

## Анализ соотношения сдвигов и крайних членов совокупностей и выборок по ресурсу и прочности

*С.В. Теплякова, А.А. Котесова, Ф.С. Копылов, В.С. Крымский*

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Моделирование генеральных совокупностей конечного объема заметно упрощает процесс решения некоторых задач надежности. Анализ аналитического метода определения параметров трехпараметрического распределения Вейбулла для совокупности подтвердил возможность применения способа моделирования статистических данных прочности и ресурса деталей и узлов машин.

**Ключевые слова:** надежность, аналитический метод, моделирование, генеральная совокупность конечного объема, выборка, закон Вейбулла, прочность, ресурс, деталь, узел, машина.

Новые возможности для решения задач надежности представляет моделирование генеральных совокупностей конечного объема [1, 2] (далее совокупности) с помощью ЭВМ.

Сбор информации для совокупности деталей, узлов, машин за ресурс является длительной, трудоемкой и дорогой задачей, которая практически при объеме  $N_c=10^3-10^5$  и более не решалась из-за ее нецелесообразности и невозможности. Поэтому обычно в расчетах использовали репрезентативную выборку; в машиностроении объем выборки принимается порядка  $n=10-100$  [3-5].

Для перехода от выборочных данных к параметрам совокупности конечного объема использовали аналитический метод определения параметров Вейбулла для совокупности [6, 7]. Из исходной совокупности случайным образом брались выборки в количестве  $m$  штук, далее, с помощью аналитического метода, осуществлялся переход от значений параметров выборочных распределений к распределению генеральных совокупностей конечного объема, и проводился анализ рассеивания значений

сдвигов полученных совокупностей [8]. Блок-схема моделирования представлена на рис.1.

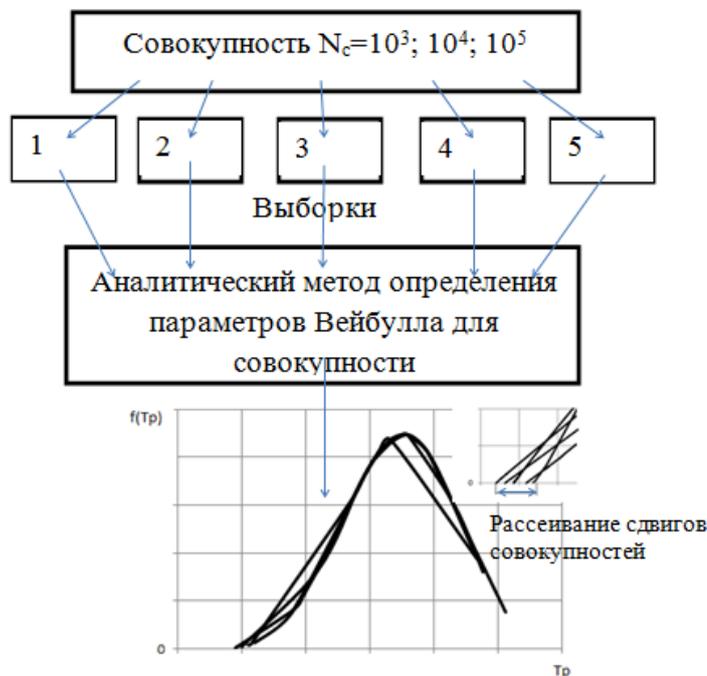


Рис. 1. – Блок-схема моделирования  $m$  выборок из совокупности  $N_c$

Для большей наглядности рассмотрены две совокупности с прочностными характеристиками и одна с данными по ресурсу [9]. Доля выборки  $(0,1; 10^{-2}; 10^{-3})$  определялась в зависимости от объема совокупности по формуле (ГОСТ 27-503-81 (СТСЭВ 2836-81). Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Методы оценки показателей надежности):

$$d = \frac{n}{N_c} \quad (1)$$

где  $n$  – объем выборки;  $N_c$  – объем совокупности.

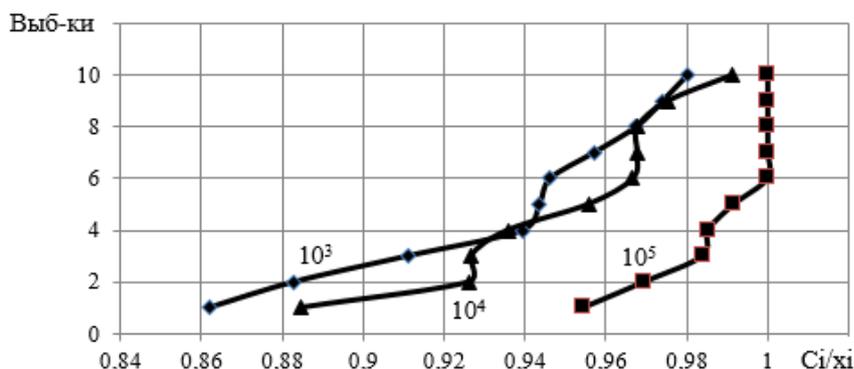


Рис. 2. – Отношение параметра сдвига и минимального значения ресурса совокупности стали 15ХСНД

Из рис.2 видно, что для основной части выборок из совокупностей объемом  $N_c=10^5$ , отношение параметра сдвига и минимального значения совокупности  $C_i/x_i=0,996 - 1$  (менее 0,4%), т.е. они практически совпадают; для  $N_c=10^4$  это отношение меняется от 0,993 и до 1 (менее 0,7%); а для  $N_c=10^3$   $C_i/x_i=0,992-0,999$  (0,8%), т.е. отклонение составляет менее 1 %.

