

Упрощенное определение расхождений между минимальными ресурсами выборок и совокупностей для ответственных деталей машин

В.Е. Касьянов, А.А. Котесова, С.В. Теплякова

На протяжении многих лет и даже десятилетий исследователи при решении вероятностно-статистических задач использовали выборочный метод определения параметров законов распределения значений тех или иных факторов [1,3,9,10]. Это объяснялось тем, что генеральные совокупности считались бесконечными. Вместе с тем в деятельности человека при ограниченной продолжительности жизни генеральные совокупности являются конечными (автомобили – в миллионах, строительные и сельхозмашины – в тысячах, ракеты – в сотнях и т.д.) При этом выборочный метод актуален, т.к. позволяет существенно снизить затраты на проведение исследований при выборках объемом $n=10-100$.

Однако существует связь между объемами выборки и генеральной совокупности конечного объема (далее совокупность) (рис. 1).

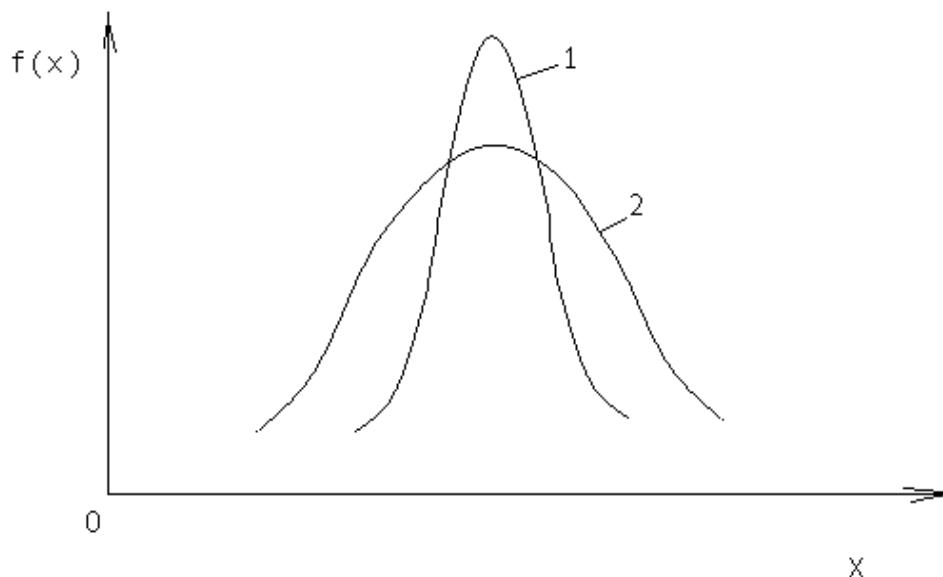


Рис. 1. Плотность распределения: 1- выборка; 2- совокупность

Известно, что с увеличением объема выборки возрастает среднее квадратическое отклонение вплоть до равенства его с аналогичным отклонением совокупности.

При использовании для аппроксимации выборочных данных законов со

сдвигом, например, законов Вейбулла с тремя параметрами [2] и Фишера-Типпета [10] эти две плотности на рис. 1 примут следующий вид (рис.2).

