

Мищенко І.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ
ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ С УЧЕТОМ
НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**
(представлено д-ром техн. наук Туркиним И.Б.)

Рассматривается задача определения показателей надежности элементов конструкций с учетом нестационарного внешнего случайного воздействия с целью предотвращения аварийных ситуаций на объектах повышенной опасности

Ключевые слова: надежность, накопление повреждений, усталость, нестационарное воздействие

Постановка проблемы. При внешнем случайном воздействии в различных элементах конструкции происходит накопление усталостных повреждений, что приводит к возникновению трещин, дальнейшему их развитию и последующему разрушению или отказу. При решении большинства задач надежности вполне обоснованно можно представить параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) в виде узкополосного квазигармонического процесса или широкополосного, приведенного к некоторому эквивалентному по повреждающему действию центрированному случайному процессу. При этом напряжения (деформации) представляют стационарный случайный процесс. Данное предположение во многих случаях является обоснованным, однако при расчете конструкций на сейсмическое воздействие или расчете элементов конструкций летательных аппаратов необходимо учитывать нестационарность рассматриваемого процесса.

Анализ последних исследований и публикаций. Решение задачи надежности для элементов конструкций при циклическом нагружении и различных физических моделях отказов на основе двумерных марковских моделей рассмотрено в работе [1], общая постановка задачи надежности с учетом внешнего случайного воздействия приводится в работе [2], описание и представление нестационарного случайного воздействия рассмотрены в [3]. Вышесказанное позволяет в заявленной постановке использовать указанный подход при решении задачи надежности объектов по-
Решение задачи надежности объектов повышенной опасности с учетом нестационарности внешнего воздействия

высшей опасности, находящихся, в первую очередь, в зоне сейсмического воздействия.

Постановка задачи и ее решение. Рассматривается задача определения показателей надежности – вероятности безотказной работы, плотности отказов и среднего времени до разрушения – элементов конструкций при внешнем нестационарном случайному воздействии. Без учета нестационарности в случае широкополосного случайногого воздействия напряжения (деформации) представляются в виде суперпозиции квазигармонических случайных процессов

$$y(t) = \sum_{k=1}^n y_k(t) = \sum_{k=1}^n \lambda_k(t) \cos(p_k t + \phi_k(t)), \quad (1)$$

где $\lambda_k(t)$, $\phi_k(t)$ - медленно меняющиеся по сравнению с $\cos(p_k t)$ амплитуда и фаза узкополосного процесса $y_k(t)$, p_k - k -ая собственная частота колебаний конструкции, n - число удерживаемых форм колебаний. При отсутствии доминирующей формы колебаний, используя существующие методы схематизации случайных процессов, необходимо процесс (1) привести к некоторому эквивалентному по повреждающему действию центрированному случайному процессу [4]

$$y(t) = \lambda(t) \cos(pt + \phi(t)). \quad (2)$$

С учетом нестационарности напряжения (деформации) представляются в виде

$$y_H(t) = y(t)\psi(t), \quad (3)$$

где $\psi(t)$ - некоторая детерминированная функция времени. Для линейной модели накопления повреждений уравнение повреждаемости в этом случае записывается в виде

$$dz/dt = C[\psi(t)\lambda(t)]^m. \quad (4)$$

При справедливости утверждения о том, что $[z(t), \lambda(t)]$ представляет двумерный марковский процесс, его одномерная плотность вероятности $f(z, \lambda, t)$ удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial \lambda} [A_1(\lambda)f] - \frac{\partial}{\partial z} [A_2(\lambda)f] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} [B(\lambda)f] \quad (5)$$

с граничными и начальными условиями, которые формулируются исходя из физической сущности задачи. В этом уравнении коэффициент $A_2(\lambda)$ для линейной модели накопления повреждений не зависит от переменной z . Использование уравнения (4) приводит к определению коэффициента $A_2(\lambda)$ в виде

$$A_2(t) = C\psi^m(t) \int_{\sigma_1/\psi(t)}^{\infty} \lambda^m f(\lambda) d\lambda.$$

