

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА СБОРНО-РАЗБОРНЫХ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Вячеслав Шебанин, Владимир Богза, Сергей Богданов

Николаевский государственный аграрный университет
54000 г. Николаев, ул. Крылова 17а

Аннотация: В статье рассматривается процесс функционирования элемента легких металлических конструкций, принимая во внимание, что время до полного отказа элемента в процессе работы есть случайная величина X с распределением F , а время существования конструкции в целом есть случайная величина Y с распределением G .

Ключевые слова: вероятность отказа конструкции, среднее значение распределения.

Максимальное удешевление сборно-разборных легких металлических конструкций и работ, связанных с их строительством является приоритетной задачей на современном этапе развития строительной отрасли в Украине. Одновременно с удешевлением конструкций при проектировании нужно помнить об обеспечении их достаточной долговечности и надежности. Одним из эффективных средств решения этой проблемы является внедрение методов теории надежности, которые позволяют более обоснованно нормировать расчетные параметры конструкции и нагрузок на вероятностной основе. Более важным является переход к вероятностного расчета и оценки несущей способности конструкций по основному техническому критерию - вероятности отказа конструкции.

В статье рассматривается процесс функционирования элемента легких металлических конструкций длиной $L = 3l$. Предположим, что время до отказа элемента в процессе работы это случайная величина X с распределением F и что время существования всей конструкции в целом случайная величина Y с распределением G .

Обозначим H через распределение F и G :

$$H(t) = \int_0^t G(t-x) dF(x). \quad (1)$$

Удобно в дальнейшем обозначать через 1 состояние нормального функционирования сборного элемента и через 0 состояние отказа. Пусть $N_{ij}(t)$ обозначает количество попаданий в состояние j в течение интервала $[0; t]$ времени при условии, что в начальный момент времени $t=0$ элемент находится в состоянии i . Найдем сначала $M_{ij}(t)$ - среднее значение величины $N_{ij}(t)$. Заметим, что если элемент в момент времени $t=0$ находится в рабочем состоянии, то среднее число попаданий в рабочее состояние при условии, что первый отказ происходит в момент времени x , равен $M_{01}(t-x)$:

Таким образом,

$$M_{11}(t) = \int_0^t M_{01}(t-x) dF(x). \quad (2)$$

Аналогично, если элементы в момент времени $t=0$ находятся в состоянии отказа, то среднее число попаданий в рабочее состояние запишется:

$$M_{01}(t) = \int_0^t (1 + M_{11}(t-x)) dG(x). \quad (3)$$

Если распределения F и G известные, возможно использовать урав-

нение (2) и (3) для нахождения $M_{11}(t)$ и $M_{01}(t)$.

Один из самых простых путей решения связан с использованием преобразований Лапласа-Стилтьеса.

Преобразование такого типа обозначим через *, т.е.:

$$M_{ij}^*(s) = \int_0^\infty e^{-st} dM_{ij}(t). \quad (4)$$

Тогда можно записать:

$$M_{11}^*(s) = M_{01}^*(s) F^*(s), \quad (5)$$

$$M_{01}^*(s) = G^*(s) + M_{11}^*(s) G^*(s).$$

Последние два уравнения (5) позволяют выразить:

$$M_{11}^*(s) = \frac{F^*(s) G^*(s)}{1 - F^*(s) G^*(s)}, \quad (6)$$

$$M_{01}^*(s) = \frac{G^*(s)}{1 - F^*(s) G^*(s)},$$

Аналогично получим:

$$M_{01}(t) = \int_0^t (1 + M_{00}(t-x)) dF(x), \quad (7)$$

$$M_{00}(t) = \int_0^t M_{10}(t-x) dG(x), \quad (8)$$

откуда снова применяя преобразование Лапласа-Стилтьеса получим:

$$M_{01}^*(s) = \frac{F^*(s)}{1 - F^*(s) G^*(s)}, \quad (9)$$

$$M_{00}^*(s) = \frac{F^*(s) G^*(s)}{1 - F^*(s) G^*(s)}.$$

Обозначим через $P_{ij}(t)$ вероятность того, что элементы находятся в состоянии j в момент t , если при этом в моменты времени $t=0$, элементы находятся в состоянии i .

