

Логанина В. И., д-р техн. наук, проф.,  
Круглова А. Н., канд. техн. наук  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## ДОСТОВЕРНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

loganin@mail.ru

*Приведены сведения о значениях риска производителя при различных значениях показателя воспроизводимости процесса производства. Показано, что риск производителя снижается при стабильном и воспроизводимом процессе*

**Ключевые слова:** достоверность контроля, риск производителя и потребителя, кирпич керамический.

Решение о качестве продукции принимается на основе сравнения показателя с допусками, установленными в нормативной документации. Под годным понимается параметр, находящийся в пределах установленного допуска. Если обозначить значение контролируемого параметра через  $U_{\Delta}$ , а предельные значения как  $U_{\Delta.в.}$  - наибольшее допускаемое значение параметра и  $U_{\Delta.н.}$  - наименьшее допускаемое значение, то условие годности продукции имеет вид:

$$U_{\Delta.н.} \leq U_{\Delta} \leq U_{\Delta.в.}$$

Анализ научно-технической литературы и результаты проведенных ранее расчетов показывают, что достоверность оценки показателей качества строительных изделий зависит от точности средств измерений [1,2,3,4], что вызывает приемку как ряда годных изделий по действительным отклонениям, выходящим за границы поля допуска (с вероятностью  $\alpha_i$ ), и ошибочную забраковку некоторой части годных изделий, действительные значения контролируемого параметра которых лежат в поле допуска (с вероятностью  $\beta_i$ ). Отклонения в результате раз-

браковки происходят в границах предельно допустимой погрешности измерения  $\pm y_i$ .

Модель измеренного  $i$ -того параметра  $n$ -параметрического объекта контроля имеет вид

$$z_i(t) = U_i(t) + y_i(t), \quad (1)$$

где  $U_i(t)$  - истинное значение измеряемого параметра;  $y_i(t)$  - погрешность, зависящая от времени и распределенная с плотностями вероятности  $f(U_i)$  и  $f(y_i)$  с среднеквадратическим отклонением  $\sigma_{U_i}$  и  $\sigma_{y_i}$  соответственно.

Вероятность принятия правильного решения может быть определена по формуле:

$$P = 1 - P_{ош} = 1 - (\alpha + \beta), \quad (2)$$

где  $\alpha$  - риск изготовителя (вероятность того, что работоспособный объект признан негодным, ошибка I рода (или ложный брак);  $\beta$  - риск заказчика (вероятность того, что неработоспособный объект признан годным, ошибка II рода (или скрытый брак).

Расчетные формулы для определения риска производителя ( $\alpha_i$ ) и риска потребителя ( $\beta_i$ ) имеют вид:

$$\alpha_i = \int_a^b f(U_i) \left[ \int_{-\infty}^{a_1} f(y_i|U_i) dy_i + \int_{b_1}^{\infty} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i \quad (3)$$

$$\beta_i = \int_{-\infty}^a f(U_i) \left[ \int_{a_1}^{b_1} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i + \int_b^{\infty} f(U_i) \left[ \int_{a_1}^{b_1} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i$$

где  $[a_1; b_1]$  - интервал для погрешности  $y_i$ , при условии, что значения  $U_i$  попали в интервал  $[a = U_{\Delta.н.}; b = U_{\Delta.в.}]$ ;  $i$  - оцениваемый параметр.

Кроме того, на достоверность принятия решения оказывает влияние состояние технологического процесса. Известно, что любой процесс подвержен совокупности причин изменчивости (вариабельности). Когда на систему действуют и системные, и особые вариации, ее со-

стояние естественно назвать статистически неуравновешенным или нестабильным. К показателям, характеризующим воспроизводимость процесса производства, относятся индексы воспроизводимости  $C_p$  и  $P_p$  и индексы пригодности  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  процесса. Если среднее процесса отлично или может быть отлично от центра поля допуска, то для анализа процессов следует применять индексы  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ . Эти индексы учиты-

вают центрированность получаемых результатов [5, 6, 7, 8].

При контроле каждого параметра возможны следующие независимые и единственно возможные события: годный параметр оценивается системой контроля как годный; годный параметр оценивается системой контроля как негодный; негодный параметр оценивается системой контроля как негодный; негодный параметр оценивается системой контроля как годный.

Учитывая вышеизложенное и, что качество продукции оценивается несколькими параметрами, формула для оценки риска изготовителя имеет вид

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - \alpha_i), \quad (4)$$

где  $k$  – число измеряемых параметров,  $\alpha_i$  – ошибка первого рода, совершаемая при измерении параметра  $i$ .

Рассмотрим процесс производства кирпича керамического марки 100 как одного из распространенных видов строительных материалов. Оценим значение риска производителя при оценке качества кирпича по показателям предела прочности при сжатии, а также размеров кирпича. Верхний допуск составляет  $U_{д.н} = 125$  кгс/см<sup>2</sup>, нижний допуск  $U_{д.в} = 100$  кгс/см<sup>2</sup>. Допуски на размеры кирпича составляют: на длину  $U_{д.в} = 254$  мм,  $U_{д.н} = 246$  мм; на ширину  $U_{д.в} =$

123 мм,  $U_{д.н} = 117$  мм; на высоту  $U_{д.в} = 68$  мм,  $U_{д.н} = 62$  мм.

