

УДК 338.3

А.В. Котов

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ
В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

A.V. Kotov

**MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL DEVIATIONS
IN INDUSTRIAL PRODUCTION**

Рассматриваются возможности выявления причин технологических отклонений при выпуске продукции с помощью регрессионного анализа и экспоненциального распределения. В ходе анализа выявляются как общая причина для всей продукции, так и частная причина для отдельных типов отклонений.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО; СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ; ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ; НОМЕНКЛАТУРА; ОТКЛОНЕНИЯ.

In this article it is considered possibilities of identification of the reasons of release of inappropriate production by means of the regression analysis and exponential distribution. During the analysis come to light both the general reason for all production, and the private reason for separate types of nonconformities.

INDUSTRIAL PRODUCTION; NONCONFORMITIES IN PRODUCTION; STATISTICAL METHODS; EXPONENTIAL DISTRIBUTION; NOMENCLATURE.

Одним из важнейших положений *TQM* является принятие решений на основе фактов. Совершенствование качества продукции и процессов требует скрупулезной работы персонала предприятия по выявлению причин дефектов и их устранению. Для этого необходимо организовать поиск фактов, характеризующих несоответствия, в подавляющем большинстве которых – статистические данные, разработка методов анализа и обработки данных, выявление коренных причин дефектов и разработка мероприятий по их устранению с наименьшими затратами. Проблемами сбора, обработки и анализа результатов производственной деятельности занимается математическая статистика, которая включает в себя большое количество не только известных методов, но и современных инструментов анализа и выявления дефектов. К таким методам можно отнести корреляционный и регрессионный анализ, проверку

статистических гипотез, факторный анализ, анализ временных рядов, анализ безотказности и т. д. [1].

Каждое дефектное изделие – это следствие конкретных, однозначных причин. Только выявление и устранение этих причин может избавить предприятие от несоответствующей продукции.

Основной причиной выпуска не соответствующей требованиям продукции является изменчивость. Если бы все условия выпуска продукции на протяжении всей деятельности были постоянными, то вся продукция была бы либо соответствующего уровня, либо наоборот. Но поскольку это невозможно, организациям приходится сталкиваться с дополнительными затратами на несоответствующую продукцию. И наиболее успешным станет то предприятие, которое соберет информацию о дефектной продукции и проанализирует ее. Для наиболее точной оценки

и анализа деятельности организациями стали применяться статистические методы. В этой статье мы также обратимся к одному из методов статистического управления качеством – регрессионному анализу [2].

Под регрессионным анализом понимают исследование закономерностей связи между явлениями (процессами), которые зависят от многих, иногда неизвестных, факторов. Часто между переменными X и Y существует связь, но не вполне определенная, при которой одному значению X соответствует несколько значений (совокупность) Y .

Суть регрессионного анализа сводится к установлению уравнения регрессии, т. е. вида кривой между случайными величинами (аргументами X и функцией Y), оценке тесноты связей между ними, достоверности и адекватности результатов измерений.

Чтобы предварительно определить наличие такой связи между X и Y , наносят точки на график и строят так называемое корреляционное поле. По виду корреляционного поля можно судить о наличии корреляционной связи [3].

Однако мы не просто применим уже давно существующий метод, а покажем, как работает этот метод в целях выявления причин выпуска несоответствующей продукции.

Предмет данной статьи – показатели, способные в количественной форме выразить зависимость между двумя явлениями. Инструментом анализа является экспоненциальное распределение, объектом – номенклатура промышленного производства ЗАО Домостроительный комбинат «Блок». Продукцией промышленного производства данного предприятия являются железобетонные изделия (ЖБИ). Как и почти любая другая продукция, ЖБИ подвергаются техническому контролю. Все несоответствия регистрируются инженерами ОТК согласно установленному классификатору типов несоответствий.

