

УДК 629.783

К вопросу обеспечения безопасности полета космического аппарата при воздействии метеорно-техногенных частиц

Добрица Дмитрий Борисович^(*) dobritsadb@laspace.ru

АО «НПО Лавочкина», Химки, Московская обл., Россия

Аннотация. Рассмотрено применение комплексного метода оценки риска повреждения метеорно-техногенными частицами космического аппарата и обеспечения безопасности полета, включающего расчет вероятности не пробоя конструкции, рекомендации по защите и их отработку. Разработаны алгоритмы и методы решения задачи расчета вероятности не пробоя, позволяющие использовать модели пространственного распределения частиц для расчета потока на объект с заданными параметрами орбиты и уточнить оценку стойкости конструкций, встречающихся в расчетной практике.

Ключевые слова: баллистическое уравнение, вероятность не пробоя, космический аппарат, рекомендации по защите, критичный элемент

Введение. Применение комплексного метода оценки риска повреждения метеорно-техногенными частицами космического аппарата и обеспечения безопасности полета метода рассмотрено на примере космического аппарата, функционирующего на низкой околоземной орбите.

Материалы и методы; результаты. В основе комплексного метода лежит процесс оценки и оптимизации рисков, возникающих при функционировании КА в условиях метеорно-техногенных воздействий. При анализе конструкции в соответствии с положениями ОСТ 134-1031-2003 определяется перечень критичных элементов с описанием критериев их повреждения.

Степень экранирования поверхности элемента рассчитана по разработанной методике вычисления телесного угла с использованием 3D-модели КА [1].

Для оценки ВНП критичных элементов КА разработаны алгоритмы, позволяющие использовать модели пространственного распределения метеороидов ГОСТ 25645.128-85 и космического мусора ГОСТ Р 25645.167-2022 для определения характеристик потока частиц на рассматриваемый элемент. Баллистические уравнения используются для выделения пробивающего потока, рассматривая который как реализацию пуассоновского процесса, можно определить вероятность не пробоя. Результирующая ВНП должна удовлетворять требованиям, заданным при проектировании КА.

При использовании критерия повреждения в виде перфорации стенки применялись баллистические предельные уравнения для одностенной [2] и двустенной [3] конструкций. Для критерия повреждения в виде превышения максимально допустимого диаметра отверстия использовалась методика оценки глубины кратера в полубесконечных преградах [4], адаптированная для расчетной модели.

На первом этапе проведен расчет ВНП для конфигурации КА без средств защиты. Наиболее критичные элементы конструкции выбраны как приоритетные объекты защиты, для них предложен ряд защитных мероприятий, которые из-за технологических ограничений реализованы не полностью. Несмотря на это, проведенный с учетом средств защиты расчет показал эффективность принятых мер, что позволило обеспечить приемлемый уровень стойкости КА.

Заключение. Для обеспечения безопасности полета космического аппарата на низкой околоземной орбите применен комплексный метод оценки риска повреждения метеорно-техногенными частицами и обеспечения безопасности полета. Сформированный в его рамках подход позволяет существенно уточнить решение задачи расчета вероятности неprobоя, результаты расчета которой с применением разработанных методик показали необходимость применения защитных мероприятий. Предложенные меры по защите позволили повысить вероятность неprobоя до необходимого уровня.

Список источников

- [1] Гуц Ю.А., Добрица Д.Б., Яценко Б.Ю. Об одной методике определения экранирования элементов космического аппарата от воздействия метеорных частиц. *Вестник НПО им. Лавочкина*, 2021, № 3 (53), с. 36–43.
<https://doi.org/10.26162/LS.2021.53.3.005>
- [2] Cour-Palais B.G. Hypervelocity Impact in Metals, Glass and Composites. *Int. J. Imp. Eng.*, 1987, vol. 5, pp. 221–237.
- [3] Ryan S., Christiansen E.L. A ballistic limit analysis program for shielding against micrometeoroids and orbital debris. *Acta Astr.*, 2011, vol. 69 (5), pp. 245–257.
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2011.04.012>
- [4] Swift H.F., Bamford R., Chen R. Designing space vehicle shields for meteoroid protection: a new analysis. *Adv. Space Res.*, 1983, vol. 2 (12), pp. 219–234.