

УДК 629.764

Методика увеличения выводимой массы разгонного блока за счет снижения требований к точности выведения ракеты-носителя

Иванов Георгий Михайлович

georgiy.ivanov11@rsce.ru

SPIN-код: 8627-0161

Муртазин Рафаил Фарвазович

rafail.murtazin@rsce.ru

SPIN-код: 8450-1683

ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия

Аннотация. Исследована возможность перераспределения гарантийных запасов топлива последней ступени ракеты-носителя в пользу выводимой массы орбитального блока, состоящего из связки разгонного блока и космического аппарата. Приведен расчет величины гарантийных запасов топлива, необходимых для компенсации заданных случайных возмущений траектории полета ракеты-носителя на уровне вероятности 3σ . При недостатке гарантийных запасов топлива, компенсация возмущений осуществляется при помощи двигательной установки самого разгонного блока. Затраты топлива в этом случае будут меньшими, по сравнению с затратами ракеты-носителя.

Ключевые слова: гарантийные запасы топлива, маневр довыведения, разгонный блок, возмущенное движение ракеты-носителя, вероятность

Введение. Выведение космического аппарата на целевую орбиту происходит последовательно в два этапа. Сначала орбитальный блок (ОБ), состоящий из связки разгонного блока (РБ) и космического аппарата (КА), выводится ракетой-носителем (РН) на незамкнутую орбиту. РБ после отделения от РН первым маневром формирует замкнутую опорную орбиту, а последующими маневрами переводит КА на целевую орбиту. В процессе выведения ОБ на движение РН оказывают влияние различные возмущающие факторы. К примеру, такими факторами могут быть: возмущения параметров стандартной атмосферы, отклонения характеристик двигательной установки от паспортных значений, изменение соотношения расхода компонентов топлива от расчетного значения и т. д. Вследствие этого фактическая траектория выведения отличается от номинальной. Чтобы компенсировать влияние возмущений на движение РН и обеспечить попадание последней ступени РН в выделенный район с заданной точностью в дополнение к рабочему запасу топлива РН вводят гарантийные запасы топлива (ГЗТ) [1]. Поскольку в расчетах принято задавать очень высокую точность выведения ($\approx 99,87\%$), значительная часть ГЗТ с большой вероятностью останется неиспользованной и в конце участка выведения будет отделена от ОБ вместе с РН.

В практике космических полетов часто возникает необходимость увеличить выводимую массу КА. В случае, когда район падения последней ступени РН находится на достаточном удалении от населенных пунктов, можно

увеличить массу ОБ, соответственно уменьшив величину ГЗТ. В этом случае повысится вероятность отклонения точки падения ступени от номинальной. Компенсация возможных отклонений параметров орбиты выведения РБ совершает самостоятельно во время первого маневра формирования замкнутой орбиты.

Методы и материалы; результаты. В работе приведены результаты моделирования участка выведения последней ступени РН в связке с ОБ. Принимается номинальная точка падения последней ступени РН находится в океане вдали от побережья и ее отклонение на некоторую величину допустимо. В качестве возмущающих параметров последней ступени РН принимались: возмущение вектора скорости на момент начала движения, отклонения силы тяги ДУ и удельного импульса ДУ от паспортных значений, отклонение начальной массы РН от номинального значения. Проведен статистический расчет 10000 траекторий выведения ОБ на незамкнутую орбиту с вышеуказанными возмущениями, распределенными по нормальному закону. В результате расчета определено нормальное распределение величины ГЗТ, соответствующих принятым условиям. Определена зависимость нижней границы задаваемой точности (на уровне 3σ) [2] отклонения точки падения последней ступени РН от массы ГЗТ последней ступени РН. Приведена зависимость величины выигрыша массы ОБ на замкнутой орбите от вероятности возникновения этого события для заданной величины ГЗТ.

Заключение. В рассмотренном примере выведения ОБ при помощи РН тяжелого класса предложенный способ позволяет увеличить выводимую массу ОБ на 200 кг, при этом с вероятностью 99,87 % гарантируется падение последней ступени РН вне территориальных вод других государств. Показано, что даже в случае довыведения РБ с возмущенной орбиты конечный выигрыш массы орбитального блока составит не менее 40 кг. Это приведет к увеличению массы КА на целевой орбите не менее чем на 10 кг.

Список источников

- [1] Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. Москва, Наука, 1987, 440 с.
- [2] Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва, Высшая школа, 2006, 575 с.