По результатам одного из отчетных периодов выявлено, что количество несоответствий имеет зависимость от объема выпуска по изделию. Обнаружен этот факт следующим образом: вся номенклатура изделий делилась на группы с помощью геометрической прогрессии (табл. 1). Такая выборка обусловлена тем, что с увеличением объема выпуска по изделию (графа 2 табл. 1) количество наименований в номенклатуре снижается (графа 6 табл. 1). По каждой группе определены следующие показатели: общий выпуск, общее количество несоответствий, доля несоответствий в выпуске, количество наименований изделий, средний выпуск по изделию.

Таблица 1

Данные по всей номенклатуре изделий

Группа	Диапазон, шт./год	Общий выпуск по группе, шт.	Общее количество НС по группе, ед.	Доля НС от выпуска, %	Количество номенклатурных наименований в группе, ед.	Средний выпуск по изделию в группе, шт.
1	2	3	4	5	6	7
				$4/3 \cdot 100 \%$		3/6
01	$X \leq 20$	25 792	1 570	6,09	4 889	5,28
02	$20 < X \leq 40$	12 073	534	4,42	429	28,14
03	$40 < X \leq 80$	11 081	464	4,19	191	58,02
04	$80 < X \leq 160$	11 054	319	2,89	102	108,37
05	$160 < X \leq 320$	5 734	134	2,34	25	229,36
06	$320 < X \leq 640$	7 950	84	1,06	17	467,65
07	$640 < X \leq 1280$	9 549	150	1,57	11	868,09
08	$1280 < X \leq 2560$	9 065	73	0,81	5	1813,00
09	$2560 < X \leq 5120$	0	0	0,00	0	0,00
10	$X > 5120$	6 155	0	0,00	1	6155,00

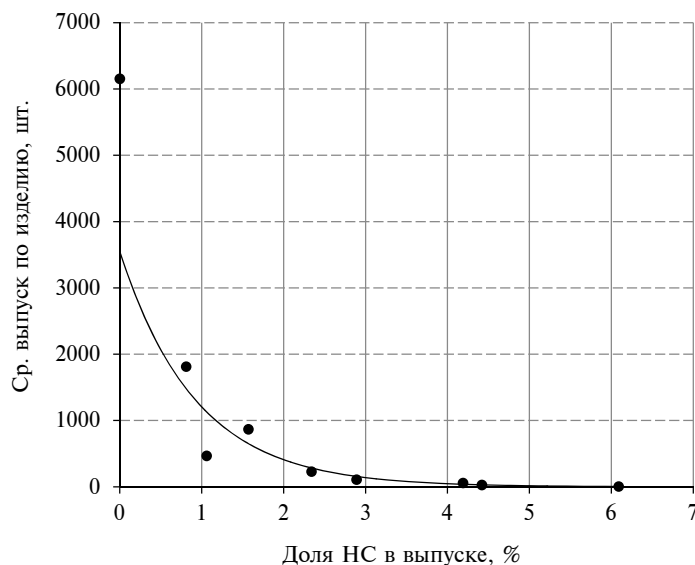


Диаграмма рассеивания и экспоненциальная линия приближения

Данные из граф 5 и 7 нанесены на оси X и Y приведенного здесь графика (диаграммы).

По этим же данным проведена экспоненциальная линия приближения вида

$$y = c \times e^{b \times x}, \quad (1)$$

где

$$b = \frac{(n \cdot \sum(x_i \cdot \ln y_i) - \sum x_i \cdot \sum \ln y_i) \div (n \cdot \sum(x_i^2 - (\sum x_i)^2))}{n}, \quad (2)$$

$$c = \exp(s), \quad (3)$$

$$s = (\sum \ln y_i - b \times \sum x_i) \div n. \quad (4)$$

Экспоненциальное распределение было выбрано, поскольку оно точнее характеризует геометрическую прогрессию, нежели линейное или степенное распределение. По представленному графику видим, что нанесенные на диаграмму точки довольно точно следуют по экспоненциальной линии приближения. Таким образом, установлено наличие зависимости между количеством несоответствий и объемом выпуска по изделию. Однако нередки случаи, когда наличие зависимости не подтверждается после осуществления стратификации по какому-либо фактору [4]. Поэтому осуществлено расслоение данных по вышеупомянутым типам несоответствий согласно установленному классификатору. Отобраны самые «популярные» типы несоответствий, по которым за отчет-

ный период зарегистрировано 100 и более случаев непринятия изделия с первого предъявления. Далее данные по восьми вышеустановленным группам из десяти подверглись стратификации (две оставшиеся группы исключены, так как в них не обнаружено несоответствий). Полученные данные представлены в табл. 2.

