

**Висновки.** Проведений аналіз класичного циклу роботи холодильної машини виявив найбільш небезпечні ділянки та режими роботи. Найбільш гарячою зоною всієї холодильної установки є місце на виході з компресору (перед конденсатором). Небезпечним режимом роботи холодильної машини є робота компресора в режимі з “вологою парою”.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Современные проблемы холодильной техники и технологии: Сб. научн. тр. – Одесса: ОГАХ, 2005. – 380 с.
2. ГОСТ 6221-90. Аммиак жидкий технический. Технические условия. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 36 с.
3. Кунин П.П., Лапин В.Л. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. – Москва: Высшая школа, 2002. – 327 с.

УДК 351.861

*Мищенко И.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ*

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ ВНЕШНЕГО СЛУЧАЙНОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Рассматривается задача безопасной транспортировки опасных грузов с учетом внешнего случайного кинематического воздействия при движении автомобиля по неровностям дороги. Показана возможность решения задачи надежности для рассматриваемого случая с использованием кинетических уравнений повреждений и математического аппарата теории марковских процессов.

**Постановка проблемы.** Для большого количества конструкций в авиационном, транспортном, энергетическом машиностроении характерной особенностью является работа в условиях случайного нагружения, причем эффект действия случайных возмущений играет существенную, а иногда и определяющую роль. Это приводит к необходимости решения задачи статистической дина-

мики. Полученные результаты представляют самостоятельный интерес, одновременно являясь исходной информацией для решения задачи надежности при постепенных отказах, на долю которых приходится около 80% всех отказов машин, аппаратов и конструкций, возникающих по причине накопления в них различного рода повреждений (усталость, рост трещин, износ и т.п.). В элементах транспортного средства (в том числе и перевозимом опасном грузе) происходит накопление повреждений, анализ которых и определение их уровня является необходимым при проведении погрузочно-разгрузочных работ и возможной дальнейшей транспортировке. Особенно важным решение данной задачи представляется при анализе состояния боеприпасов с необходимым перемещением последних при помощи транспортных средств для последующей утилизации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Расчет транспортных средств на вибрацию при движении с учетом неровностей дороги рассмотрено в работах [1-5], решение задачи надежности для элементов конструкций при циклическом нагружении и различных физических моделях отказов на основе двумерных марковских моделей рассмотрено в работе [6].

**Постановка задачи и ее решение.** Рассматривается задача определения показателей надежности элементов конструкции транспортного средства и перевозимого опасного груза. При транспортировке опасных грузов с учетом внешнего случайного кинематического воздействия предполагается, что внешнее кинематическое воздействие представляет стационарный нормальный случайный процесс со спектральной плотностью в диапазоне 0...50 Гц (Рис 1) и известным распределением ударных ускорений при перевозках по дорогам различного качества. Анализ известных гистограмм ускорений при определении загруженности несущих узлов и деталей автомобиля (движение по грунтовой дороге, старому засыпанному щебнем шоссе, бетонированной автостраде) показывает (Рис. 2) диапазон изменения ускорений от  $a_{\max} = 8 \text{ м/с}^2$  до  $a_{\min} = -8 \text{ м/с}^2$ . Спектральная плотность в интервале 0...20 Гц на один-два порядка превышает уровень спектральной плотности за пределами указанного диапазона.

Транспортное средство является конструкцией, состоящей из элементов различной жесткости, собственные частоты которых находятся в диапазоне от единиц до нескольких сотен герц. Узлы

транспортного средства испытывают как боковые, так и вертикальные вибраций, причем это происходит при движении как с относительно небольшими скоростями, так и при скорости более 50 км/час. При этом вертикальные вибрации являются доминирующими, в 2-3 раза превышающими боковые.

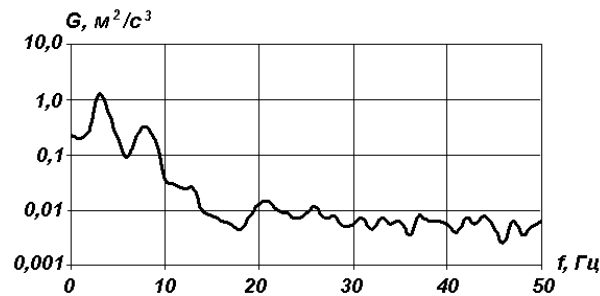


Рис. 1 – Спектральная плотность

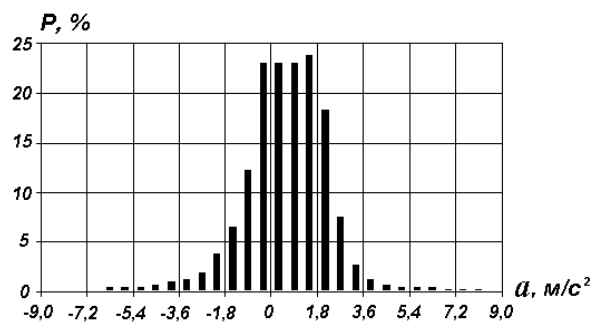


Рис. 2 – Гистограмма ускорений

После решения задачи определения перемещений элементов конструкции (транспортное средство-перевозимый груз) определяются вероятностные характеристики деформаций, с выделением преобладающих – растяжение-сжатие или изгиб, и компонент напряжений.

Для полного описания процесса разрушения необходимо располагать двумя различными уравнениями повреждений, одно из которых относится к первой стадии рассеянных повреждений, второе – ко второй стадии локальных повреждений. Кроме того, необходимо еще установить условия завершения первой и начала второй стадии, оканчивающейся полным разрушением конструкции при достижении трещинами их критических размеров. Однако в подавляющем большинстве случаев ресурс работы оценивают на основе рассмотрения только одной из названных стадий.

