

Исследование связи твердости с пределом текучести для арматурных сталей

Д.Б. Демченко, В.Е. Касьянов, Е.Е. Косенко, К.О. Кобзев

Донской государственный технический университет

Аннотация: построены зависимости распределения значений твердости арматуры класса А500С различных диаметров. Для определения минимальных значений использован метод графического перехода от выборочных данных к совокупности. Проведен расчет наименьших значений твердости с применением сдвига, полученного при анализе совокупности.

Ключевые слова: выборка, арматура, генеральная совокупность конечного объема.

Метод определения прочности арматурных сталей с использованием выборочного метода по ГОСТ 12004-81 показывает завышенные значения предела текучести. Выполненные авторами исследования [1-7], выявили необходимость:

- использовать выборки как это требует критерий согласия ω^2 не менее 50 образцов (НВ, σ_T);

- вместо выборочных параметров закона Вейбулла использовать параметры совокупности конечного объема (т.е. учесть все количество строительных конструкций, находящихся в эксплуатации).

Для анализа твердости арматурных сталей класса А500С диаметром 10 и 12 мм выполнены измерения по 6 образцам в соответствии с ГОСТ 12004-81. Полученные зависимости для четырех выборок в дифференциальной форме представлены на рис. 1, 2 в виде аппроксимации вероятностным законом Вейбулла с 3-мя параметрами [8, 9].

Разница значений объясняется замерами разных по прочности слоев.

Соответствие экспериментальных данных данным сертификатов и ГОСТов представлены в таблице №1

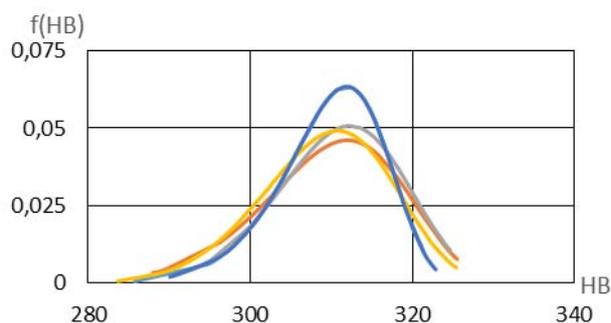


Рис. 1 - Распределения Вейбулла для твердости арматуры класса А500С
диаметр 10 мм

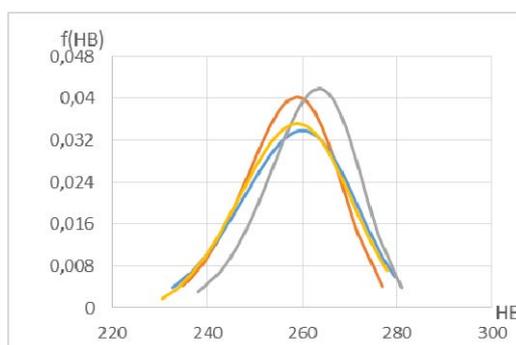


Рис. 2 – Распределения Вейбулла для твердости арматуры класса
А500С диаметр 12 мм

Таблица №1

Экспериментальные исследования

| HRB | | σ_T | | | σ_B | | |
|----------------------------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| № п/п | Эксперим. | Расч. метод | Эксп. метод | Сертефикат | Расч. метод | Эксп. метод | Сертефикат |
| А500С Диаметр 10 мм | | | | | | | |
| $\sigma_T = AHB + BHB + C$ | 20,41 | 361 | 517 | 589 | 746 | 619 | 675 |
| | | | 535 | 610 | 748,6 | 621 | 712 |
| А500С Диаметр 12 мм | | | | | | | |
| $\sigma_T = AHB + BHB + C$ | 18,67 | 348 | 533 | 522 | 719,3 | 927 | 701 |
| | | | 639 | 565 | 721 | 1051 | 711 |

Связь предела текучести и твердости в таблице 1 выражена зависимостью:

$$\sigma_T = ANB + BNB + C \quad (1)$$

где коэффициенты А, В, С получены при исследовании сталей [10].

Полученная зависимость позволила выявить корреляционную связь твердости и предела текучести, что значительно снижает трудоемкость и время проведения эксперимента. Также полученная связь необходима для выполнения прочностных расчетов строительных конструкций при их работе при напряжениях ограниченных нормативной величиной деформаций.

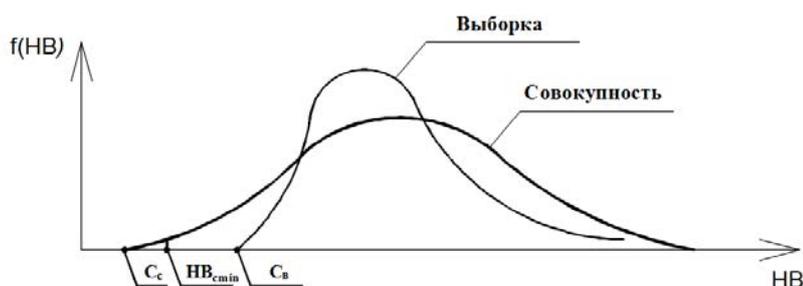


Рис. 3 – Кривые вероятностного распределения для выборки и совокупности конечного объема (C_B – сдвиг выборочного распределения твердости; NB_{\min} – минимальное (первое) значение вариационного ряда совокупности конечного объема; C_C – сдвиг распределения твердости для совокупности)

В расчете совокупности конечного объема предполагается учитывать количество строительных конструкций, находящихся в эксплуатации. Использование первого значения вариационного ряда совокупности конечного объема вместо завышенного значения выборочного сдвига закона Вейбулла дает повышенную гарантию несущей способности арматуры.