В ходе анализа данных табл. 2 построены идентичные предыдущей диаграммы рассеивания и экспоненциальные линии приближения для каждого типа несоответствия. По полученным изображениям стало видно, что три типа несоответствий явно не подчиняются установленной зависимости. Однако чтобы не оперировать исключительно зрительным представлением, необходимо получить еще и количественную оценку плотности зависимости по каждому типу несоответствия

Стоит сразу отметить, что данный метод возможен, только если все факторы имеют общие данные по одной из осей. В нашем случае все типы несоответствий имеют одинаковые координаты по оси Y (средний выпуск по изделию).

Поскольку данные по оси Y у всех факторов (типов несоответствий) одинаковы, то отклонение от экспоненциальной линии приближения мы вправе рассчитывать по оси X . Вычислив уравнения экспоненциальных линий приближения для каждого типа несоответствия согласно формуле (1) и подставив

Таблица 2

Данные по типам несоответствий.

Средний выпуск по изделию	Смещение закладных деталей		Несквозная трещина		Отклонения по длине, ширине	
	НС	%	НС	%	НС	%
5	436	1,69	29	0,11	205	0,79
28	139	1,15	29	0,24	58	0,48
58	130	1,17	23	0,21	74	0,67
108	100	0,90	14	0,13	38	0,34
229	29	0,51	18	0,31	9	0,16
468	42	0,53	13	0,16	1	0,01
868	24	0,25	47	0,49	14	0,15
1813	1	0,01	8	0,09	0	0,00
Средний выпуск по изделию	Смещение электроплетей		Сквозная трещина		Непроходимость электроплети	
	НС	%	НС	%	НС	%
5	66	0,26	30	0,12	83	0,32
28	23	0,19	24	0,20	41	0,34
58	12	0,11	21	0,19	22	0,20
108	16	0,14	8	0,07	14	0,13
229	4	0,07	1	0,02	5	0,09
468	0	0,00	2	0,03	0	0,00
868	0	0,00	33	0,35	21	0,22
1813	0	0,00	1	0,01	39	0,43
Средний выпуск по изделию	Смещение проемов (дверных, оконных, технологических)		Смещение монтажной петли / анкера		Качество поверхности, несоответствующее категории	
	НС	%	НС	%	НС	%
5	122	0,47	86	0,33	91	0,35
28	39	0,32	29	0,24	20	0,17
58	19	0,17	21	0,19	14	0,13
108	23	0,21	9	0,08	19	0,17
229	9	0,16	2	0,03	2	0,03
468	13	0,16	5	0,06	0	0,00
868	0	0,00	1	0,01	3	0,03
1813	0	0,00	1	0,01	0	0,00
Средний выпуск по изделию	Отсутствие закладных деталей					
	НС	%				
5	93	0,36				
28	37	0,31				
58	28	0,25				
108	15	0,14				
229	9	0,16				
468	7	0,09				
868	2	0,02				
1813	1	0,01				

в соответствующее уравнение значения координат по оси Y (средний выпуск по изделию), можем вычислить требуемое значение X – показатель, при котором отклонение было бы нулевым. Назовем его X_{mp} . Затем, разделив разность сумм квадратов X (доля несоответствий в выпуске) и X_{mp} на количество групп, получим показатель плотности зависимости. В данном примере получены следующие показатели: смещение закладных деталей – 0,1; отклонения по длине, ширине – 0,1; смещение электроплетей – 0,0; несквозная трещина – 0,19; сквозная трещина – 0,75; непроходимость электроплети – 0,86; смещение проемов (оконных, дверных) – 0,0; смещение монтажной петли / анкера – 0,0; качество поверхности, несоответствующее категории – 0,0; отсутствие закладных деталей – 0,0.

