

Метод применения генеральной совокупности конечного объема вместо выборочной информации в расчетах усталостного ресурса деталей

В.Е. Касьянов

Этот метод рассматривается для деталей с усталостными отказами, вызывающими внезапную потерю работоспособности машины (узла), что обычно сопровождается значительным экономическим ущербом, а в некоторых случаях утратой безопасной работы машины.

Выполненные нами исследования по экспериментальному определению с помощью эксплуатационных наблюдений надежности различных машин (одноковшовых экскаваторов, зерноуборочных комбайнов и др.) в период 1970-1985 г.г. [1,2,3] выявили необычную закономерность появления их отказов. Эти отказы происходили на ранних сроках эксплуатации машин.

В те годы многие детали машин рассчитывались из условия обеспечения заданного гамма – процентного ресурса [4.5]. При этом фактический ресурс оказывался меньше расчетного в несколько десятков и даже сотен раз и соответственно экономический ущерб.

На тот период времени убедительного ответа на вопрос о таком значительном расхождении у нас не было.

В последующие годы постепенно накапливалась различная информация, которая позволила отличать ресурс детали, определенный по выборке деталей в количестве $n=20-50$ и совокупности N_c одинаковых деталей, находящихся в эксплуатации в объеме тысяч единиц.

Далее сформулировали гипотезу о существенном отличии, например, минимальных ресурсов деталей для выборки и генеральной совокупности, находящихся в эксплуатации в объеме $N_c=10^3-10^6$ единиц.

Затем поставили задачу исследовать закономерность расхождения минимальных ресурсов деталей, найденных по выборке и рассчитанных для генеральных совокупностей объемом $N_c=10^3-10^6$ единиц.

Как видно из объема N_c , генеральная совокупность рассматривалась конечного объема в отличие от общепринятой совокупности бесконечного объема.

При этом для описания статистических закономерностей использованы вероятностные законы со сдвигом: Вейбулла – для прочности и ресурса и закон Фишера – Типпета – для действующих напряжений [6].

На рис. 1 представлена вероятностная бумага (сетка) для закона Вейбулла со сдвигом с тремя параметрами [7]. В качестве примера принято выборочное распределение ресурса деталей в интервале $F(x)=0,01-0,99$, т.е. для единой базы сравнения вероятностных распределений с разными относительными размахами [8].

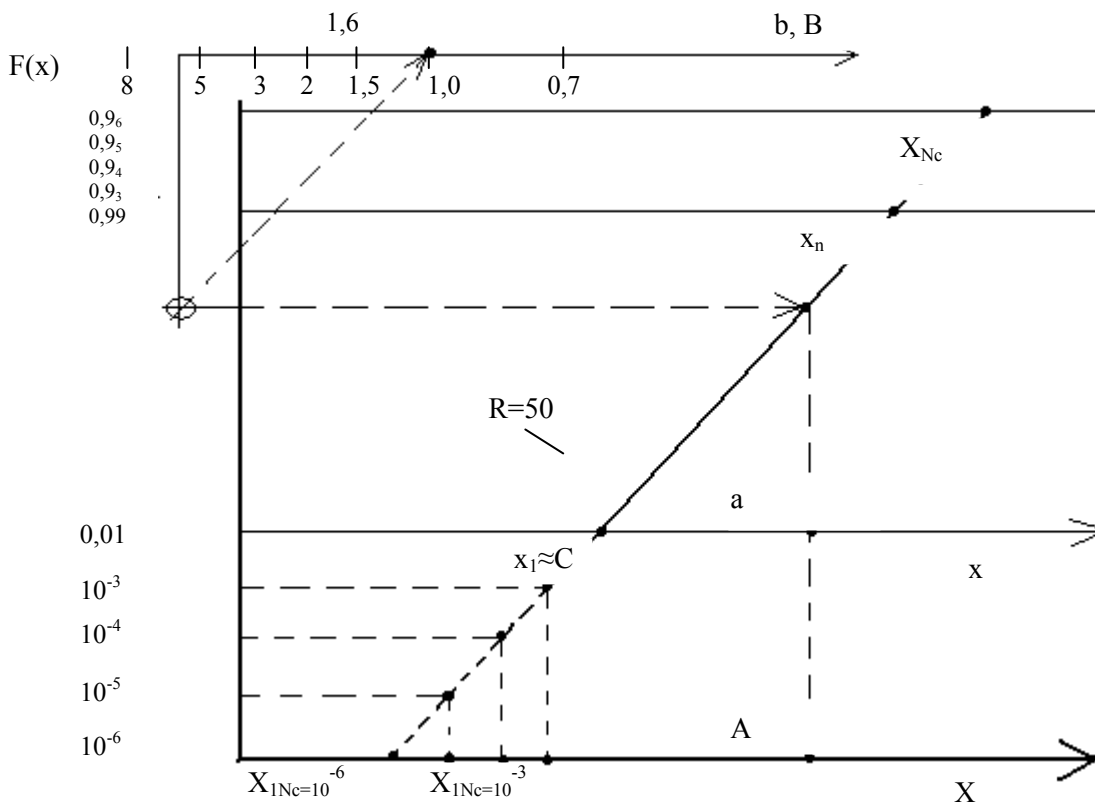


Рис. 1. Распределение выборки и генеральной совокупности и их параметры

В этом примере дано:

1. Объем выборки $n=50$ для размаха $R=50$.
2. Объем совокупности $N_c=10^3; 10^4; 10^5; 10^6$.

