

УДК 620.192.46

Метод обнаружения мест негерметичности переходного отсека служебного модуля «Звезда» международной космической станции

Маслова Вероника Витальевна

onnikssi@mail.ru

Белкин Андрей Андреевич

vv.w.vv@mail.ru

АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена практическая задача локализации негерметичности в переходном отсеке служебного модуля «Звезда» с использованием метода ультразвукового контроля (УЗК). Обоснована необходимость штатного оснащения орбитальной станции комплектами УЗК-оборудования для регулярного мониторинга критических элементов конструкции. Реализация предложенного подхода позволит обеспечить превентивную диагностику и более точное продление ресурса.

Ключевые слова: негерметичность, орбитальная станция (ОС), модуль «звезда», ультразвуковой контроль (УЗК), критические элементы конструкции, ресурсные испытания, продление срока эксплуатации

Введение. Развитие ракетно-космической области в сфере орбитальных станций — одна из перспективных тем в рамках поддержания конкурентоспособности страны на международной арене. Уход из проекта МКС в виду завершения эксплуатации международной станции означает необходимость выбора самостоятельного пути в сфере орбитальных станций, необходимых для выполнения научных и стратегических задач на околоземной орбите. По опыту эксплуатации орбитальных станций стоит отметить такую тенденцию, как значительное увеличение сроков эксплуатации по сравнению с проектным. Проектный срок эксплуатации станции «Мир» — 5 лет, а фактически более 15 лет. Проектный срок эксплуатации МКС — 15 лет, и сейчас ведутся работы по продлению срока эксплуатации МКС, а фактическая эксплуатация первого модуля МКС «Заря» около 25 лет (с 20.08.1998г.). Для его продления проводились ресурсные испытания на стендовом изделии, и в результате был сертифицирован корпус летного изделия ФГБ на два проектных спектра нагружения (1998-2013 и 2013-2028), и планируется дальнейшее продление до 2030 года.

Поиск негерметичностей. С момента обнаружения негерметичности в Переходной камере (ПрК) в Служебном Модуле (СМ) «Звезда» прошло более пяти лет. В настоящее время ведутся работы по обнаружению аномальных мест утечки внутренней атмосферы станции через них, и их ликвидации. В ходе этих работ было применены многочисленные методы обнаружения мест негерметичности, например, от поиска пыли по оболочке (в местах утечки есть скопления мелкого мусора), использования легковесных маркеров для определения конфигурации микроциркуляционных воздушных пото-

ков в зоне предполагаемых микротрещин, до использования бортового оборудования (течеискатель)[1]. После обнаружения мест негерметичности были проведены ремонтно-восстановительные работы (РВР), по завершению которых утечка атмосферы ПрК снизилась, но не была исключена. В настоящее время вышеуказанные методы не позволяют обнаружить остальные места, через которые предположительно продолжается истечение воздуха [1].

Для решения данной проблемы предложено использовать метод неразрушающего УЗК для корпуса ПрК СМ. Одно из преимуществ использования этого метода является возможность обнаружения в том числе зарождающихся дефектов, скрытых в толще корпуса, невидимых при визуальном осмотре с внутренней стороны. Так же УЗК позволяет заблаговременно обнаружить зарождающиеся трещины, связанные с усталостью материала.

В виду того, что метод УЗК является новым для использования на орбите и ранее не использовался в ПрК должным образом, требуется ряд мероприятий для использования этого метода. Для использования необходимо решить следующие задачи:

- проводить инспекцию критичных мест корпуса оборудованием неразрушающего УЗК с целью исследования фактического состояния на летном изделии;
- проводить анализ трещиностойкости по фактическим параметрам обнаружения несоответствия по качеству;
- оснащать данные места тензорезисторами с целью контроля фактического напряженно-деформированного состояния;
- проводить тестовое нагружение ОС (включение управляющих двигателей) с целью уточнения и верификации расчетных моделей станции, как динамической, так и конечно-элементной моделей по результатам телеметрии;
- должны быть изготовлены образцы для калибровки оборудования УЗК.

Для корректной работы прибора УЗК на штатном изделии необходимо создание эталонных образцов, имитирующих характерные виды дефектов (трещины) для калибровки оборудования. Наличие образцов позволит верифицировать результаты работы на станции. Предлагается использование эталонных образцов трещин по техническому указанию для увеличения точности оборудования УЗК. В настоящее время проведены предварительные замеры интересующих мест, результаты представлены на рисунке, позволившие обнаружить местонахождение скрытых мест негерметичности, но калибровка позволит повысить точность отображения результатов, и наверняка сказать о параметрах сквозных и несквозных трещин.[2]

Заключение. Таким образом, применение УЗК на борту в ходе эксплуатации МКС позволяет определять места негерметичности, и данные работы позволят продлить срок службы существующих модулей.

Опыт эксплуатации МКС, в частности, выявление и длительный поиск микротрещин в корпусе служебного модуля «Звезда», наглядно демонстрирует необходимость внедрения систематического и заблаговременного мони-

торинга состояния конструкций орбитальных станций. Существующие методы обнаружения утечек не всегда позволяют выявить скрытые и зарождающиеся дефекты, что ставит под угрозу безопасность и продление срока службы модулей. Успешное применение метода неразрушающего контроля (УЗК) для обнаружения скрытых дефектов и трещин, подтверждает его высокую эффективность. В связи с этим, для обеспечения долговременной и безопасной эксплуатации будущих орбитальных станций, таких как Российская орбитальная станция (РОС), необходимо:



Место негерметичности №1



Результат сканирования УЗК

Результаты сканирования методом УЗК

Оснащать станции штатным набором оборудования для ультразвукового контроля с заранее подготовленными эталонными образцами для его регулярной калибровки.

Включать в программы эксплуатации обязательное плановое проведение инспекций критических мест конструкции после определенных лет эксплуатации в соответствии с проектно-ресурсными циклами МКС.

Список источников

- [1] Спирин А.И., Николаева О.А. Методические подходы к парированию аварийных ситуаций на международной космической станции. *Космическая техника и технологии*. 2020, № 1 (28), с. 48–59. <https://doi.org/10.33950/spacetech-2308-7625-2020-1-48-59>
- [2] Беляев Б.В., Лебедев А.С. Методика прогнозирования остаточного ресурса при разгерметизации летательных аппаратов. *Труды МАИ*, 2022, № 125. <https://doi.org/10.34759/trd-2022-125-08>