanie rakiety Starship ma szerokie implikacje ekonomiczne, wykraczające poza tradycyjne ramy przemysłu kosmicznego. Obejmuje ona rozszerzenie rynków komercyjnych, rozwój nowych technologii oraz przyspieszenie ekonomii kosmicznej.

Niższe koszty wynoszenia ładunków na orbitę mogą przyciągnąć nowe firmy do branży satelitarnej, wspierając rozwój małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w sektorze. Bardziej dostępne wynoszenie satelitów sprzyja również innowacjom w zakresie miniaturyzacji technologii satelitarnych oraz wprowadzeniu nowych usług, takich jak Internet rzeczy (IoT) czy globalne sieci 5G.

Redukcja kosztów związanych z dostępem do przestrzeni kosmicznej może również stymulować badania naukowe i rozwój technologii. Instytuty badawcze, uniwersytety oraz prywatne laboratoria zyskują możliwość realizowania bar-



Ryc. 6. Moment separacji pierwszego i drugiego członu rakiety

Źródło: [1]

dziej ambitnych i różnorodnych projektów. Starship może też wspierać międzynarodową współpracę, umożliwiając wspólne misje badawcze i projekty technologiczne.

Zdolność do transportu dużych ładunków na orbitę sprzyja tworzeniu przyszłej infrastruktury orbitalnej. Stacje kosmiczne, hotele kosmiczne, przystanki do tankowania w przestrzeni kosmicznej oraz inne podobne struktury mogą zrewolucjonizować sposób, w jaki prowadzimy operacje w kosmosie, przynosząc długoterminowe korzyści ekonomiczne i technologiczne.

Komercjalizacja podróży kosmicznych może stać się nowym sektorem gospodarki kosmicznej. Starship, dzięki swoim możliwościom przewozowym, oferuje perspektywę ekonomicznie efektywnej turystyki kosmicznej. Współpraca z partnerami prywatnymi i firmami turystycznymi może doprowadzić do powstania nowych modeli biznesowych skupiających się na masowej turystyce orbitalnej i suborbitalnej.

Edukacja i inspiracja

Program Starship, dzięki swojej skali i ambitnym celom, inspirowało nowe pokolenia naukowców, inżynierów i entu-

zjastów kosmosu. Jego sukces może przyczynić się do wzrostu zainteresowania naukami ścisłymi i inżynierią, co ma kluczowe znaczenie dla dalszego rozwoju technologii kosmicznych.

Podsumowanie

Rakieta Starship od firmy SpaceX to bardzo znaczący krok naprzód w dziedzinie eksploracji kosmicznej. Jej zaawansowana konstrukcja, potężne silniki i ambitne cele misji stawiają ją w centrum uwagi zarówno naukowej, jak i komercyjnej społeczności kosmicznej. Jeśli plany Elona Muska dotyczące Marsa i innych destynacji kosmicznych zostaną zrealizowane, Starship może okazać się kluczowym narzędziem, które pozwoli ludzkości na stałą obecność poza Ziemią.

Ambitne cele i rewolucyjna technologia sprawiają, że Starship jest jednym z najważniejszych projektów kosmicznych naszych czasów, oferując nadzieję na rozpoczęcie nowej ery w podróżach kosmicznych. Program Starship nie tylko przesuwa granice technologii, ale również oferuje marzenie



Ryc. 7. Wszystkie 33 silniki Raptor odpalone podczas startu rakiety
Źródło: [1]



Ryc. 8. Moment wejścia drugiego stopnia rakiety w atmosferę z widoczną powstającą plazmą
Źródło: [1]



Ryc. 9. Test statyczny Super Heavy 31
Źródło: [1]

o międzyplanetarnej przyszłości, w której ludzkość może stawiać nowe kroki na niezbadanych dotąd światach, czyniąc z odkrywania kosmosu ostateczny cel naszej cywilizacji.

Bibliografia

- [1] <https://www.spacex.com/> (2024, July 4)
- [2] <https://space24.pl/pojazdy-kosmiczne/systemy-nosne/starship-polecial-po-raz-czwarty-sukces-spacex> (2024, July 4)