Принимаем:

1. $x_1 \approx c$.
2. $X_1 \approx C_{N_c}$.
3. $a=A$.
4. $v=B$.

Имеем:

1. Расхождение $r = x_1/X_1 \approx c/C_{N_c}$,
 $N_c=10^3; 10^4; 10^5; 10^6$.
2. Размах $R_c = X_{N_c} / X_{1N_c}$.

Здесь x_1 - первый член выборочного вариационного ряда;

c - сдвиг выборочного распределения вариационного ряда;

X_1 - первый член вариационного ряда генеральной совокупности конечного объема;

C_{N_c} - сдвиг распределения генеральной совокупности конечного объема;

a и A - параметры масштаба выборочного распределения генеральной совокупности конечного объема;

v и B - параметры формы выборочного распределения и генеральной совокупности конечного объема.

После нанесения точек выборочного распределения (кумуляты) построена аппроксимирующая прямая в интервале $F(x)=0,01-0,99$. Для корректного сравнения различных выборочных данных и приняты значения $F(x)=0,01-0,99$.

Параметры распределения Вейбулла a , v и c находятся графическим способом [7].

Вероятностная сетка состоит из трех частей. Верхняя часть $F(x)= 0,99-0,9_6$ является продолжением средней части выборочной прямой при

$F(x)=0,01-0,99$ и считается распределением для генеральной совокупности конечного объема.

Нижняя часть прямой в интервале $F(x)=0,01-10^{-6}$ также относится к генеральной совокупности конечного объема.

Как следует из графика, параметры $a=A$ и $v=B$; $x_1 \approx c$ с ошибкой $\delta=0,1-1\%$ и $X_{1N_c} \approx C_{N_c}$ с ошибкой $\delta=2-7\%$ [9,10].

Выполнен расчет расхождения r минимального ресурса для генеральной совокупности конечного объема и выборки в зависимости от объема совокупности N_c и результаты представлены на рис. 2.

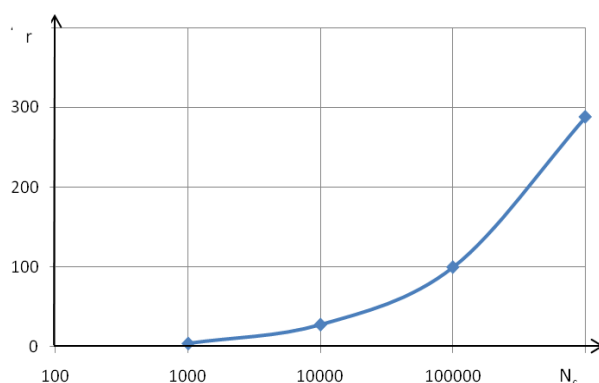


Рис. 2. Зависимость расхождения r от объема совокупности N_c

Литература:

1. Касьянов В.Е. Метод определения уровня надежности одноковшовых экскаваторов [Текст] // Надежность машин.- Вып. 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский инженерно-строительный институт, 1972. – С.98-107.
2. Касьянов В.Е. Испытания экскаваторов в эксплуатации и расчет показателей их надежности на ЦВМ [Текст] //Надежность и контроль качества.- 1976.-. №6. – С.15-19.
3. Касьянов В.Е., Беленький Д.М., Кубарев А.Е. Опыт анализа надежности машин по результатам длительных эксплуатационных наблюдений [Текст] //Вестник машиностроения. – 1978.- №10. – С.13-16.
4. ГОСТ 27-503-81 (СТ СЭВ 2836-81). Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Методы оценки показателей

надежности (В.Е. Касьянов, А.И. Кубарев, Д.М. Беленький и др.). [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 1981.

5. ГОСТ 27-401-84 (СТ СЭВ 4492-84). Надежность в технике. Порядок и методы контроля показателей надежности, установленных в нормативно-технической документации. Общие требования. (В.Е. Касьянов, В.Ф.Курочкин, Д.М. Беленький и др.). [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 1984.

6. W. Weibull, A statistical distribution function of wide applicability // I. Appl. Mech. 18, 3 (1951). — Pp. 293-297.

7. Kapur K.C., Lamberson L.R. Reliability in Engineering Design. Department of Industrial Engineering and Operations Research Wayne State University Detroit, Michigan 48202, 1977.

8. Касьянов В.Е., М.М.Зайцева, А.А. Котесов Оценка параметров распределения Вейбулла для совокупности конечного объема Деп. В ВИНТИ, 24.01.2012 № 21-В2012

9. В.Е Касьянов М.М. Зайцева, А.А. Котесова, А.А. Котесов, С.В. Котова Расчетно-экспериментальное определение гамма-процентного ресурса стрелы одноковшового экскаватора для генеральной совокупности конечного объема [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/624> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10. В.Е. Касьянов А.А. Котесов, А.А. Котесова 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://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/804> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.