Удобный метод перехода (в интегральном виде) от выборочных данных к данным совокупности конечного объема представлен на рис. 4 [11,12,13].

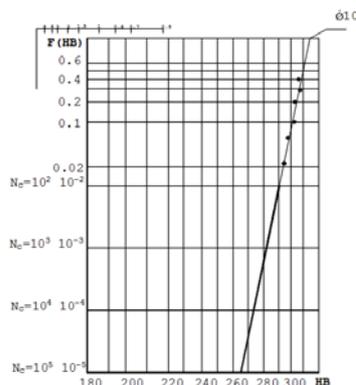


Рис. 4 – Графический метод перехода от выборки к совокупности для арматуры диаметром 10 мм

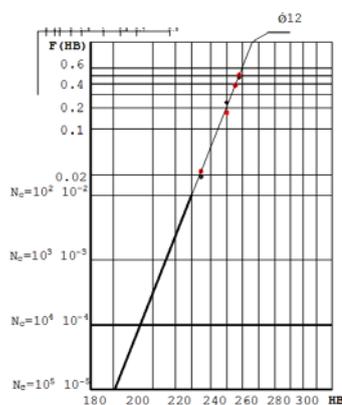


Рис. 5 – Графический метод перехода от выборки к совокупности С для арматуры диаметром 12 мм

помощью такого графика весьма просто устанавливаются минимальные значения вариационного ряда совокупности конечного объема для совокупностей $N_c = 10^2 - 10^5$.

Для графического метода перехода от выборочных параметров закона Вейбулла к параметрам совокупности конечного объема использовался метод Капура-Ламберсона, позволяющий достаточно просто определить параметры масштаба «а» и параметр формы «в». Параметр «с» рассчитан посредством преобразования формулы интегрального вида закона Вейбулла [14, 15, 16].

При использовании графического метода для перехода от выборки к расчету параметров закона Вейбулла для совокупности конечного объема, в ряде случаев возникает необходимость (при относительных размахах более 10 параметров закона Вейбулла) изменения шкалы абсцисс в сторону уменьшения значений параметра. Этот подход является вынужденным в случае, когда продление аппроксимирующей прямой для выборки не возможна, т. к. прямая для совокупности оказывается за пределами шкалы.

В общем виде уравнение имеет вид

$$NB_{cmin} = C_c + A\sqrt[-ln(\gamma)]{\quad}, \quad (2)$$

$$C_c = NB_{cmin} - A\sqrt[-ln(\gamma)]{\quad}, \quad (3)$$

где NB_{cmin} – наименьшее значение совокупности,

C_c – сдвиг, полученный при анализе совокупности,

γ – доверительная вероятность.

Для определения минимального значения

$$NB_{cmin} = C_c + A\sqrt[-ln(\gamma)]{\quad}, \quad (4)$$

$$C_c = NB_{cmin} - A\sqrt[-ln(\gamma)]{\quad}. \quad (5)$$

При рассмотрении выборочных значений с размахом $R \approx 1,3$ расчет будет иметь следующий вид.

В отличие от метода Капура-Ламберсона по определению параметров закона Вейбулла, используется наиболее точный метод максимального правдоподобия.

Исходные данные:

Выборка: арматура диаметр 10 мм, $N = 50$, $HB_{\min} = 290$, $HB_{\max} = 324$.

Параметры распределения Вейбулла (выборка) по методу максимального правдоподобия: $a=36$; $b=4,86$; $c=277,96$.

Параметры распределения Вейбулла для совокупности $N_c=10^5$: $A = a$; $B = b$; $HB_{c\min}$ принимается вместо параметра сдвига C

HB_{\min} для совокупности найдено графическим методом

$HB_{\min}=265$.

Таким образом, использование параметров распределения Вейбулла для совокупности позволяет выполнять расчеты на статическую прочность строительных конструкций с большой гарантией отсутствия остаточных деформаций.

Литература

1. Касьянов В.Е. Метод оценки безотказности для выборки и совокупности конечного объема // Научное обозрение. - 2014. - №11 (3). - С. 785 - 788.
2. Косенко Е.Е., Косенко В.В., Черпаков А.В. Моделирование стержней с дефектами, имеющих различные виды закрепления // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2155.
3. Косенко Е.Е., Косенко В.В., Черпаков А.В. К вопросу о влиянии геометрических размеров на прочностные характеристики арматурных сталей // Инженерный вестник Дона. 2010. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/318.