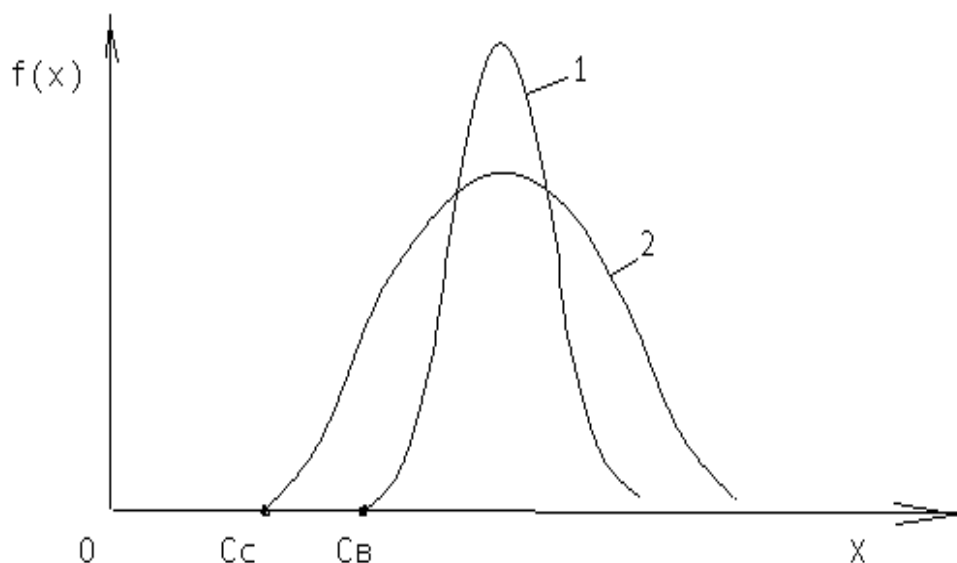


Рис. 2. Плотность распределения трехпараметрического закона Вейбулла: 1 - выборка; 2- совокупность; C_c , C_v – сдвиги распределений совокупности и выборки

Параметры C_v и C_c обычно находят для определения минимальных значений каких-либо факторов: прочности, ресурса и т.п.

Так, выборочный минимальный ресурс детали, узла, машины будет больше ресурса совокупности. Это означает завышенный выборочный расчетный или экспериментальный ресурс. Для совокупности данный ресурс будет заниженным и, следовательно, характеризоваться преждевременными отказами и материальными затратами [4,5,6,7,8].

Поэтому при наличии выборочных данных было бы очень важно решить задачу более простого перехода от выборочного ресурса к ресурсу совокупности, особенно если совокупность составляет объем $N_c=10^3-10^5$.

Применительно к задаче об определении усталостного ресурса рассматриваются следующая формула

$$T_{p_i} = \frac{N_o \cdot a_p}{3600 \cdot f_i} \cdot \left(\frac{\sigma_{-1 Di}}{\sigma_{cvi}} \right)^{m_{2i}},$$

где a_p – сумма относительных усталостных повреждений;

N_0 – базовое число циклов, ц;

f - частота нагружения, Гц;

σ_{-1} = предел выносливости образцов

Объем выборки $n=50$; объем совокупности $N_e=10^4$.

На рис. 3 представлен алгоритм определения упрощенного расхождения между минимальными ресурсами по выборке и совокупности.

