

УДК 621-192

В.Е. КАСЬЯНОВ, Т.Н. РОГОВЕНКО, М.М. ЗАЙЦЕВА**МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СОВОКУПНОСТИ КОНЕЧНОГО ОБЪЕМА СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ МАШИН**

Предложен метод получения совокупности конечного объема (СКО) средневзвешенных напряжений по малой выборке ($n=5$) с помощью моделирования. Проведен вычислительный эксперимент для значений средневзвешенных напряжений в опасном сечении рукоятки одноковшового экскаватора. Выявлено, что метод статистического моделирования с использованием распределения абсолютных размахов позволяет получить промежуточную совокупность конечного объема (ПСКО) по малой выборке для последующего определения параметров закона Фишера-Типпета для СКО деталей со средневзвешенными напряжениями.

Ключевые слова: малая выборка, совокупность конечного объема, распределение абсолютных размахов, средневзвешенные напряжения, рукоять одноковшового экскаватора.

Введение. Известно, что одним из факторов для определения ресурса детали (элемента) машины (конструкции) является нагруженность (действующее напряжение в опасном сечении детали при эксплуатации). Обычно используют амплитудные значения напряжений, полученные тензометрированием на одной детали [1, 2], т.е. для объема выборки $n=1$.

Получение выборки средневзвешенных напряжений. Для получения выборочного распределения действующих напряжений деталей необходимо иметь статистический ряд средневзвешенных значений $\sigma_{св}$ (рис.1), определенных на нескольких деталях и в разных условиях работы, учитывающих различные климатические условия, технические состояния машин, режимы работы и т.д. Поэтому каждое распределение амплитуд σ_a по времени (проанализированная осциллограмма одной детали) необходимо привести к симметричному циклу [1, 2, 3] и заменить одним средневзвешенным значением. Тогда

$$\sigma_{св}^m = \sum_{i=1}^n \sigma_{a_i}^m t_i,$$

где σ_a – амплитуда действующего напряжения; m – показатель угла наклона кривой усталости; n – число циклов нагружения; t_i – доля i -й амплитуды (относительное число циклов)

$$\sum_{i=1}^n t_i = 1.$$

Формирование выборки $\sigma_{св}$ в реальных условиях очень трудоемкая и дорогостоящая задача, так как требуется провести тензометрирование однотипных деталей на представительной партии машин (например, одноковшовых экскаваторов), которые могут быть территориально рассредоточены. Для снижения трудоемкости работ, как один из вариантов, предлагается выполнить имитацию различных условий работы машины [2], при учете влияния ряда факторов, влияющих на нагруженность деталей одноковшового экскаватора. В качестве таких факторов могут выступать: опыт работы машиниста (стаж 1-3 года; 3-5 лет;

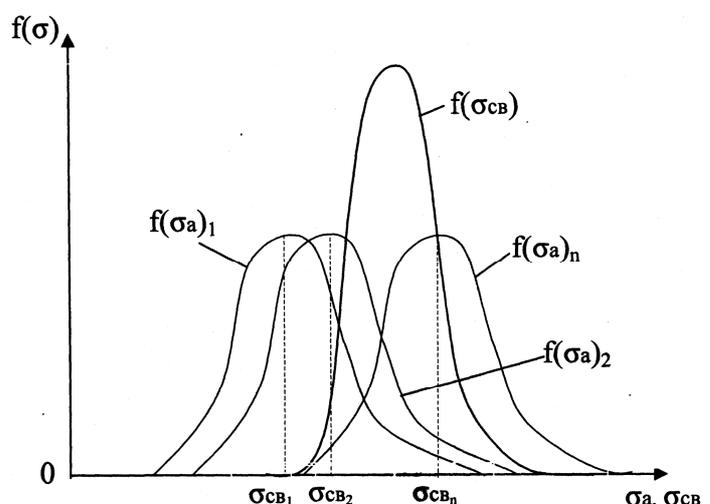


Рис.1. Плотности распределения амплитуд для однотипных деталей $f(\sigma_a)$ и плотность распределения средневзвешенных напряжений $f(\sigma_{св})$

5-10 и более лет); качество изготовления экскаватора (хорошее, удовлетворительное, плохое); грунтовые условия (низкие, средние, высокие температуры; структура грунта); отношение машины к машине (хорошее, удовлетворительное, плохое); выполнение ремонта и технического обслуживания (хорошее, удовлетворительное, плохое) и др. В связи с этим для получения данных по нагруженности деталей необходимо пользоваться распределением средневзвешенных напряжений, полученных по выборке однотипных деталей, а не амплитудными значениями в функции времени для одной детали.

