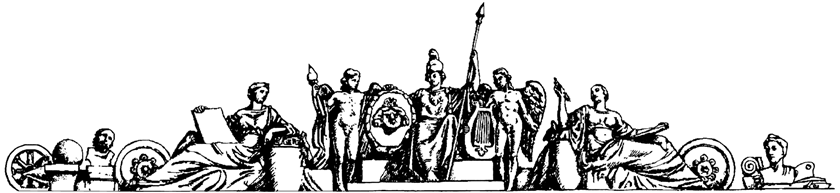
****

Министерство образования и науки 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)

Кафедра «Космические аппараты и ракеты-носители»

Дисциплина «Проектирование летательных аппаратов с жидкостными ракетными двигателями»

Домашнее задание №2

**Вариант №4**

Студентка: Гусева Н. А.

Группа: СМ1-81

Преподаватель: Коровин В.В.

Москва, 2023 год.

# Расчет массы двухступенчатой ракеты другим способом

# Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристическая скорость |  |
| Стартовая нагрузка на тягу для первой ступени |  |
| Стартовая нагрузка на тягу для второй ступени |  |
| Удельный импульс первой ступени |  |
| Удельный импульс второй ступени |  |
| Масса полезного груза |  |

# Массовый расчет двухступенчатой ракеты

Обозначим стартовую массу ракеты – массу первой ступени ракеты:

Введем понятие соотношения стартовых масс ступеней:

Если , тогда относительная масса полезного груза первой ступени:

Тогда для второй ступени:

Задаемся весовыми уравнениями для двухступенчатой ракеты:

Где весовые коэффициенты принимают следующий вид:

Также, согласно формуле Циолковского, получаем значение характеристической скорости:

Рассмотрим решение данной задачи способом, когда мы осуществляем нахождение минимальной стартовой массы ракеты путем варьирования коэффициентами , а также значениями .

В качестве первого приближения будем рассматривать значения относительной конечной массы, начиная с и с шагом до значения , так как дальнейшее рассмотрение является бессмысленным из-за нерационального распределения массы между ступенями ракеты.

Таким образом, мы получаем следующие значения:

Рассмотрим в качестве примера и решим задачу.

Из формулы Циолковского для двухступенчатой ракеты с одинаковым удельным импульсом каждой из ступеней получим значение относительной конечной массы второй ступени:

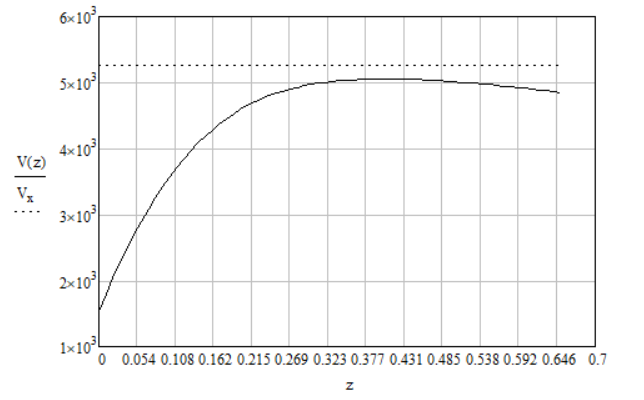
Таким образом, учитывая, что:

Тогда мы можем получить зависимости весовых коэффициентов от стартовой массы ракеты, от коэффициента и от относительной конечной массы ступеней ракеты :

Далее необходимо задаться произвольным значением стартовой массы первой ступени. Пусть .

А значение будем варьировать от значения 0.2 до значения 0.65. Получим:

Затем находим значения скорости при постоянной массе и переменном значении . Построим график зависимости:



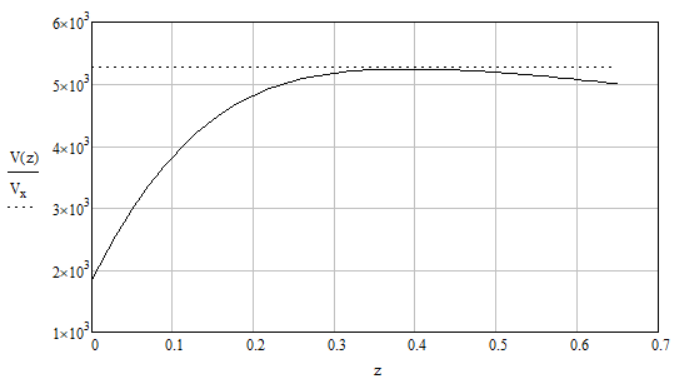
Из данного графика видно, что оптимальным значением является значение .

