УДК 519.6 https://doi.org/10.15407/itm2023.02.013

В. П. ПОШИВАЛОВ, Ю. Ф. ДАНІЄВ

НАДІЙНІСТЬ І БЕЗПЕКА СТАРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ РАКЕТ-НОСІЇВ

Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: poshivalov v.p@ukr.net

Розглянуто питання надійності і безпеки стартових комплексів ракет-носіїв. Виділені задачі, які необхідно вирішувати при оцінці надійності стартових комплексів, що включають розрахунки ймовірності безвідмовної роботи систем з постійним резервуванням при рівнонадійних і нерівнонадійних елементах; аналіз надійності при резервуванні заміщенням із цілою кратністю й ненавантаженим резервом; розрахунки значень імовірності безвідмовної роботи складових частин при виконанні технологічних операцій підготовки пуску ракети; розрахунки значень показників надійності складової частини в цілому й порівняння отриманих значень показників надійності з вимогами технічного завдання. В наслідок того, що стартовий комплекс складається як з відновлюваних, так і невідновлюваних елементів, показники надійності повинні вибиратися такими розрахунками, щоб з їхньою допомогою можна було оцінити надійність, як окремих елементів, так і в цілому системи, що складається з різнотипних елементів. Ці показники характеризуються розподілами часу безвідмовної роботи й часом відновлення та відображають імовірність знаходження елемента або системи в справному стані або в стані відмови. При умові, що безвідмовну роботу й час відновлення можна описати розподілом Вейбулла, отримано вирази для коефіцієнту оперативної готовності, тобто ймовірності того, що стартовий комплекс буде в працездатному стані в довільний момент часу, крім планованих періодів, протягом яких застосування стартового комплексу не передбачається. Безпека стартових комплексів оцінюється імовірнісними оцінками виникнення небезпечних ситуацій і визначення основних напрямків зі зниження їх наслідків та обліком ваги наслідків можливих ситуацій при експлуатації із оцінюванням імовірності їх виникнення. Встановлені показники безпеки стартових комплексів. Показано, що при оцінюванні безпеки повинні використовуватися показники, які придатні для практичного вирішення задач щодо обґрунтування та забезпечення заданих вимог безпеки при розробці стартових комплексів від можливих загроз. У якості показника безпеки прийнята ймовірність того, що кожна з небезпечних ситуацій, що виникають за певний час, буде ліквідована. Для опису випадкового числа виникнення небезпечних ситуацій використовується процес відновлення. Для визначення частоти небажаних подій рекомендовано використовувати статистичні дані по аварійності й надійності стартового комплексу; логічні методи аналізу «дерев подій», «дерев відмов», імітаційні моделі виникнення аварій; експертні оцінки.

Ключові слова: *стартові комплекси, ракети-носії, показники надійності, показники безпеки, розподіл Вейбулла.*

1. *Дегтярев А. В., Пилипенко О. В., Гудрамович В. С., Даниев Ю. Ф., Клименко Д. В., Пошивалов В. П.* О классификации стартового оборудования ракетно-космических комплексов при обосновании норм прочности. Косм. наука і технологія. 2016. Т. 22. № 1. С. 3–14. https://doi.org/10.15407/knit2016.01.003
2. *Пошивалов В. П., Данієв Ю. Ф., Резниченко Л. В., Телегіна І. І.* Про забезпечення надійності об’єктів ракетно-космічної техніки на етапі проектування. Технічна механіка. 2020. № 1. С. 67–74. https://doi.org/10.15407/itm2020.01.067
3. *Даниев Ю. Ф., Демченко А. В., Зевако В. С.* и др. Космические летательные аппараты. Введение в космическую технику, под ред. *А. Н. Петренко*, АРТ-Пресс, Днепропетровск. 2007. 456 с.
4. *Бармин И. В., Каджаев В. Л.* Принципы обеспечения надежности и безопасности функционирования ракетно-космического комплекса на этапе предпусковой подготовки. Полет. 2013. № 8. С. 53–64.
5. *Jeremy Straub, Ronald Arthur Marsh David J.* Whalen Small Spacecraft Development Project-Based Learning. Springer International Publishing Switzerland. 2017. 238 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23645-2
6. Spacecraft systems engineering. Fourth Edition. Edited by *Peter Fortescue, Graham Swinerd, John Stark, John Wiley & Sons*, Ltd. 2011. 710 p.
7. *Переверзев Е. С., Даниев Ю. Ф.* Вероятностные распределения и их применения. Днепропетроск. ИТМ НАН Украины. 2004. 418 с.
8. *Куренков В. И., Капитонов В. А.* Методы расчета и обеспечения надежности ракетно-космических комплексов: учеб пособие. Самара Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 320 с.
9. *Бирюков Г. П.* Структурный анализ и обоснование тактико-технических характеристик технологического оборудования ракетно-космических комплексов. М.: Изд-во МАИ, 2003. 312 с.
10. *Алпеев А. С.* Основные понятия безопасности. Надёжность и контроль качества. 1994. № 7. С. 29–40.
11. *Харченко В. С., Скляр В. В., Тарасюк О. М.* Анализ рисков аварий для ракетно-космической техники. Радіоэлектроника і компютерні систем. Х.: ХАІ. 2003. С. 125–149.
12. *Горбенко А. В., Засуха С. А., Рубан В. И., Тарасюк О. М., Харченко В. С.* Безопасность ракетно-космической техники и компьютерных систем. Авиационно-космическая техника и технологии. 2011. № 1. С. 9–20.

13. *Гнеденко Б. В. Беляев Ю. К. Соловьев А. Д.* Математические методы в теории надежности. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ ». 2017. 584 с.
14. *Ковалевич О. М.* Риск в техногенной сфере. М.: Идательский дом. МЭИ. 2006. 152 с.

Отримано 22.05.2023,
в остаточному варіанті 07.06.2023