ДОСТОВЕРНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

В.И. Логанина, А.Н. Перекусихина, А.Д. Рыжов

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС),
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28*

Аннотация. Имеющиеся нормативные документы, касающиеся контроля качества показателей сухих строительных смесей (ССС), не отражают достоверность контроля, что повышает риск изготовителя и потребителя. Учитывая, что достоверность контроля зависит от точности измерений и объема контроля, на примере легкого штукатурного раствора вычислены ошибки первого и второго рода при контроле качества СССР по каждому из параметров измерения. При расчете достоверности контроля было принято, что закон распределения показателей качества нормальный, систематическая погрешность изготовления равна нулю, поле допуска изделия ограничено верхним и нижним допуском, середина поля допуска совпадает со средним значением показателя качества, погрешность измерения подчиняется нормальному закону распределения. Приведены сведения о достоверности контроля качества СССР в зависимости от числа контролируемых параметров. Показано, что, когда число параметров контроля более восьми, увеличивается риск производителя и потребителя, достоверность контроля становится меньше нормативного значения, равного 95 %. Предложено в целях повышения достоверности контроля показателей качества СССР уменьшить погрешность средств измерений.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, контроль качества, риск производителя и потребителя, достоверность контроля

DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.36-40

AUTHENTICITY OF QUALITY CONTROL OF DRY CONSTRUCTION MIXTURES

V.I. Loganina, A.N. Perekusikhina, A.D. Ryzhov

*Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS),
28 Germana Titova str., Penza, 440028, Russian Federation*

Abstract. Existing regulatory documents relating to control of quality indicators of dry construction mixtures do not reflect the authenticity of the control, and this increases manufacturer's and consumer's risks. Given that the authenticity of control depends on the accuracy of measurements and the volume of control, errors of the first and second type for the quality control of dry construction mixtures for each of the measurement parameters were calculated as exemplified by a light mortar for plastering. In calculating the authenticity of control it was adopted that the quality indicators distribution law is normal, the systematic manufacturing error equals to zero, the product tolerance range is limited by the upper and lower tolerances, the tolerance range middle coincides with the quality indicator average value, the measurement error obeys the normal law of distribution. Information about the authenticity of dry construction mixtures quality control depending on the quantity of controlled parameters is provided. It is shown that, when the number of control parameters is more than eight, manufacturer's and consumer's risks are increased, the authenticity of control becomes smaller than the standard value equalling to 95 %. For the purpose of improving the authenticity of control of quality indicators of dry construction mixtures it is proposed to reduce the error of measuring instruments.

Key words: dry construction mixtures, quality control, manufacturer's and consumer's risks, authenticity of control

Для отделки наружных и внутренних стен зданий и сооружений широкое применение нашли сухие строительные смеси (ССС) [1–5]. Темпы ежегодного прироста выпуска модифицированных СССР в РФ составляют около 50 % в объемном выражении.

Рассматривая тенденцию развития производства СССР, следует отметить, что имеющиеся нормативные документы в части контроля качества показателей СССР не соответствуют требуемому уровню, что повышает риск изготовителя и потребителя.

Согласно ГОСТ Р 8.563-2009 (п. 5.1.3), «методики измерений должны обеспечивать требуемую точность оценки показателей, подлежащих допусковому контролю, с учетом допусков на эти показатели, установленных в документах по стандартизации или других нормативных документах, а также допустимых характеристик достоверности контроля и характера распределения контролируемых показателей».

Достоверность контроля P_d вычисляется по формуле

$$P_d = 1 - \alpha - \beta, \quad (1)$$

где α — ошибка первого рода (риск изготовителя — вероятность того, что работоспособный объект будет признан негодным); β — ошибка второго рода (риск потребителя — вероятность того, что неработоспособный объект будет признан годным).