Таким образом, проведенные расчеты доказали, что на практике возможно использовать как значение параметра сдвига  $C$ , так и значение крайних членов ряда совокупности  $x_l$  (разница составляет около 1% при  $N_c=10^3-10^5$ ).

Рис.3 (а, б) наглядно показывает, что при сравнении параметров сдвигов совокупности и выборки по ресурсу, выраженное как их отношение  $K=C_g/C_c$  определено, что для совокупности объемом  $N_c=10^3$   $C_g>C_c$  на 10%; при  $N_c=10^4$   $C_g>C_c$  в 1,4 раза; при  $N_c=10^5$   $C_g>C_c$  в 2 раза.

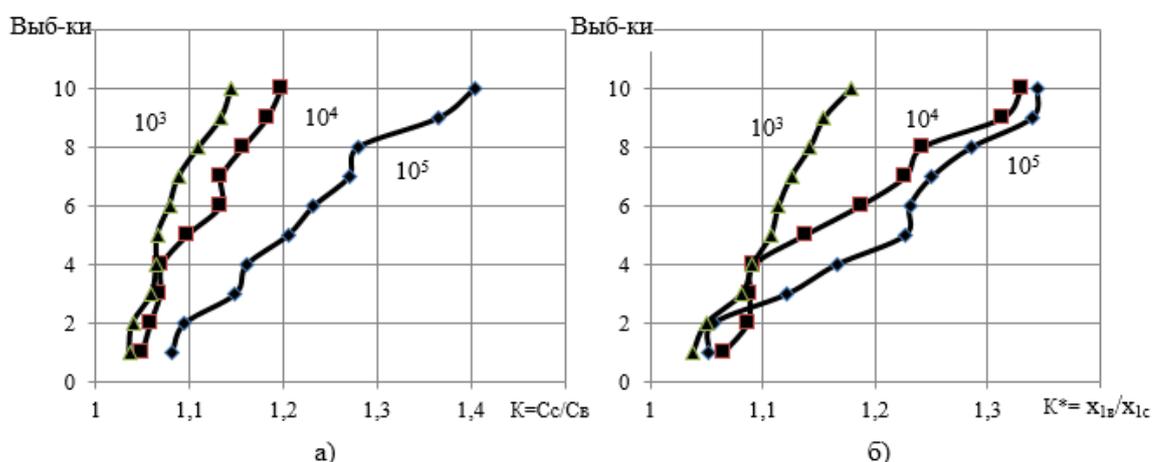


Рис. 3. – Соотношение сдвигов (а) и крайних членов (б) совокупностей и выборок по ресурсу стали 15XСНД

Рис.4 (а, б) показывает, что при сравнении параметров сдвигов совокупности и выборки по прочности [10, 11], представленное коэффициентом, характеризующим их отношение  $K=C_{\sigma}/C_c$  определено, что для совокупности объемом  $N_c=10^3$   $C_{\sigma}>C_c$  на 10%; при  $N_c=10^4$   $C_{\sigma}>C_c$  на 12%; при  $N_c=10^5$   $C_{\sigma}>C_c$  в 1,6 раза.

