|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

|  |  |
| --- | --- |
| ФАКУЛЬТЕТ | Специальное машиностроение |

|  |  |
| --- | --- |
| КАФЕДРА | Космические аппараты и ракеты-носители |

***НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА***

***НА ТЕМУ:***

***Сравнение различных методов соединения отсеков в ракетно-космической технике***

|  |  |
| --- | --- |
| Студент | СМ1-101 |
|  | (Группа) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | А.В. Копылов |
| (Подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |

|  |  |
| --- | --- |
| Студент | СМ1-101 |
|  | (Группа) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | А.Р. Новиков |
| (Подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | А.О. Шахвердов |
| (Подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |

Руководитель

*2025 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc208862882)

[Глава 1 Классификация соединений 4](#_Toc208862883)

[1.1 Неразъёмные соединения 4](#_Toc208862884)

[1.1.1 Клеевое соединение 4](#_Toc208862885)

[1.1.2 Заклёпочное соединение 4](#_Toc208862886)

[1.1.3 Сварка 4](#_Toc208862887)

[1.1.4 Формование 4](#_Toc208862888)

[1.2 Разъёмные соединения 4](#_Toc208862889)

[1.2.1 Штифто-болтовое соединение 4](#_Toc208862890)

[1.2.2 Закладные элементы 4](#_Toc208862891)

[Глава 2 Расчет различных видов соединений 5](#_Toc208862892)

[2.1 Расчёт неразъёмных соединений 5](#_Toc208862893)

[2.1.1 Клеевое соединение 5](#_Toc208862894)

[2.1.2 Заклёпочное соединение 5](#_Toc208862895)

[2.1.3 Сварка 5](#_Toc208862896)

[2.1.4 Формование 5](#_Toc208862897)

[2.2 Расчёт разъёмного соединения 5](#_Toc208862898)

[2.2.1 Штифто-болтовое соединение 5](#_Toc208862899)

[2.2.2 Закладные элементы 5](#_Toc208862900)

[Глава 3 Сравнение методов соединения 6](#_Toc208862901)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 7](#_Toc208862902)

# ВВЕДЕНИЕ

Современные ракеты-носители, как одноразового, так и многоразового использования, представляют собой сложнейшие инженерные системы, от надежности которых напрямую зависят успех миссии и сохранность дорогостоящей полезной нагрузки. Одной из ключевых задач при проектировании таких систем является создание прочных, жестких, герметичных и при этом массоэффективных соединений между их основными силовыми элементами – отсеками. Конструкция стыка должна выдерживать экстремальные нагрузки на этапе выведения: осевое сжимающее усилие от тяги двигателей, изгибающие моменты, поперечные и крутильные нагрузки, а также интенсивные вибрационные и акустические воздействия.

Исторически развитие методов соединения отсеков шло параллельно с эволюцией самих ракет-носителей – от классических болтовых и заклепочных соединений к более прогрессивным сварным технологиям. Каждый из этих методов (механический, сварной, клеевой, комбинированный) обладает уникальным набором преимуществ и недостатков в отношении прочностных характеристик, массы, технологичности производства и контроля качества, что делает задачу выбора оптимального решения многокритериальной и высокоактуальной.

Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа и выбора наиболее эффективных методов соединения отсеков для современных и перспективных ракет-носителей, находящихся под воздействием нагрузок этапа выведения. Целью работы является проведение сравнительного анализа методов соединения отсеков ракет-носителей и выявление оптимальных областей их применения. В работе будет проведен обзор и классификация методов соединения отсеков, анализ прочностных, массовых и технологических характеристик каждого метода, а также их сравнение и определение преимуществ и недостатков.

# Классификация соединений

## Неразъёмные соединения

### Клеевое соединение

### Заклёпочное соединение

### Сварка

### Формование

## Разъёмные соединения

### Штифто-болтовое соединение

### Закладные элементы

# Расчет различных видов соединений

## Расчёт неразъёмных соединений

### Клеевое соединение

### Заклёпочное соединение

### Сварка

### Формование

## Расчёт разъёмного соединения

### Штифто-болтовое соединение

### Закладные элементы

# Сравнение методов соединения

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