

УДК 629.78

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ПРИ ПЕРЕЛЕТЕ НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ ОРБИТУ

© Вельможин Д.С., Четвериков А.С.

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

e-mail: mr.velmozhin@mail.ru

Представлено решение вопроса оптимизации проектно-баллистических параметров МТА с ЭРДУ, предназначенного для перелетов между околоземными орбитами.

Разработан программный комплекс, который выполняет проектировочный расчет и твердотельное моделирование МТА с ЭРД с заданными начальными условиями. Расчет выполняется в трех режимах: гипотетический двигатель с заданным КПД и скоростью истечения газов; заданный двигатель, параметры которого содержатся в подключенной к программному комплексу базе данных; оптимальный двигатель для данных граничных условий по критерию максимизации массы полезной нагрузки из базы данных двигателей.

В программе предусмотрено построение графиков зависимостей радиуса и наклона орбиты от времени, присутствует модуль построения трассы для заданной даты старта. Проектный облик МТА реализуется посредством создания трехмерной модели в САD-системе «КОМПАС-3D».

Особенностью данного программного комплекса является представление сводной диаграммы массы полезной нагрузки, выводимой на целевую орбиту при использовании всех двигателей из базы данных «Двигатели» в режиме расчета «Оптимальный двигатель».

Окно программы при этом имеет вид, представленный на рисунке 1.

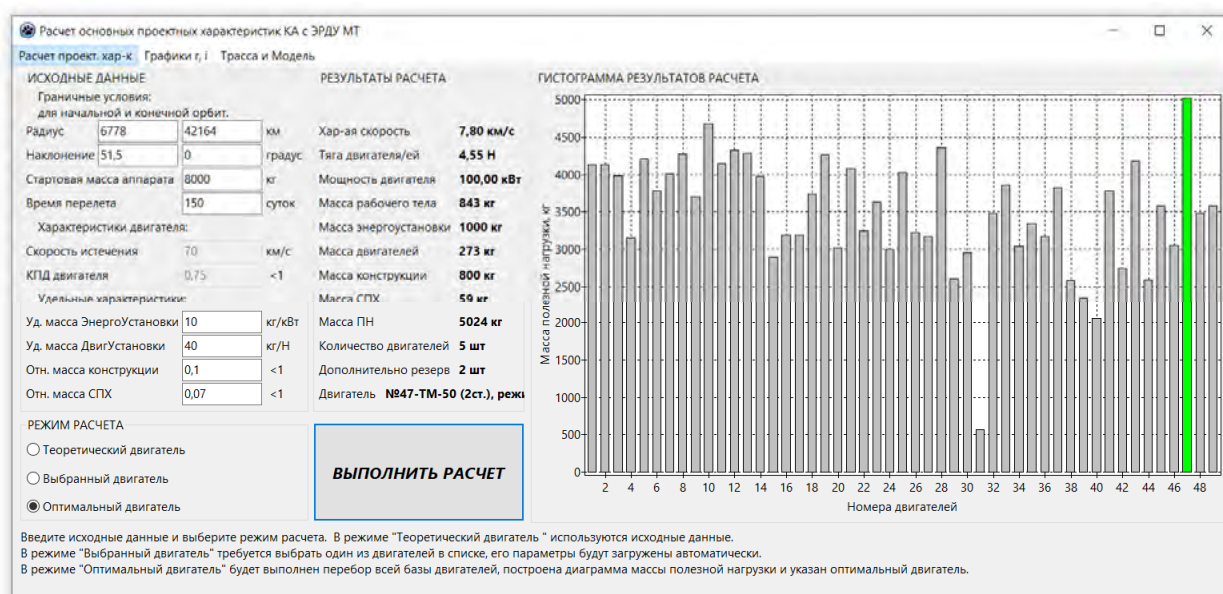


Рисунок 1 – Окно программы и сводная диаграмма максимальной массы полезной нагрузки при использовании различных двигателей.

Данный функционал программы может быть полезен при принятии решения о выборе типа двигателя для проектируемого МТА при невозможности использования оптимального двигателя. Сводная диаграмма позволяет создать ранжированный список предпочтительных вариантов выбора двигательной установки.