Получение совокупности средневзвешенных напряжений. Предлагаемый в работе [4] метод получения СКО через ПСКО по малой выборке с помощью распределения абсолютных размахов $F(W)$ применим для любого распределения исходной совокупности. Известно [1], что для аппроксимации данных по нагруженности используется распределение Фишера-Типпета II рода:

$P(x) = \ell^{-\left(\frac{c-x}{a}\right)^b}$ – функция распределения; $p(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{c-x}{a}\right)^{b-1} \ell^{-\left(\frac{c-x}{a}\right)^b}$ – плотность распределения.

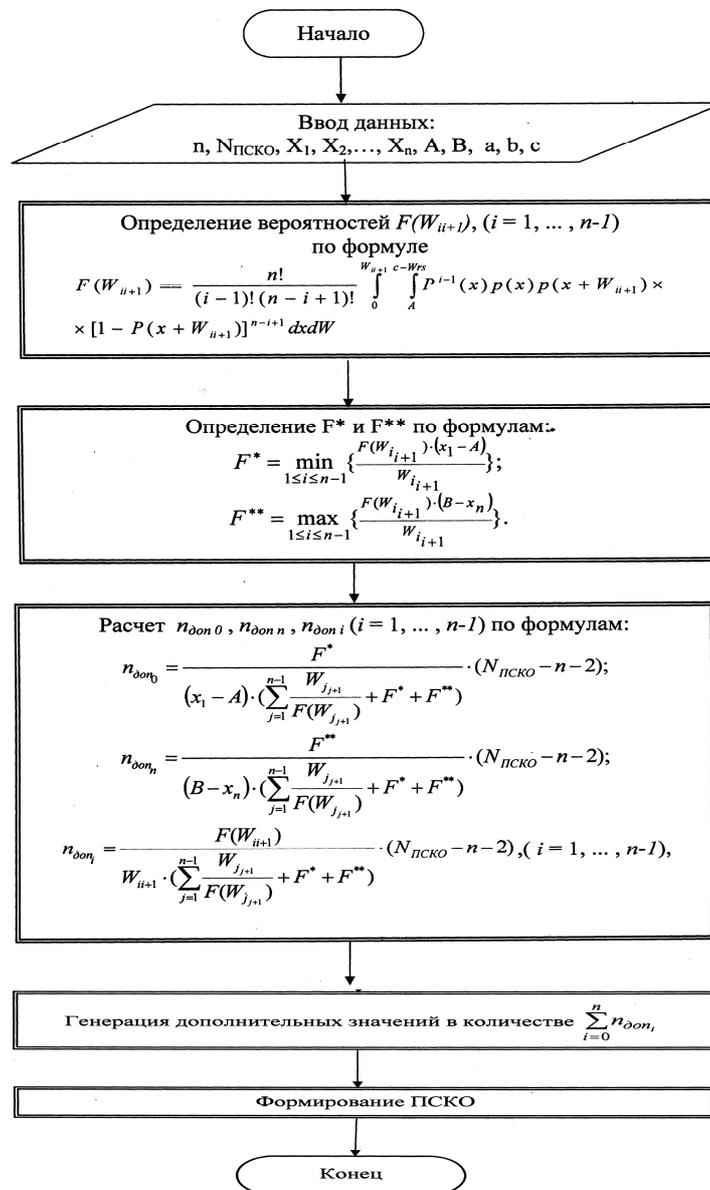


Рис. 2. Блок-схема алгоритма моделирования промежуточной совокупности конечного объема на основе малой выборки с помощью распределения абсолютных размахов

Для проведения вычислительного эксперимента в качестве СКО взята совокупность объемом $N_{\text{СКО}} = 100$ средневзвешенных напряжений в опасном сечении рукояти одноковшового экскаватора [3], которые были получены в результате анализа данных по нагруженности рукояти. Эксперимент проведен по алгоритму, представленному на рис.2, повторён 50 раз для объема выборки $n=5$. Малые выборки получены из СКО с помощью ПЭВМ методом простого случайного выбора. Априорный интервал изменения характеристики $[A, B]=[40,3; 52,4]$. Дополнительные значения генерировались как равномерно распределённые случайные числа.

На рис.3 представлены эмпирические функции распределения исходной совокупности и одной из моделированных.

