

УДК 629.78.085

Анализ напряженно-деформированного состояния элементов монтажа металлооблицовки при действии газодинамического нагружения

Ярославцева Мария Михайловна^(*)

lostgalaxy74@yandex.ru

Филиал АО «ЦЭНКИ» — НИИ СК, Москва, Россия

Аннотация. В работе анализируются используемые на практике и перспективные элементы монтажа защитных листов металлооблицовки на предмет сопротивления разрушающему воздействию струй продуктов сгорания ракетного топлива при старте ракеты-носителя. Анализ проводится с использованием численных методов и теории термосилового циклического деформирования. По результатам проведенного анализа, определены особенности процесса термоциклического деформирования элементов монтажа защитных листов. Определены образцы с наилучшей степенью защиты разрушающему воздействию газовой струи.

Ключевые слова: металлооблицовка газоотражателя, схема монтажа облицовки, метод конечных элементов, газодинамическая нагрузка, субмоделирование, циклическая нагрузка

Введение. Решение задач устойчивости листов отражателя к газодинамическим нагрузкам является актуальной тематикой, так как при длительной эксплуатации газоотражателей образуются обширные повреждения, способствующие частому проведению ремонтных работ по восстановлению целостности отражателя.

Основные свойства деталей, как материал, граничные условия и история нагружения, определяют амплитуды упругопластических деформаций [1]. В свою очередь, определяемые величины влияют на образование усталостных повреждений, ведущих к неработоспособному состоянию элементов конструкций.

В данной работе способы крепления защитных листов газоотражателей анализируются на предмет обеспечения прочности и долговечности облицовки. Результаты анализа различных схем монтажа позволяют определить более оптимальные способы крепления листов, которые увеличивают промежутки времени между проведением очередных ремонтно-восстановительных работ. Таким образом, возможно обеспечение высокой готовности стартового комплекса к запуску ракеты-носителя с полезной нагрузкой. Высокая готовность стартового комплекса играет решающую роль при оперативном развертывании больших орбитальных группировок.

Проведен анализ следующих схем монтажа:

- болтовое соединение;
- сварка листов отражателя между собой и элементами каркаса;
- альтернативные способы шарнирного закрепления листов металлооблицовки.

Материалы и методы; результаты. Для проведения исследования формировались глобально-локальные конечно-элементные модели образцов облицовок [2, 3]. Элементы монтажа облицовок представлены локальными твердотельными моделями. К ним приложены нагрузки и моменты от глобальных моделей листов облицовок в полномасштабных размерах. Модели листов представлены пластинчатыми элементами.

При работе схемы со сварным креплением листов наблюдаются наименьшие эквивалентные напряжения, чем в других схемах, однако градиент напряжений по площади листа более широк, чем в других схемах. При увеличении размеров свариваемых листов, напряжения возрастают на порядок.

При работе схемы с болтовым креплением листов наибольшие напряжения наблюдаются в местах установки болтов. Напряжения в листах неравномерно распределены между болтовыми отверстиями.

При использовании схемы с шарнирным креплением листов наибольшие напряжения наблюдаются на накладном элементе в районе отверстия под болт. Градиент напряжений по площади листа незначительный. Максимальные напряжения приходятся в основном на накладной элемент. Данную схему закрепления листов можно считать наиболее предпочтительной при оптимальном подборе толщины накладного элемента и размера болта крепления.

Заключение. Данную методику анализа конструкционных элементов можно применять и к другим агрегатам стартового комплекса, которые испытывают газодинамическое нагружение во время своей эксплуатации. Результаты данного исследования можно использовать для проектирования газоотражателей и стартовых систем, предназначенных для обеспечения запуска перспективных многоразовых ракет-носителей.

Список источников

- [1] Дружинина М.Ю., Ульяненок А.В., Бошняк В.А. Исследование напряженно-деформированного состояния узлов несущих конструкций агрегатов стартовых комплексов при задании граничных условий в виде внутренних силовых факторов. *Инженерный вестник*, 2014, № 9, с. 33–42.
- [2] Еремин В.П., Больших А.А. Глобально-локальное моделирование односрезных болтовых соединений типа композит – металл и композит – композит в конструктивных силовых элементах самолета. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2020, № 5. <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2020-5-1981>
- [3] Чедрик В.В., Туктаров С.А. Глобально-локальный подход к оптимизации силовых конструкций самолетов. *Прочность конструкций летательных аппаратов. Науч.-техн. конф.: сб. ст. Жуковский, ЦАГИ*, 2018, с. 15.