При постепенных отказах в качестве компонент вектора параметров работоспособности  $z(t)$  удобно взять меры повреждений в заданных точках конструкции, соответствующие различным моделям постепенных отказов. Причем, каждая мера повреждений  $z(t)$ , как правило нормируется  $0 \leq z(t) \leq 1$ . В начальный момент времени  $z(0) = 0$ , а в момент разрушения  $t = t_*$   $z(t_*) = 1$ . Кинетические уравнения повреждений, описывающее процесс накопления повреждений при постепенных отказах механического происхождения, в самом общем виде можно представить [6]

$$dz(t)/dt = F[z(t), \lambda(t), R(t), C(t)], \quad (1)$$

где  $z(t)$  - мера повреждений;  $F[\cdot]$  - детерминированная неотрицательная для кумулятивных моделей отказов скалярная линейная или нелинейная функция;  $\lambda(t)$  - амплитудное значение параметра напряженно-деформированного состояния при простом гармоническом нагружении;  $\mathbf{R}(t)$  - вектор параметров базовых зависимостей;  $\mathbf{C}(t)$  - вектор параметров, характеризующих влияние внешней среды.

Кинетические уравнения (1) можно классифицировать в зависимости от заложенной в них модели: линейной, нелинейной, автомобильной и т.д.

При рассмотрении второй стадии процесса разрушения при постепенных отказах, на которой происходит рост одной или ряда магистральных трещин, используются подходы механики разрушения, позволяющие во времени описывать распространение усталостных трещин.

Для класса постепенных отказов, происходящих в элементах конструкций вследствие нарушения усталостной прочности, процесс накопления повреждений от  $z_0$  до 1 находится в интервале  $10^2$ - $10^7$  циклов, охватывая области мало- и многоциклового усталости. Такой значительный временной диапазон является следствием малой скорости изменения  $z(t)$  в единицу времени. Можно утверждать [6], что  $[z(t), \lambda(t)]$  будет представлять двумерный марковский процесс, одномерная плотность вероятности которого  $f(z, \lambda, t)$  удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова

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

с граничными и начальными условиями, которые формулируются исходя из физической сущности задачи.

Таким образом, из решения уравнения (1), 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: вероятность безотказной работы  $P(t)$  и плотность вероятности отказов  $q(t)$

$$P(t) = \int_0^1 f(z, t) dz; \quad q(t) = -dP(t)/dt = -\int_0^1 df(z, t)/dt dz, \quad (3)$$

среднее время  $m_T$  и дисперсию  $\sigma_T^2$  времени до разрушения

$$m_T = \int_0^{\infty} tq(t)dt; \quad \sigma_T^2 = \int_0^{\infty} t^2 q(t)dt - m_T^2. \quad (4)$$

**Выводы.** В элементах транспортного средства (в том числе и перевозимом опасном грузе) происходит накопление повреждений, анализ которых и определение их уровня является необходимым при проведении погрузочно-разгрузочных работ и возможной дальнейшей транспортировке. В работе предложен подход к решению задачи надежности при транспортировке опасных грузов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гладкий В.Ф. Вероятностные методы проектирования конструкций летательного аппарата.-М.: Наука, 1982.-272 с.
2. Николаенко Н.А., Ульянов С.В. Статистическая динамика машиностроительных конструкций.-М.: Машиностроение, 1977.-368 с.
3. Федоров Д.И., Бондарович Б.А. Надежность рабочего оборудования землеройных машин.-М.: Машиностроение, 1981.-280 с.
4. Гусев А.С., Светлицкий В.А. Расчет конструкций при случайных воздействиях.- М.: Машиностроение, 1984.-240 с.

5. Crandall S.H., Zhu W.Q. Random vibration. A survey of recent development // Trans. ASME. J. Appl. Mech.-1983.-Vol.50, № 4b.-p. 953-962.
6. Жовдак В.А., Мищенко И.В. Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов.-Харьков: ХГПУ, 1999.-120 с.

**УДК 351.861**

*Неклонський І.М., ст. викл., УЦЗУ,  
Самарін В.О., викл., УЦЗУ,  
Камардаш О.І., викл., УЦЗУ*

**ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ СИСТЕМИ  
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ СИЛАМИ ТА  
ЗАСОБАМИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА  
ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

Розглянута модель електронної картографічної системи для удосконалення системи управління силами та засобами при ліквідації надзвичайної ситуації ( далі НС) на об'єктах зберігання вибухових речовин

**Постановка проблеми.** Живучість арсеналів, баз і складів боеприпасів, які існують на території України, є їх здатність виконувати свої функції в обсязі не нижче заданого рівня протягом визначеного періоду часу в екстремальних умовах діяльності.

Однак цілий ряд факторів, що з'явилися в останні 2-3 роки (надзвичайні ситуації пов'язані з пожежами та вибухами боеприпасів на базах зберігання м. Артемівськ, с. Новобогданівка) дає підставу зробити висновок про те, що проблема забезпечення живучості на необхідному рівні стає усе більш актуальною.

Це можна пояснити різними обставинами як загального так і місцевого характеру. Об'єктивні і суб'єктивні фактори в ряді випадків приводять до підвищення імовірності виникнення пожеж і вибухів на технічних територіях баз, тому забезпечення необхідного рівня живучості є задачею першорядної важливості. Це є най-

---

Використання електронної картографічної системи для підвищення ефективності керування силами та засобами при ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання вибухових речовин