В ГОСТ Р 8.563-2009 целесообразно нормировать комплексный показатель P_d как наиболее простой и наглядный. Эту величину предложено нормировать на уровне действующего ГОСТ 8.051-81 ($P_n \geq 95\%$).

Расчетные формулы для определения риска производителя α_i и риска потребителя β_i имеют вид:

$$\alpha_i = \int_a^b f(U_i) \left[\int_{-\infty}^{a_i} f(y_i|U_i) dy_i + \int_{b_1}^{\infty} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i; \quad (2)$$

$$\beta_i = \int_{-\infty}^a f(U_i) \left[\int_{a_1}^{b_1} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i + \int_b^{\infty} f(U_i) \left[\int_{a_1}^{b_1} f(y_i|U_i) dy_i \right] dU_i, \quad (3)$$

где $[a_i; b_1]$ — интервал для погрешности y_i при условии, что значения U_i попали в интервал $[a; b]$; i — оцениваемый параметр.

Учитывая вышеизложенное и тот факт, 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; α_i — ошибка первого рода, совершаемая при измерении параметра i .

Достоверность контроля зависит от точности измерений и объема контроля [6–9]. С учетом вышеизложенного нами была оценена достоверность контроля качества ССС.

Были приняты следующие начальные условия:

- законы рассеивания действительных значений контролируемого параметра изделий и погрешностей измерений известны;

- закон распределения показателей качества нормальный;

- систематическая погрешность изготовления равна нулю;

- поле допуска изделия ограничено верхним и нижним допуском $U_{д.н}$ и $U_{д.в}$, причем середина поля допуска (номинальное значение $U_{ном}$) может совпадать со средним значением показателя качества;

- погрешность измерения y также подчиняется нормальному закону со средним квадратическим отклонением (СКО) σ_y (не имеет систематической составляющей и характеризуется практически предельным значением $\pm y_d$).

В качестве примера был взят легкий штукатурный раствор плотностью менее 1300 кг/м³ в соответствии с классификацией по ГОСТ 33083-2014 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия».

Оценка достоверности контроля качества ССС и штукатурного раствора была проведена по следующими показателями:

- плотность;
- подвижность;
- прочность на сжатие;
- водопоглощение при капиллярном подсосе.

Предположим, что показатели качества находятся в поле допуска, среднее значение совпадает с серединой поля допуска, в поле допуска укладываются шесть значений СКО (6 «сигм» (σ_y)). Были вычислены ошибки первого и второго рода по каждому из параметров измерения. Результаты вычислений приведены в табл. 1, в табл. 2 указаны значения риска производителя и потребителя, а также достоверности контроля в зависимости от количества контролируемых параметров.

Анализ данных, приведенных в табл. 1, 2, свидетельствует, что достоверность контроля зависит

Табл. 1. Значения риска производителя и потребителя при контроле показателей качества ССС

Показатель качества ССС, растворной смеси и раствора	Границы допуска		Среднее значение показателя качества	СКО	Погрешность	Риск производителя α	Риск потребителя β
	нижняя	верхняя					
Средняя плотность, кг/м ³	500	1300	900	133,33	0,01 г	0,003271	0,002691
Подвижность растворной смеси, см	8	12	10	0,666	5 мм	0,00252	0,0028
Прочность при сжатии, МПа	2,5	5,0	3,75	0,416	2 %	0,002493	0,002892
Водопоглощение при капиллярном подсосе, кг/м ² ч ^{0,5}	0	0,4	0,2	0,0666	0,01 г	0,003271	0,00289

Табл. 2. Значение достоверности контроля качеств ССС в зависимости от числа контролируемых параметров

Количество контролируемых параметров	Риск производителя α	Риск потребителя β	Достоверность контроля, %
2	0,00500671764	0,0054834652	98,95
4	0,0115	0,01122	97,728
6	0,0164413	0,0167548	96,68
8	0,021353	0,02225329	95,63
10	0,0262401	0,02772	94,6
12	0,0311	0,0331668	93,57

от числа контролируемых показателей. С увеличением последних уменьшается значение достоверности. Так, при числе контролируемых показателей $n = 4$ значение достоверности составляло 97 %, а при числе $n = 10$ — 94,6 %. При числе контролируемых параметров $n = 10$ и выше достоверность контроля ССС становится меньше нормативного значения.

