

УДК 629.78

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ТРАССЫ ПОЛЕТА ДЛЯ МЕЖОРБИТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО АППАРАТА С ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

© Омельчук С.А.

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

e-mail: sergei.omelchuk@list.ru

В последние годы появилась заинтересованность к созданию в космосе больших конструкций, в основном космических станций, спутниковых систем наблюдения и т. д., которые будут размещены на высоких орбитах, включая геостационарную. Реализуемость этих проектов во многом зависит от эффективности межорбитального транспортного аппарата, который будет переносить элементы конструкции с низкой околоземной орбиты на орбиту функционирования.

Рассмотрим задачу проектно-баллистической оптимизации межорбитального транспортного аппарата (МТА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ). В общем случае целью МТА является доставка полезной нагрузки на заданную рабочую орбиту и возвращение МТА на исходную орбиту. Обычно требуется многократное повторение таких маневров, возможно, с отличающимися параметрами полезной нагрузки или рабочих орбит. Оптимизация траекторий управляемого движения и проектного облика МТА должна обеспечивать наибольшую массу полезной нагрузки при фиксированной стартовой массе МТА [1; 3].

Процедура оптимизации построена по итерационной схеме при помощи программы, разработанной в среде Delphi 11. К программе подключена база данных, содержащая информацию о различных ЭРДУ. После ввода исходных данных и выбора типа перелета рассчитываются проектные параметры МТА в первом приближении, проектные параметры МТА с учетом реальных характеристик современных ЭРД. Реализован алгоритм поиска двигательной установки, обеспечивающий вывод максимальной полезной нагрузки на заданную высоту. Формируется проектный облик МТА, и производится твердотельное моделирование при помощи системы SolidWorks. За основу взята заранее описанная конструктивно-компоновочная схема.

В программе реализован баллистический расчет, моделирование траектории движения МТА и вывод результатов моделирования в графическом виде (графики, трасса). В процессе межорбитального перелета параметры орбиты космического аппарата (КА), от которых зависит вид трассы (высота перигея и апогея, эксцентриситет, наклонение и аргумента перигея КА), существенно меняются. Поэтому координаты точки трассы рассчитываются как проекция положения КА на поверхность вращающейся Земли [2; 4].

Основным преимуществом расчета в разработанной программе является учет вращения Земли и даты старта ракеты-носителя с КА на борту. Полученный массив траекторных параметров можно проанализировать.

При изменении начального угла долготы восходящего узла от -180° до $+180^\circ$ (за 0° принимается положение на Гринвичском меридиане) расчеты позволяют получить конечный угол долготы, в которую придет КА. Результат расчета для начального наклонения орбиты $i_o = 51^\circ$ (географическая широта космодрома Восточный), $i_o = 45^\circ$ (географическая широта космодрома Байконур) и даты старта 1 июня 2023 г. представлен на рисунке.