Для решения уравнения (5) вводится функция $\theta(\lambda, \omega, t)$, представляющая характеристическую функцию по переменной z и плотность вероятности по переменной λ

$$\theta(\lambda, \omega, t) = \int_0^{\infty} f(\lambda, z, t) e^{i\omega z} dz = P_S(\lambda) \sum_{n=0}^{\infty} C_n(\omega, t) J_n(\lambda), \quad (6)$$

которую, при рассмотрении ω в качестве параметра, можно разложить в одномерный ряд по ортогональным полиномам $J_n(\lambda)$ с весовой функцией $P_S(\lambda)$ и неизвестными коэффициентами $C_n(\omega, t)$. Таким образом, получается замкнутая система обыкновенных дифференциальных уравнений в комплексной форме относительно последних

$$\frac{dC_n(\omega, t)}{dt} = \sum_{k=0}^N C_k(\omega, t) u_{nk}, \quad (n = 0, 1, \dots, N). \quad (7)$$

В этой системе коэффициенты u_{nk} при использовании выражения (4) явно зависят от времени, вследствие чего для ее решения используется метод Рунге-Кутта. Следует отметить, что на вид функции $\psi(t)$ не накладывается никаких ограничений (это может быть периодическая функция или какая-то задаваемая функция)

Таким образом, из решения уравнения (5) которое базируется на методе характеристических функций, можно определить одномерную плотность вероятности меры повреждений $f(z,t)$, по которой определяются все основные показатели надежности для кумулятивных моделей накопления повреждений

Выводы. В элементах конструкций происходит накопление усталостных повреждений, что может привести к их разрушению и отказу. В работе предложен подход, учитывающий нестационарность напряжений (деформаций), что важно при расчете показателей надежности объектов повышенной опасности, в частности, находящихся в зоне сейсмического воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жовдак В.А. Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов / В.А.Жовдак, И.В.Мищенко-Харьков: ХГПУ, 1999.-120 с.
2. Мищенко И.В. Постановка задачи надежности при транспортировке опасных грузов с учетом внешнего случайного кинематического воздействия / И.В.Мищенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 5. – Харків: Фоліо, 2006.-С. 150-155.
3. Николаенко Н.А. Статистическая динамика машиностроительных конструкций / Н.А.Николаенко, С.В.Ульянов-М.: Машиностроение, 1977.-368 с.
4. Гусев А.С. Расчет конструкций при случайных воздействиях / А.С.Гусев, В.А.Светлицкий-М.: Машиностроение, 1984.-240 с.
nuczu.edu.ua

Міщенко І.В.

Вирішення задачі надійності об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням нестационарності зовнішнього навантаження

Розглядається задача визначення показників надійності елементів конструкцій з урахуванням нестационарного зовнішнього навантаження з метою запобігання аварійних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки

Ключові слова: надійність, накопичення пошкоджень, втомленість, нестационарне навантаження

Мищенко І.В.

Mishchenko I.V.

Reliability problem decision for higher danger objects taking into account the non-stationary input

The structural elements reliability characteristics calculation problem taking into account the non-stationary input is investigated to prevent the emergency situations on the higher danger objects.

Key words: reliability, damage accumulation, fatigue, non-stationary input

УДК 351.861

*Неклонський І.М., ст. викл., НУЦЗУ,
Єлізаров О.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ
ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

(представлено д-ром техн. наук Бодянським Е.В.)

Сформований кінцевий варіант математичної моделі, яка описує структурно-функціональні складові як окремої організаційної системи так і їх угруповання та організацію взаємодії структурних підрозділів такого угруповання

Ключові слова: взаємодія, структурно-функціональний аналіз, структурно-функціональна модель, напрямок організації взаємодії

Постановка проблеми. Зі створенням правової бази запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) та їх наслідків в Україні, де велике значення надається заходам безпеки громадян, необхідно змінити погляди на зміст, форми й методи спільної діяльності внутрішніх військ МВС України (ВВ МВС) та рятувальних сил МНС України (МНС). Для цього є декілька причин.

По-перше, виникнення особливо тяжких НС техногенного та природного характеру, що створюють загрозу життю і здоров'ю значних верств населення становить загрозу національній безпеці України і може бути підставою для введення в державі надзвичайного стану. [1] В склад військового командування, якому разом з органами виконавчої влади та органами місцевого самовряду-