В соответствии с ГОСТ 33083-2014, число контролируемых показателей качества ССС, раство-

ной смеси и затвердевшего раствора составляет $n = 12$. Следовательно, достоверность контроля меньше $P_d < P_n \geq 95$ %). При нестабильном и невоспроизводимом процессе достоверность контроля уменьшается [10–15]. Из этого следует, что в целях повышения достоверности контроля необходимо увеличить число образцов-«близнецов» при контроле показателей качества ССС [16–20] и уменьшить погрешность средств измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балмасов Г.Ф. Оценка рынка сухих строительных смесей РФ и путей его развития // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2014. № 3 (35). С. 88–99.
2. Тренды на рынке сухих строительных смесей // Группа компаний «ВИРА». Режим доступа: <http://www.vira.ru/exp/news/detail.php?ID=43729>.
3. Популярные исследования // РБК. Магазин исследований. Режим доступа: <http://marketing.rbc.ru/>.
4. Строительный еженедельник № (638) от 19.01.2015 // Агентство строительных новостей. Режим доступа: <http://asninfo.ru/magazines/html-version/638-spb>.
5. Ботка Е.Н. Рынок сухих строительных смесей России. Итоги и перспективы // СтройПРОФИ. 2014. № 5 (21). С. 46–47.
6. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Сов. Радио. 1965. Кн. 1. 752 с.
7. Серых В.И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты // Методы менеджмента качества. 2010. № 5. С. 48–52.
8. Данилевич С.Б. Влияние погрешности измерений на достоверность результатов многопараметрического контроля // Контроль качества продукции. 2012. № 5. С. 24–26.
9. Атанов А.Н. Стандартные образцы как основа метрологического обеспечения контроля безопасности и качества продукции // Контроль качества продукции. 2014. № 12. С. 27–31.
10. Ахрамович И.Л., Жулинский С.Ф., Киселевич В.П. Контроль продукции в процессе ее разработки и производства // Контроль качества продукции. 2013. № 7. С. 39–42.
11. Брюханов В.А. Законодательная метрология на страже достоверности результатов измерений // Контроль качества продукции. 2010. № 1. С. 12.
12. Бессонов Ю.С., Степанов А.С. Обеспечение метрологических требований в методиках качественного анализа // Контроль качества продукции. 2012. № 1. С. 4–9.
13. Пугачев С.В., Акиев Р.С. Современное состояние оценки соответствия в строительной сфере // Контроль качества продукции. 2012. № 6. С. 5–19.
14. Самохина А.С. Методика организации внутреннего контроля на предприятии производства строительных материалов // Управленческий учет. 2015. № 11. С. 84–93.
15. 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.
16. Логанина, В.И., Круглова А.Н. Достоверность контроля качества строительных материалов и изделий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 16–18.
17. Логанина В.И., Круглова А.Н. Оценка погрешности средств измерений в зависимости от риска производителя // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2014. № 5 (184). С. 26–27.
18. Meinolf Lukei, Bassem Hassan, Roman Dumitrescu, Thorsten Siggess, Viktor Derksen. Modular inspection equipment design for modular structured mechatronic products — model based systems engineering approach for an integrative product and production system development // Procedia Technology. 2016. Vol. 26. Pp. 455–464.
19. Розенталь О.М. Необходимость и сущность нового подхода к оценке состава, свойств веществ и материалов (на примере контроля качества воды) // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23. № 5. С. 539–542.
20. Wang K.B., Tsung F. Using profile monitoring techniques for a data-rich environment with huge sample size // Quality and Reliability Engineering International. 2005. Vol. 21. Pp. 677–688.