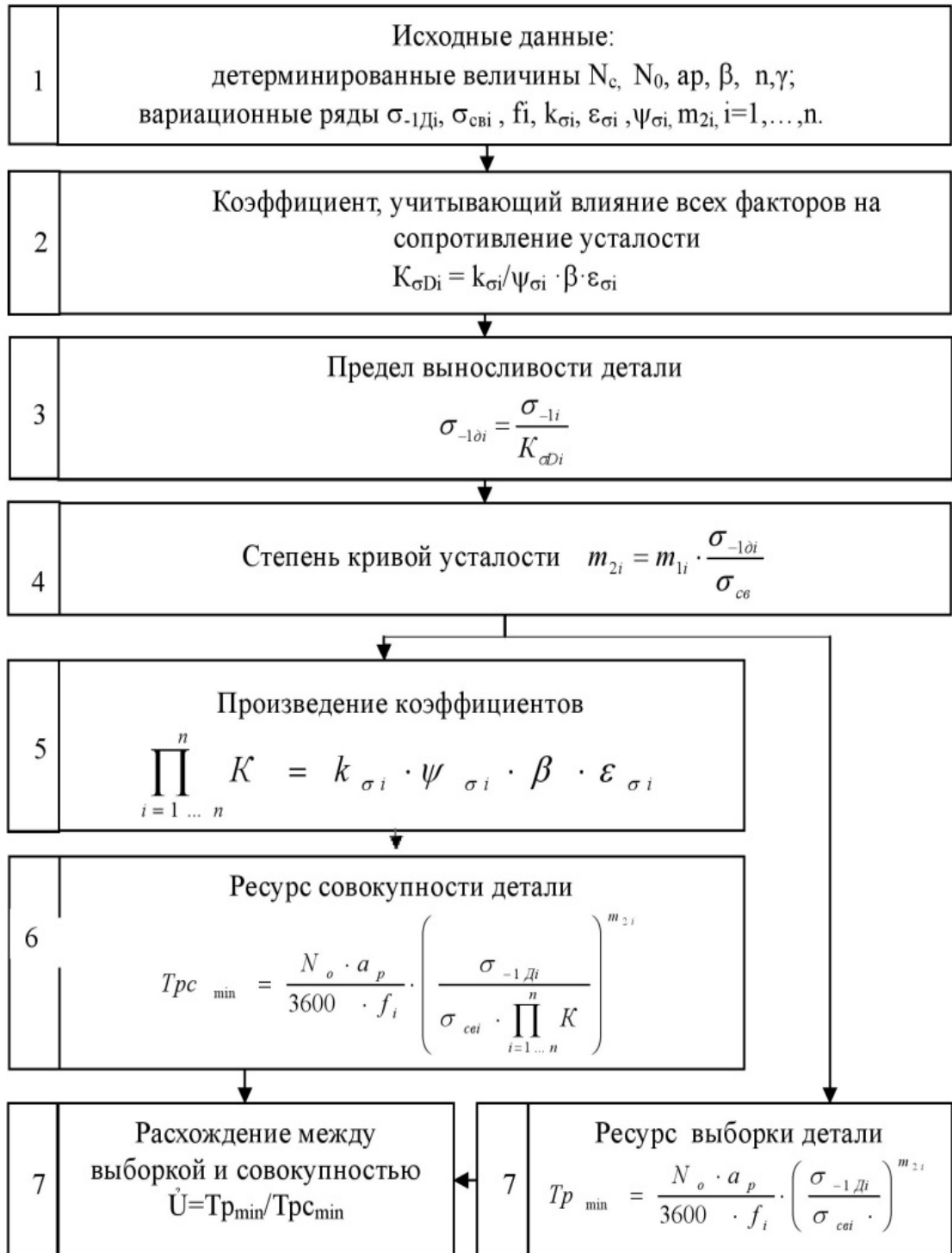


Рис. 3. Алгоритм определения упрощенного расхождения между минимальными ресурсами по выборке и совокупности

В таблице представлены расхождения между ресурсом выборки и ресурсом совокупности выполненные по данному алгоритму

Таблица.

Расхождения между минимальными ресурсами выборки и совокупности

| Стали | T_{pmin} | T_{pmin} | \bar{U} |
|-------------|------------|------------|-----------|
| Ст 3 10 мм | 19945,31 | 631,592 | 31,579 |
| Ст 3 12 мм | 151010,4 | 5808,728 | 25,997 |
| Ст 3 14 мм | 126265,1 | 5621,087 | 22,462 |
| Ст 3* 10 мм | 141508,8 | 5544,862 | 25,521 |
| Ст 3* 12 мм | 293351,8 | 12681,99 | 23,131 |
| Ст 3* 14 мм | 380652,2 | 13995,71 | 27,197 |
| 09Г2С 8 мм | 251352,5 | 20440,35 | 12,296 |

Таким образом, из таблицы видно, что минимальный ресурс выборки в 12-31 раза больше ресурса совокупности, что объясняет появление ранних отказов деталей совокупности.

Библиографический список

1. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648с.
2. ГОСТ 11.007-75. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла. М.: Изд-во стандартов, 1975. - 30 с.
3. Серенсен С.В., Кагаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975. – 488с.

4. Касьянов В.Е., Зайцева М.М., Котесова А.А., Котесов А.А. Оценка параметров распределения Вейбулла для совокупности конечного объема. Деп. ВИНТИ № 21-В2012 от 24.01.12

5. Котесова А.А., Зайцева М.М., Котесов А.А. Определение действующего напряжения в стреле одноковшового экскаватора [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://ivdon.ru> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Касьянов В.Е., Котесов А.А., Котесова А.А. Аналитическое определение параметров закона Вейбулла для генеральной совокупности конечного объема по выборочным данным прочности стали [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Касьянов В.Е., Зайцева М.М., Котесова А.А., Котесов А.А., Котова С.В. Расчетно-экспериментальное определение гамма-процентного ресурса стрелы одноковшового экскаватора для генеральной совокупности конечного объема [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №1 (часть 2). – Режим доступа: <http://ivdon.ru> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8. Касьянов В.Е., Щулькин Л.П., Котесова А.А., Котова С.В / Алгоритм определения параметров прочности, нагруженности и ресурса с помощью аналитического перехода от выборочных данных к данным совокупности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://ivdon.ru> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. Applied statistics and probability for engineers / Douglas C. Montgomery, George C. Runger.—3rd ed.

10. W.J. DeCoursey / Statistics and Probability for Engineering Applications With Microsoft® Excel. – 2003 – 400 p. – Elsevier Science (USA).