4. Касьянов В.Е., Котесова А.А., Теплякова С.В. Упрощенное определение расхождений между минимальными ресурсами выборок и совокупностей для ответственных деталей машин // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1694.
 5. Мещеряков В.М., Косенко Е.Е., Косенко В.В. Оценка механических свойств арматурных сталей с использованием статистических методов // Научное обозрение. 2014. № 9-3. С. 908-911.
 6. Мещеряков В.М., Косенко Е.Е., Косенко В.В., Черпаков А.В., Шакирзянов Ф.Р. Моделирование напряженного состояния арматуры железобетонных конструкций с учетом влияния концентраторов напряжения в виде периодического профиля // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 4. С. 162-170.
 7. Мещеряков В.М., Косенко Е.Е., Косенко В.В., Черпаков А.В. Моделирование напряженного состояния арматуры железобетонных конструкций, с учетом влияния концентраторов напряжений в виде периодического профиля // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 3 (12). С. 110.
 8. Косенко Е.Е., Косенко В.В., Черпаков А.В. К вопросу о влиянии сварных соединений на прочностные характеристики арматурных сталей // Депонированная рукопись № 227-В2011 13.05.2011.
 9. Косенко Е.Е. Влияние технологических воздействий на свойства арматурных сталей железобетонных конструкций // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ростов-на-Дону, 2005. С. 191
 10. Демченко Д.Б., Касьянов В.Е., Кубарев А.Е., Лиманцев А.А. Применение метода вероятностных сеток для определения
-

- прочностных характеристик стальных строительных конструкций // Научное обозрение. 2016. № 2. С. 21-26.
11. Демченко Д.Б., Касьянов В.Е. Анализ метода статического расчета строительных стальных конструкций с применением вероятностных законов // Научное обозрение. 2013. № 2. С. 97-99.
 12. Бескопыльный А.Н., Веремеенко А.А. Вдавливание конического индентора в полупространство с радиальными начальными напряжениями // В сборнике: Строительство и архитектура-2017. Дорожно-транспортный факультет Материалы научно-практической конференции. Министерство образования и науки; Донской государственный технический университет, Академия строительства и архитектуры. 2017. С. 110-115.
 13. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.
 14. Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. – М.: Машиностроение, 1979. – 191 с.
 15. Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N. Probabilistic-statistical estimation of the gamma-life of a machine chassis // Russian Engineering Research. 1999. V. 6. p. 10.
 16. S.V.Teplyakova, E.E.Kosenko, V.V.Kosenko, A.V.Cherpakov Mathematical Modeling of Ensuring Machine Reliability // Abstracts & Schedule. International Conference on “Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications” (PHENMA 2016) Surabaya, Indonesia, July 19-22, 2016, pp. 269.

References

1. Kas'yanov V.E. Nauchnoe obozrenie. 2014. №11 (3). pp. 785 - 788.
-



2. Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2155.
3. Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, № 4 (14). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/318.
4. Kas'yanov V.E., Kolesova A.A., Teplyakova S.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1694.
5. Meshcheryakov V.M., Kosenko E.E., Kosenko V.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 9-3. pp. 908 - 911.
6. Meshcheryakov V.M., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V. News of the Kazan state architectural and construction university. 2012. № 4. pp. 162 - 170.
7. Meshcheryakov V.M., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V. Online magazine Science of science. 2012. № 3 (12). P. 110.
8. Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V. The deposited manuscript № 227-B2011 5/13/2011.
9. Kosenko E.E. Vlijanie tehnologicheskikh vozdeistvij na svojstva armaturnih staley jelezobetonnyh konstrukzij [Influence of technological impacts on properties reinforcing staly reinforced concrete designs]. The thesis for a scientific degree competition Candidate of Technical Sciences. Rostov-on-Don, 2005.
10. Demchenko D. B., Kasyanov V.E., Kubarev A.E., Limantsev A.A. Nauchnoe obozrenie. 2016. № 2. pp. 21 - 26.
11. Demchenko D. B., Kasyanov V.E. Nauchnoe obozrenie. 2013. № 2. pp. 97 - 99.
12. Beskopylny A.N., Veremeenko A.A. In the collection: Construction and architecture-2017. Road and transport faculty academic and research conference Materials. Ministry of Education and Science; Donskoy state

- technical university, Academy of construction and architecture. 2017. pp. 110-115.
13. Serensen S.V., Kogaev V.P., Shnejderovich R.M. Nesușaja sposobnost' i raschet detalej mashin na prochnost' [The bearing ability and calculation of details of cars on durability]. M.: Mashinostroenye, 1975. 448 p.
14. Markovets M. P. Opredelenie mekhanicheskich svojstv metallov po tvërdosti [Determination of mechanical properties of metals by hardness]. M.: Mashinostroenye, 1979. 191 p.
15. Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N. Russian Engineering Research. 1999. V. 6. p. 10.
16. S.V. Tepliakova, E.E. Kosenko, V.V. Kosenko, A.V. Cherpakov Abstracts & Schedule. International Conference on "Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications" (PHENMA 2016) Surabaya, Indonesia, July 19-22, 2016, p. 269.