Поступила в редакцию в декабре 2016 г.

Об авторах: **Логанина Валентина Ивановна** — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством и технологии строительного производства, **Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС)**, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, loganin@mail.ru;

Перекусихина Альбина Николаевна — кандидат технических наук, доцент кафедры математики и математического моделирования, **Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС)**, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, loganin@mail.ru;

Рыжов Антон Дмитриевич — аспирант кафедры управления качеством и технологии строительного производства, **Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС)**, 440028 г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, loganin@mail.ru.

Для цитирования: *Логанина В.И., Перекусихина А.Н., Рыжов А.Д.* Достоверность контроля качества сухих строительных смесей // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 1 (100). С. 36–40. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.36-40

REFERENCES

1. Balmasov G.F. Otsenka rynka sukhikh stroitel'nykh smesei RF i putey ego razvitiya [Evaluation of the Market of Dry Building Mixtures of the RF and Ways of its Development]. *ALITINFORM: Tsement. Beton. Sukhie smesi* [ALITINFORM: Cement. Concrete. Dry mixes]. 2014, no. 3, pp. 88–99. (In Russian)
2. Trendy na rynke sukhikh stroitel'nykh smesey [Trends in the Market of Dry Building Mixes]. *Gruppa kompaniy «VIRA»* ["VIRA" Group of Companies]. Available at: <http://www.vira.ru/exp/news/detail.php?ID=43729>. (In Russian)
3. Populyarnye issledovaniya [Featured Research]. *RBK. Magazin issledovaniy* [RBK. Research Store]. Available at: <http://marketing.rbc.ru/>. (In Russian)
4. Stroitel'nyy ezhenedel'nik No. 1 (638) ot 19.01.2015 [Construction Weekly No. 1 of 19.01.2015]. *Agentstvo stroitel'nykh novostey* [Engineering News Agency]. Available at: <http://asninfo.ru/magazines/html-version/638-spb>. (In Russian)
5. Botka E.N. Rynok sukhikh stroitel'nykh smesey Rossii. Itogi i perspektivy [Russian Market of Dry Construction Mixtures. Results and Prospects]. *StroyPROFI* [ConstructionPROFI]. 2014, no. 5 (21), pp. 46–47. (In Russian)
6. Levin B.R. *Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki* [Theoretical Foundations of Statistical Radio Engineering]. Moscow, Sovetskoe Radio Publ., 1965, Book 1, 752 p. (In Russian)
7. Serykh V.I. Mnogoparametricheskii kontrol' produkt-sii: dostovernost' i zatraty [Multivariable Control of Products: Reliability and Costs]. *Metody menedzhmenta kachestva* [Methods of Quality Management]. 2010, no. 5, pp. 48–52. (In Russian)
8. Danilevich S.B. Vliyaniye pogreshnosti izmerenii na dostovernost' rezul'tatov mnogoparametricheskogo kontrolya [Influence of Measurement Error on the Accuracy of Results of Multivariable Control]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2012, no. 5, pp. 24–26. (In Russian)
9. Atanov A.N. Standartnye obraztsy kak osnova metrologicheskogo obespecheniya kontrolya bezopasnosti i kachestva produktsii [Reference Materials as the Basis of Metrological Control of Security and Quality of Products]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2014, no. 12, pp. 27–31. (In Russian)
10. Akhramovich I.L., Zhulinskiy S.F., Kiselevich V.P. Kontrol' produktsii v protsesse ee razrabotki i proizvodstva [Control of Products in the Process of its Development and Production]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2013, no. 7, pp. 39–42. (In Russian)
11. Bryukhanov V.A. Zakonodatel'naya metrologiya na strazhe dostovernosti rezul'tatov izmereniy [Legal Metrology on the Guard of Reliability of Measurement Results]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2010, no. 1, p. 12. (In Russian)
12. Bessonov Yu.S., Stepanov A.S. Obespechenie metrologicheskikh trebovaniy v metodikakh kachestvennogo analiza [Ensuring the Metrological Requirements for Techniques of Qualitative Analysis]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2012, no. 1, pp. 4–9. (In Russian)
13. Pugachev S.V., Akiev R.S. Sovremennoe sostoyaniye otsenki sootvetstviya v stroitel'noy sfere [Current Status of Conformity Assessment in the Construction Industry]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Quality Control of Products]. 2012, no. 6, pp. 5–19. (In Russian)
14. Samokhina A.S. Metodika organizatsii vnutrennego kontrolya na predpriyatii proizvodstva stroitel'nykh materialov [Technique of the Organization of Internal Control at the Enterprise of Production of Construction Materials]. *Upravlencheskiy uchët* [The Management Accounting Journal]. 2015, no. 11, pp. 84–93. (In Russian)
15. Loganina V.I., Kruglova A.N. K voprosu o dostovernosti kontrolya pri proizvodstve betona [On the Issue of the Concrete Production Control Reliability]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2011, no. 4, pp. 24–26. (In Russian)
16. Loganina V.I., Kruglova A.N. Dostovernost' kontrolya kachestva stroitel'nykh materialov i izdeliy [Authenticity of Quality Control of Building Materials and Products]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. 2014, no. 2, pp. 16–18. (In Russian)
17. Loganina V.I., Kruglova A.N. Otsenka pogreshnosti sredstv izmereniy v zavisimosti ot riska proizvoditelya [Error Estimation of Measuring Instruments Depending on the Manufacturer's Risk]. *Stroitel'nye materialy, oborudovaniye i tekhnologii 21 veka* [Construction Materials, Equipment and Technologies of the 21st Century]. 2014, no. 5, pp. 26–28. (In Russian)
18. Meinolf Lukei, Bassem Hassan, Roman Dumitrescu, Thorsten Sigges, Viktor Derksen. Modular Inspection Equipment Design for Modular Structured Mechatronic Products — Model Based Systems Engineering Approach for an Integrative Product and Production System Development. *Procedia Technology*. 2016, vol. 26, pp. 455–464.