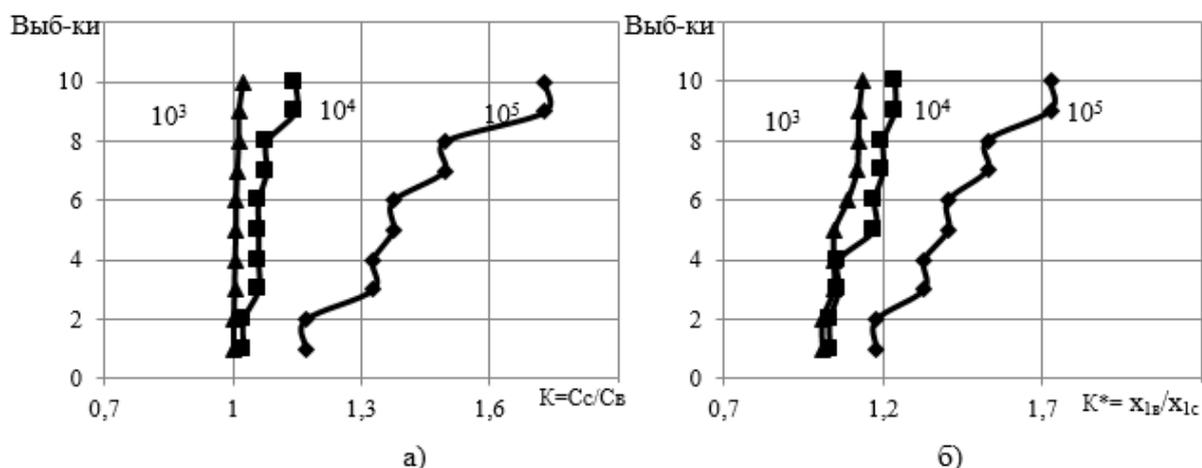


Рис. 4. – Соотношение сдвигов (а) и крайних членов (б) совокупностей и выборок по прочности стали 15XСНД

По данным компьютерного эксперимента коэффициент, характеризующий отношение крайних членов совокупности и принадлежащей ей выборки  $K^*=x_{1\sigma}/x_{1c}$  идентичен  $K$ . Это необходимо

учитывать особенно для расчета ресурса (так как его значение много меньше чем по прочности) деталей, узлов, машин.

### Литература

1. Теплякова С.В. Метод графо - аналитического определения параметров закона Вейбулла. Научное обозрение. – 2014. - № 11 (2). с. 2.
2. Касьянов В.Е., Косенко Е.Е., Косенко В.В., Котесова А.А., Хван Р.В. Исследование влияния объемов выборок и генеральных совокупностей прочности деталей автомобилей на их ресурс // Инженерный вестник Дона, 2018, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4765
3. Ананин, В.Г. Результаты экспериментальных исследований и моделирования рабочего оборудования одноковшового экскаватор // Вестник томского государственного архитектурно-строительного университета - 2013. - №1 (38). - с. 205-213
4. Биргер, И.А. Вероятность разрушения, запасы прочности и диагностика - М.: Судостроение, 1993. – 640 с.
5. Wei-Tin Kary Chen, Ch. Hung-Jia Huang. Practical "building-in reliability" approaches for semiconductor manufacturing. - IEEE Transactions on Reliability, 2002, №4, pp.469-481.
6. Yin P. Estimating reliability of group mean difference scores in longitudinal designs / Degree: Ph.D. DegreeYear: 2003 Institute: The University of Iowa, p. 66.
7. Касьянов, В.Е., Теплякова С.В. Определение параметров выборочного и совокупности конечного объема распределений Вейбулла для гарантии безотказности деталей машин // Materiály XII mezinárodní vědecko – praktická konference «Dny vědy - 2016» 22-30 březen 2016 roku, С. 43-50.
8. Касьянов, В.Е., Теплякова С.В., Котесов А.А. Применение генеральной совокупности конечного объема вместо выборочных данных в расчетах усталостного ресурса деталей // Научное обозрение. 2014. № 9-2. С. 395-398.

9. Теплякова, С.В. Метод графо-аналитического определения параметров закона Вейбулла // Научный журнал Научное обозрение. 2014. № 11. С. 2.

10. Болотин, В.В. Ресурс машин и конструкций - М.: Машиностроение, 1990. 446 с.

11. Роговенко Т.Н., Зайцева М.М. Оценка оптимального значения вероятности безотказной работы деталей машин, на примере рукояти одноковшового экскаватора // Инженерный вестник Дона, 2016, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3848

### References

1. Teplyakova S.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 11 (2).

2. Kas'yanov V.E., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Kotesova A.A., Hvan R.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4765.

3. Ananin, V.G. Vestnik tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2013. №1 (38). p. 205-213

4. Birger, I.A. Veroyatnost' razrusheniya, zapasy prochnosti i diagnostika [The probability of failure, safety factor and diagnosis]. M.: Sudostroenie, 1970.

5. Wei-Tin Kary Chen, Ch. Hung-Jia Huang. Practical "building-in reliability" approaches for semiconductor manufacturing. - IEEE Transactions on Reliability, 2002, №4, p.469-481.

6. Yin P. Estimating reliability of group mean difference scores in longitudinal designs. Degree: Ph.D. DegreeYear: 2003 Institute: The University of Iowa. p 66.

7. Kas'yanov, V.E., Teplyakova S.V. Materiály xii mezinárodní vědecko – praktická konference «Dny vědy - 2016» 22-30 března 2016 roku, p. 43-50.

8. Kas'yanov, V.E., Teplyakova S.V., Kotesov A.A. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 9-2. p. 395-398.



9. Teplyakova, S.V. Metod grafo-analiticheskogo opredeleniya parametrov zakona Vejbulla. Naunyj zhurnal Nauchnoe obozrenie. 2014. № 11. p. 2.
10. Bolotin, V.V. Resurs mashin i konstrukcij [The resource of machines and structures] M.: Mashinostroenie, 1990. 446 p.
12. Rogovenko T.N., Zajceva M.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3848](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3848)