Далее необходимо определить такую стартовую массу, которая будет обеспечивать при полученном оптимальном значении нужную характеристическую скорость .

Следовательно, подбор осуществляем из следующих значений массы:

Тогда мы получим следующий ряд значений храктеристической скорости в зависимости от стартовой массы:

Таким образом, мы видим, что максимально приближенное значение характеристической скорости , что соответствует   
.

**

Тогда мы нашли необходимое значение стартовой массы и значение . Найдем остальные параметры ракеты при полученных массовых величинах.

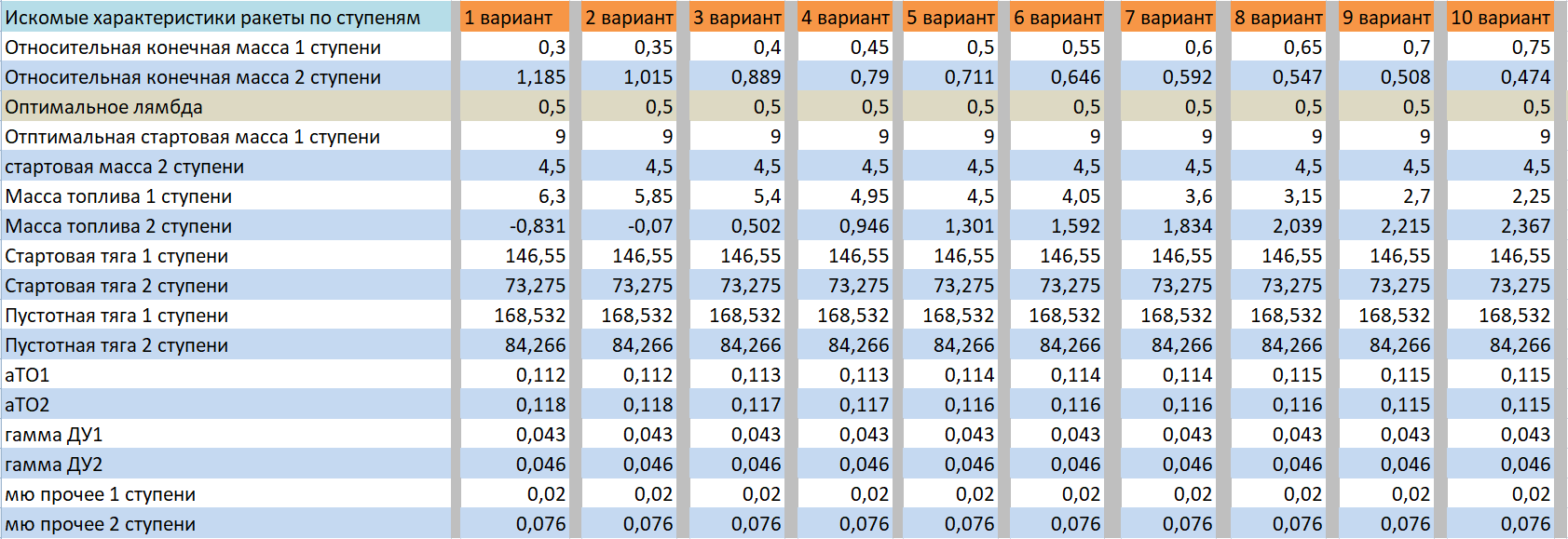
# Сравнительный анализ полученных результатов

Стартовая масса одноступенчатой ракеты получилась равной:

Стартовая масса двухступенчатой ракеты:

Следовательно, наиболее целесообразно проектировать именно двухступенчатую ракету на заданную дальность и заданную массу полезной нагрузки, так как видны выигрыши в массе на .

Далее проведем подобные расчеты для оставшихся значений конечной относительной массы и сведем все в таблицу.



Как видно, при любых подобранных значениях относительной конечной массы первой и второй ступеней значения всех других параметров, кроме массы топлива и весового коэффициента не меняются.

Таким образом, мы можем найти по данному алгоритму значения наиболее минимальной стартовой массы, но для того, чтобы спроектировать саму ракету необходимо задаваться отдельно значениями , которые в свою очередь соответствуют весовому качеству ракеты и зависят от множества других факторов.

Задавшись этими значениями более точно мы можем определить и относительные конечные массы ступеней ракеты, что позволит сделать эскиз ракеты и определить более оптимальные объемно-габаритные параметры.