19. Rozental' O.M. Neobkhodimost' i sushchnost' novogo podkhoda k otsenke sostava i svoystv veshchestv i materialov (na primere kontrolya kachestva vody) [The Need for and Nature of the New Approach to Evaluation of Composition and Properties of Substances and Materials (Exemplified by the Quality Control of Water)]. *Khimiya v interesakh ustoychivogo*

razvitiya [Chemistry for Sustainable Development]. 2015, vol. 23, no. 5, pp. 539–542. (In Russian)

20. Wang K.B., Tsung F. Using Profile Monitoring Techniques for a Data-rich Environment with Huge Sample Size. *Quality and Reliability Engineering International*. 2005, vol. 21, pp. 677–688.

About the authors: **Loganina Valentina Ivanovna** — Doctor of Technical Sciences, Professor, chair, Department of Quality Management and Technologies of Construction, **Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS)**, 28 Germana Titova str., Penza, 440028, Russian Federation; loganin@mail.ru;

Perekusikhina Al'bina Nikolaevna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics and Mathematical Modeling, **Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS)**, 28 Germana Titova str., Penza, 440028, Russian Federation; loganin@mail.ru;

Ryzhov Anton Dmitrievich — postgraduate student, Department of Quality Management and Technologies of Construction, **Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS)**, 28 Germana Titova str., Penza, 440028, Russian Federation; loganin@mail.ru.

For citation: Loganina V.I., Perekusikhina A.N., Ryzhov A.D. Dostovernost' kontrolya kachestva sukhikh stroitel'nykh smesey [Authenticity of Quality Control of Dry Construction Mixtures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 1 (100), pp. 36–40. (In Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.36-40