Таким образом:

$$P_{11}(t) = 1 - P_{10}(t). \quad (10)$$

Аналогичным образом,

$$P_{01}(t) = M_{01}(t) - M_{00}(t) \quad (11)$$

$$P_{00}(t) = 1 - P_{01}(t).$$

Обозначив через X случайное время до отказа, а через Y случайное время восстановления, можно записать:

$$P(N_{10}(t)=k) = P(X+Y_1+X_2+\dots+Y_{k-1}+X_k \leq t) - P(X+Y_1+X_2+\dots+Y_k \leq t) = F \cdot H^{k-1}(t) - F \cdot H^k(t), k \geq 1 \quad (12)$$

$$P(N_{10}(t)=0) = 1 - F(t),$$

Распределение числа отказов конструктивного элемента может быть получено следующим образом. Пусть $W(t, n)$ обозначает вероятность того, что в течение интервала времени t возникнет n или меньше отказов. Тогда:

$$W(t, n) = \sum_{k=0}^n P(N_{10}(t)=k) = 1 - F(t) + \sum_{k=0}^n (F H^{k-1}(t) - F H^k(t)) = 1 - F H^n(t). \quad (13)$$

$$\text{где: } H^n(t) = \begin{cases} 0, & \text{а́ñëè } t < 0; \\ 0, & \text{а́ñëè } t \geq 0. \end{cases}$$

Отсюда определив:

$$W^*(s, n) = \int_0^\infty e^{-st} dt W(t, n),$$

находим:

$$W^*(s, n) = -F^*(s) (H(s))^n. \quad (14)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно записать асимптотические формулы, описывающие существование систем из сборно-разборных элементов для достаточно больших интервалов существования t , в предположении, что распределения F и G не являются решетчатыми:

$$M_{10}(t) = \frac{t}{\mu_1 + \nu_1} - \frac{\mu_1}{\mu_1 - \nu_1} + \frac{l^{(2)}}{2(\mu_1 - \nu_1)^2}, \quad (15)$$

$$M_{11}(t) = \frac{t}{\mu_1 + \nu_1} - 1 + \frac{l^{(2)}}{2(\mu_1 - \nu_1)^2}, \quad (16)$$

$$P_{10}(t) = M_{10}(t) - M_{11}(t) = \frac{\nu_1}{\mu_1 + \nu_1}, \quad (17)$$

где: μ_1 – среднее значение распределения F – распределение времени до отказа элемента в процессе работы.

ν_1 – среднее значение распределения

G – распределения времени существования всей конструкции из сборно-разборных элементов в целом.

$l^{(2)}$ – второй момент распределения H .