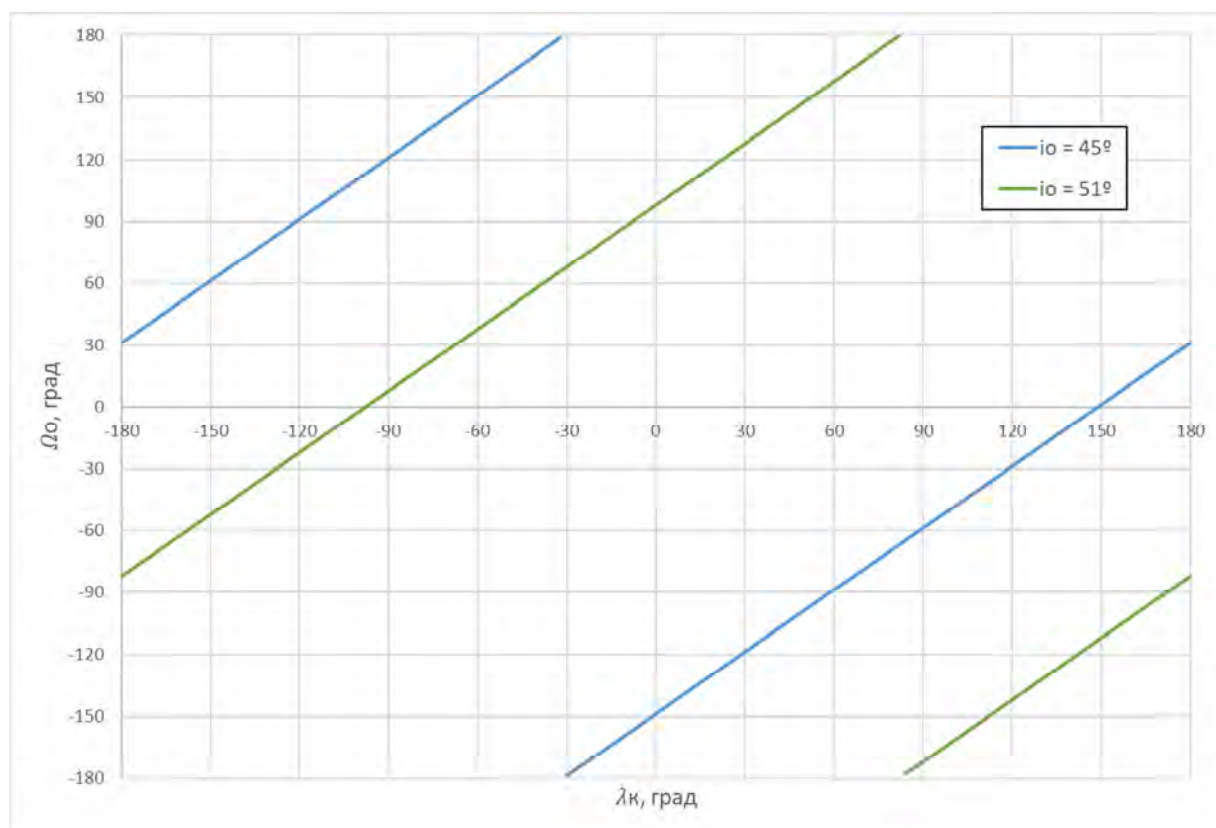


Рисунок – Зависимость долготы конечной точки движения КА от начальной величины угла долготы восходящего узла

График позволяет определить начальную координату угла долготы восходящего узла на заданную дату, в которую необходимо начинать маневр выведения КА на геостационарную орбиту для того, чтобы конечная точка движения КА имела необходимую долготу. Данные для любой даты старта могут быть получены и сопоставлены с продолжительностью теневых участков для перелета КА с ЭРДУ [1], что позволит определить оптимальные даты старта для вывода на российский сегмент геостационарной орбиты. В дальнейшем для более удобного анализа может быть построена зависимость между тремя переменными: начальным углом долготы восходящего узла Ω_0 , конечной долготой движения КА λ_k и датой старта $t_{ст}$.

Библиографический список

1. Салмин В.В., Четвериков А.С., Гоголев М.Ю. Расчет проектно-баллистических характеристик и формирование проектного облика межорбитальных транспортных аппаратов с электрореактивной двигательной установкой с использованием информационных технологий: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2019. 199 с.: ил.
2. Основы теории полета космических аппаратов / под ред д-ра физ.-мат. наук Г.С. Нариманова и д-ра техн. наук М.К. Тихонравова. М.: Машиностроение, 1972. 608 с.
3. Лебедев В.Н. Расчет движения космического аппарата с малой тягой. М.: ВЦ АН СССР, 1968. 108 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. Старинова, А.С. Четвериков, Н.А. Брюханов, И.И. Хамиц, И.М. Филиппов, А.А. Лобыкин, Л.С. Бурьлов // Космическая техника и технологии. 2018. № 1 (20). С. 82–97.