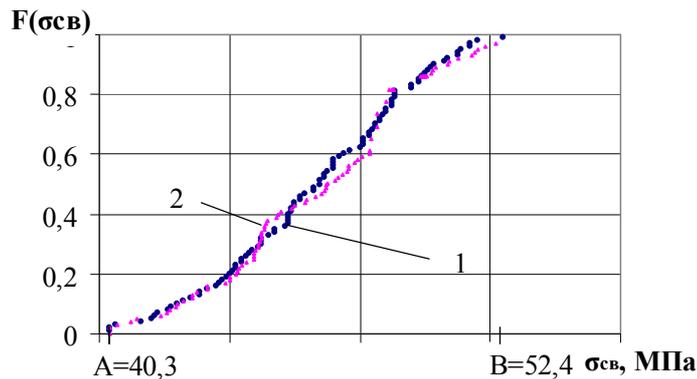


Рис. 3. Эмпирические функции распределения совокупностей конечного объема средневзвешенных напряжений в опасном сечении рукояти одноковшового экскаватора: 1 – исходная; 2 – моделированная

Однородность исходной совокупности и ПСКО оценена по критерию Вилкоксона [5]. Для проверки гипотезы о том, что функции распределения генеральных совокупностей, из которых извлечены выборки, совпадают по всей области их определения, применен критерий Смирнова-Колмогорова [6].

В результате проведенного эксперимента получено количество ПСКО, однородных с исходной совокупностью по критерию Вилкоксона для уровня значимости $\alpha=0,01$, $N_B=40$ штук (80%); количество ПСКО, имеющих одну генеральную совокупность с исходной по критерию Смирнова-Колмогорова для уровней значимости $\alpha=0,01$ и $\alpha=0,001$; $N_K = 48$ штук (96%).

Выводы. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что 80% моделированных совокупностей конечного объема по малым выборкам объема $n = 5$ однородны с исходной совокупностью и 96% имеют с ней общую генеральную совокупность.

Таким образом, метод статистического моделирования с использованием распределения абсолютных размахов позволяет получить параметры закона Фишера-Типпета для СКО деталей со средневзвешенными напряжениями по малой выборке объема $n = 5$ с помощью промежуточной совокупности конечного объема.

Библиографический список

1. Серенсен С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.
2. Касьянов В.Е., Аннабердиев А.Ч.-М Определение статистического распределения действующих напряжений при нестационарном нагружении деталей одноковшовых экскаваторов. – Деп. в ЦНИИТЭСТРОЙМАШ, 20.04.85. – № 51.

3. Касьянов В.Е., Топилин И.В. Определение функции распределения средневзвешенных напряжений по амплитудным значениям напряжений для расчета усталостного ресурса деталей методом Монте-Карло. Деп. в ВИНТИ, 13.02.99, № 364-В99.

4. Роговенко Т.Н., Зайцева М.М. Метод получения совокупности конечного объема из малой выборки с помощью моделирования. Деп. в ВИНТИ, 2008, №970.

5. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

6. Методика статистической обработки информации о надежности технических изделий на ЭЦВМ. – М.: Издательство стандартов, 1978.

Материал поступил в редакцию 23.10.09.

V.E. KASYANOV, T.N. ROGOVENKO, M.M. ZAITSEVA

THE METHOD OF RECEPTION OF FINAL VOLUME SET OF WEIGHT AVERAGE TENSION IN THE DETAILS OF THE MACHINES

The method of reception of final volume set (FVS) of weight of average tension on small sample ($n=5$) by the simulation is offered. A computing experiment for weight average tension in the dangerous section of the dredge handle is carried out. The application of statistical simulation method by distribution of absolute spreads allows to receive interim aggregate of final volume on small sample for the subsequent definition of the Fisher-Tippet's law parameters for FVS details with the weight average tension.

КАСЬЯНОВ Валерий Евгеньевич (р.1938), заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей и оборудования» РГСУ, доктор технических наук (1991), профессор (1993). Окончил Ростовский-на-Дону институт инженеров железнодорожного транспорта (1960).

Область научных интересов: надежность машин.

Автор 130 научных публикаций.

РОГОВЕНКО Татьяна Николаевна, доцент (2003) кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей и оборудования» РГСУ, кандидат технических наук (1995). Окончила РГУ (1992).

Область научных интересов: надежность машин.

Автор 30 научных работ.

e-mail: rotani@mail.ru

ЗАЙЦЕВА Марина Михайловна, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей и оборудования» РГСУ. Окончила Ростовский-на-Дону государственный строительный университет (2005).

Область научных интересов: надежность машин.

Автор 8 научных публикаций.

marincha1@rambler.ru