Рассмотрим 3 варианта.

1 вариант. По результатам выборки среднее значение предела прочности при сжатии составляло 111 кгс/см<sup>2</sup>, среднеквадратическое отклонение  $\sigma = 5,3$  кгс/см<sup>2</sup>, погрешность измерения 1%. Среднее значение длины изделия составляет 249 мм, ширины 121 мм, высоты 64 мм, среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 1,33$  мм. Погрешность измерения линейки до 3000 мм с ценой деления 1 мм составляла  $\pm 0,1$  мм.

2 вариант. Среднее значение предела прочности при сжатии составляло 108 кгс/см<sup>2</sup>, среднеквадратическое отклонение  $\sigma = 6,2$  кгс/см<sup>2</sup>, погрешность измерения 1%. Среднее значение длины изделия 247 мм, ширины 118 мм, высоты 67 мм, среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 1,33$  мм.

3 вариант. Среднее значение предела прочности при сжатии составляло 112,5 кгс/см<sup>2</sup>, среднеквадратическое отклонение  $\sigma = 4,1$  кгс/см<sup>2</sup>, погрешность измерения 1%. Среднее значение длины изделия 250 мм, ширины 120 мм, высоты 65 мм. Среднее квадратическое отклонение составляет  $\sigma = 1,33$  мм

В каждом из вариантов были вычислены ошибки первого рода по каждому из четырех параметров измерения. Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значение ошибки I рода  $\alpha_i$ 

№ варианта	Изменяемые параметр			
	Прочность при сжатии	Длина	Ширина	Высота
1 вариант	0,0049	0,01187	0,0223	0,01335
2 вариант	0,0259	0,1753	0,13352	0,1335
3 вариант	0,0028	0,002693	0,0027	0,00269

Результаты расчета в соответствии с формулой (4) показывают, что итоговая ошибка первого рода, совершаемая по всем четырем параметрам, составляет: для первого варианта  $\alpha = 0,0515$ , для второго  $\alpha = 0,3968$ , для третьего  $\alpha = 0,01078$ .

Полученные значения ошибки I рода  $\alpha_i$  сравнивали со значениями индекса воспроизводимости (табл.2). Учитывая, что воспроизводимость процесса производства кирпича по показателям качества (прочности и размерам) имеет различное значение, в табл.2 представлены интервалы изменения индекса воспроизводимости  $C_{pk}$ .

Таблица 2

Значения ошибки первого рода  $\alpha_i$ 

№ варианта	Индекс воспроизводимости $C_{pk}$	Значение ошибки первого рода $\alpha_i$
1	0,5-0,75	0,0515
2	0,25-0,43	0,3968
3	0,75-1,0	0,01078

Анализ данных, приведенных в табл.2, свидетельствует, что при уменьшении числового значения индекса воспроизводимости  $C_{pk}$  значе-

ние ошибки I рода  $\alpha_i$  возрастает. Так, при значении индекса воспроизводимости  $C_{pk}$ , равном

0,25-0,43 значение ошибки значения ошибки I рода составляет 39,68 %, а при воспроизводимом процессе всего лишь 1,078 %.

Следует отметить, что вероятность принятия неправильного решения при контроле возрастает с увеличением числа показателей. Так, если при оценке качества кирпича (предела прочности при сжатии) при индексе воспроизводимости, равном 0,43, значение ошибки первого рода  $\alpha_1$  составляло 2,59 %, то при многопараметрическом контроле ( $n=4$ ) -39,68 %.

Таким образом, результаты контроля качества продукции обязательно должны быть идентифицированы с учетом погрешности средств измерений и состояния технологического процесса производства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серых В.И., Порватов С.П., Сединин В.И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты //Методы менеджмента качества. 2010. №5. С.48-52.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Сов. радио, 1965. - Кн.1-752с.
3. Логанина В.И., Круглова А.Н. К вопросу о достоверности контроля при производстве бетона //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 24-26.
4. Assessment of statistical variations in impact resistance of high-strength concrete and high-strength steel fiber-reinforced concrete Cement and Concrete Research, Volume 35, Issue 2, February 2005, Pages 393-399 P.S. Song, J.C. Wu, S. Hwang, B.C. Sheu
5. ГОСТ 50.779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
6. Логанина В.И. К вопросу о регулировании технологических процессов производства бетона//Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 3-4. С. 42-45
7. Логанина В.И., Учаева Т.В. К вопросу о системе контроля качества на предприятиях строительной индустрии// Региональная архитектура и строительство. 2010. №1. С.31-36
8. Precision of in-place concrete strengths predicted using core strength correction factors obtained by weighted regression analysis .Structural Safety, Volume 19, Issue 4, 1997, Pages 397-410 F. Michael Bartlett .