Модуль построения трассы полета опирается на массив данных об орбите МТА на этапе выведения в оскулирующих элементах. Указание даты старта позволяет выполнить расчет трассы полета и представить ее наложение на карту Земли.

Для построения твердотельной модели проектного облика МТА используется параметризованная модель. Значения параметров из программы заносятся в таблицу MS Excel, а затем считываются из нее при обновлении модели в «КОМПАС-3D».

Сложность представляет построение массива двигателей. В данной программе число двигателей выбирается из базы данных возможных прямоугольных массивов двигателей. Количество двигателей не менее требуемого и по возможности не более требуемого и резервного суммарно.

Пример построения проектного облика МТА представлен на рисунке 2.

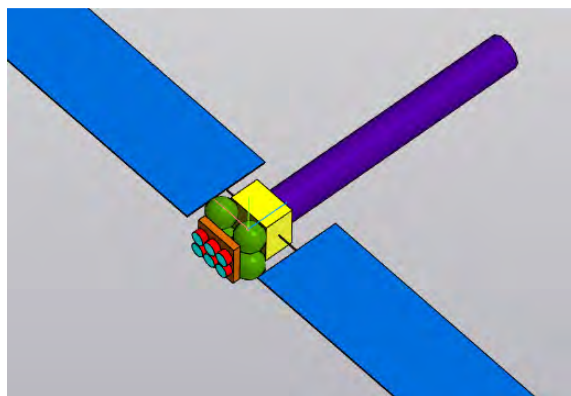


Рисунок 2 – Проектный облик МТА

В результате ряда расчетов установлено, что с увеличением времени полета МТА уменьшается потребная тяга, необходимая мощность энергоустановки и количество двигателей, увеличивается масса выводимой полезной нагрузки (см. таблицу).

Таблица – Результаты расчета для продолжительности перелета от 150 до 350 суток для 5 расчетных случаев (различных двигателей)

Заданное время перелета, сут	Сорт км/с	N, кВт	Масса ПН, кг	N, кВт	Марка двигателя	Масса ПН, кг	Кол-во двигателей	N, кВт	Масса ПН, кг	Кол-во двигателей	N, кВт	Масса ПН, кг	Кол-во двигателей	N, кВт	Масса ПН, кг	Кол-во двигателей
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	12	13	14
Теоретический двигатель				Оптимальный двигатель				СПД-100			HiPER			СПД-290		
150	39,44	143,54	4054	100	TM-50	5024	5	60,75	2897	45	188	4006	8	90	4086	3
200	45,54	125,91	4461	60	TM-50	5493	3	45,9	3102	34	141	4544	6	60	4450	2
250	50,91	113,6	4741	60	TM-50	5534	3	36,45	3230	27	117,5	4819	5	60	4488	2
300	55,77	104,38	4949	40	TM-50	5761	2	31,05	3037	23	94	5081	4	30	4814	1
350	60,24	97,13	5112	40	TM-50	5781	2	25,65	3377	19	70,5	5336	3	30	4832	1

Библиографический список

1. Лебедев В.Н. Расчет движения космического аппарата с малой тягой. М.: ВЦ АН СССР, 1968. 108 с.
2. Нариманов Г.С., Тихонравов М.К. Основы теории полета космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1972. 608 с.
3. Салмин В.В., Четвериков А.С., Гоголев М.Ю. Расчет проектно-баллистических характеристик и формирование проектного облика межорбитальных транспортных аппаратов с электроракетной двигательной установкой с использованием информационных технологий: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2019. 196 с.
4. Проектно-баллистический анализ транспортных операций космического буксира с электроракетными двигателями при перелетах на геостационарную орбиту, орбиту спутника Луны и в точки либрации системы Земля – Луна / В.В. Салмин, О.Л. Старина, А.С. Четвериков, Н.А. Брюханов, И.И. Хашиц, И.М. Филиппов, А.А. Лобыкин, Л.С. Бурьлов // Космическая техника и технологии. 2018. № 1 (20). С. 82–97.