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараненко В.О. 2002. Генетичні алгоритми в оптимальному проектуванні конструкцій. Огляд. / В.О. Бараненко. // Придніпровська ДАБІА Вісник академії, – №10. – 4-9.
2. Богза В.Г. 2005 Нові типи сільськогосподарських споруд / В.Г. Богза, С. І. Богданов Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник науч. тр. – Одесса, ООО «Внешрекламасервис». – 4.2. – 4-8.
3. Гнітько О.В. 1998 Розрахунок надійності сталевих статично невизначених конструкцій. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / О.В. Гнітько; Вип. 1 Полт. держ.техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка; – Полтава : ПДТУ ім. Юрія Кондратюка,.
4. Зарипов И.Ф. 2005 Легкие металлические конструкции ангаров из гнутых профилей проката. / И.Ф. Зарипов Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: Сборник научных трудов. – Самара: ООО «СамЛЮКС»,. – 370
5. Набоков И.И. 2002 Расчет и особенности конструирования стволос двугавровых балок составного сечения с максимальными габаритами, осуществляемый в окрестности глобального минимума функции массы с учетом себестоимости И.И. Набоков, Е.П. Лукьяненко // Современные проблемы строительства. – Донецк: ООО «Лебедь», – 80-86.
6. Перельмутер А.В. 1995 Об оценке живучести несущих конструкций. Металлические конструкции. Работы школы профессора Н.С. Стрелецкого / А.В. Перельмутер. – М.: МГСУ,.
7. Пермяков В.О. 2004 Стійкість рам із використанням двотаврів зі змінним перерізом / В.О. Пермяков, С.І. Білик Сб. докл. VIII Укр. Научно-техн. конф. – 41. К.: «Сталь», - 498-503.
8. Пермяков В.А. 2005 Совершенствование расчета на устойчивость и прочность двутавров с переменной высотой стенки как элементов стальных каркасов зданий универсального назначения / В.А. Пермяков, С.И. Билык Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: Сборник научных трудов. – Самара: ООО «СамЛЮКС»,. – 370.
9. Пічугін С.Ф. 1997 Оцінка надійності статично невизначених конструкцій. / С.Ф. Пічугін, О.В. Гнітько // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава,.
10. Пичугин С.Ф., 1994. Метод расчета надежности металлических конструкций. XL Konferencja Naukowa Komitetu Inzynierii Ladowej I Wodneh Pan I Komitetu Nauki PZITB. – Warszawa: Rzeszow Krynica
11. Прогини і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б.В. 1.2: 2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 10
12. Шебанін В.С., Богза В.Г., Цепуріт О.В, 2009 Метод поновлення обмежених пластичних деформацій у розрахунках міцності сталевих стержнів при повторно-змінному навантаженні. Віс-

ник аграрної науки Причорномор'я, Випуск 1, (49) 206-218

13. Богза В.Г., Богданов С.И., 2010. Выбор унифицированного элемента легких металлических арок., // Motrol. Том 12 А,

14. Богза В.Г. 1998 Принципы создания конструктивных форм стальных каркасов облегченного типа из универсальных элементов. // Металеві конструкції, №1 – 61-64.

15. Volodymyr Bulgakov, Stanislav Smolinsky, Janusz Nowak, Wojciech Przystupa 2004 Экспериментальное исследование совершенствованного спирального сепаратора картофельного вороха // Motrol. Том 12 А,

16. Богданов С.И., Богза В.Г., Веремієнко М.О. 2007 Несуча здатність бістале-вих стержнів за межею пружності з врахуванням умов першого та другого граничних станів. // Міжнародний симпозиум «Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс»

17. Богданов С.И. 2007 Конструктивні системи у природі і техніці // Міністерство АПК України. Миколаївський ДАУ. Факультет механізації сільського господарства. Тези доповідей «Причорноморської регіональної науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу».

18. Sergiey Pastushenko, Oleg Goldshmidt, Stanislaw Sosnowski 2004 The theoretical analysis of seeds dehydration of vegetable cultures on centrifugal devices // Motrol. Том 12 А,

19. Богза В.Г 2006 Математическая статистика та теорія ймовірностей / Шибанін В.С., Веремієнко М.О., Мірошніченко О.А., Богза В.Г., Шибаніна О.В., Цепуріт О.В., Хилько І.І., Богданов С.И., Домаскіна М.А., Романчук Н.О., Шептилевський О.В., Широков В.С. // Миколаїв, 2006.

20. Богза В.Г 2006 Вища математика / Шибанін В.С., Веремієнко М.О., Мірошніченко О.А., Богза В.Г., Шибаніна О.В., Цепуріт О.В., Хилько І.І.,

Богданов С.И., Домаскіна М.А., Романчук Н.О., Шептилевський О.В., Широков В.С. // Миколаїв, 2006.

DISTRIBUTION OF THE NUMBER OF PROBABLE FAILURE RATES COLLAPSIBLE LIGHT METAL STRUCTURES

Abstract. Assignment number of failures of structural element precast sectional light metal structures. This article discusses the process of functioning of the element of light metal structures Considering that the time to failure element in the process is a random variable X with the assignment F , and the lifetime of the structure as a whole is a random variable Y with the assignment G .

Key words: Out design, the average value of the distribution