Таким образом, установив границы допуска, можно исключить не подчиняющиеся общей зависимости типы несоответствий. В данном случае установлена граница на уровне 0,1. Вследствие этого исключены такие типы несоответствий, как непроходимость электроплети, сквозная трещина и несквозная трещина. Очевидно, что по остальным типам несоответствий, которые имеют зависимость количества несоответствий от объемов выпуска, эффективной мерой по снижению количества несоответствующей продукции станет сокращение номенклатурного ряда. Однако это довольно серьезное управленческое решение, которое должно быть подкреплено детальным анализом относительно возможных рисков. Мы же не преследуем такой цели. В данной статье мы путем стратификации и разработки метода оценки зависимости каждого отдельно взятого типа несоответствия установили особые, не подчиненные общему правилу причины

выпуска несоответствующей продукции. Проанализировав три «исключительных» типа несоответствий, мы пришли к выводу, что причин и соответствующих корректирующих действий по непроходимости электроплети установить на данный момент невозможно. В то время как сквозные и несквозные трещины зависят от технологии производства. Как известно, трещины – это одна из основных причин брака ЖБИ при производстве и строительстве, а также причина разрушения изделий и конструкций за счет снижения прочности бетона. Они образуются в момент максимальной усадки бетона, когда устойчивость к деформации минимальна. Их предотвращение на раннем этапе обеспечивает максимально возможную прочность, долговечность материала и безупречный внешний вид изделия.

Существуют различные способы для придания железобетонным изделиям прочности, жесткости конструкции и предотвращения усадочных трещин: стальной каркас, тепло-влажностная обработка, тщательный подбор составов, применение различных видов добавок для снижения количества воды и повышения пластичности и др.

Подводя итоги, делаем следующий вывод: для повышения качества выпускаемой продукции относительно таких типов несоответствий, как сквозные и несквозные трещины, необходимо обеспечение непрерывности управления на стыках видов деятельности по постановке промышленной продукции на производство. Для исключения указанных причин образования трещин в ЖБИ необходимо осуществление планомерной совместной деятельности конструкторов, технологов и лаборатории с четкой регламентацией функций и ответственности всех участников процесса [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков Ю.М. Процессный подход при внедрении систем менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО серии 9000: учеб. пособие. URL: <http://www.tem-consulting.ru>.
2. Хитоси Кумэ. Статистические методы повышения качества: пер. с англ. / под ред. Х. Кумэ. М.: Финансы и статистика, 1990.
3. Ефимов В.В. Статистические методы

в управлении качеством: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУб, 2003.

4. Р 50-601-32-92. Рекомендации. Система качества. Организация внедрения статистических методов управления качеством продукции на предприятии.

5. Логанина В.И., Федосеев А.А., Христолюбов В.Г. Статистические методы в управлении качеством

продукции. М.: КДУ, 2010.

6. **Кузнецов Л.А.** Управление качеством в XXI веке. Saarbrucken (Германия), Palmarium Academic Publishing, 2012.

7. **Кузнецов Л.А.** Управление качеством в XXI веке. Ч. II. Качество и технология: взаимосвязь, причины дефектов, управление. Saarbrucken (Германия), Palmarium Academic Publishing, 2012.

8. **Кузнецов Л.А.** Статистические инструменты

выявления причин возникновения брака // Методы менеджмента качества. 2013. № 11.

9. **Кузнецов Л.А.** Интеллектуальные методы управления качеством // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2011. № 2.

10. **Кузнецов Л.А.** Технологический процесс как объект управления в системе производственного менеджмента // Инновационный вестник Регион. 2010. № 1.

REFERENCES

1. **Bykov Y.M.** Process approach at introduction of systems of quality management according to the series 9000 ISO standards: manual. URL: <http://www.tem-consulting.ru> (rus)

2. **Hitoshi Kume.** Statistical methods of improvement of quality: The lane with English. Under the editorship of H. Kume. Moscow, Finance and statistics, 1990. (rus)

3. **Efimov V.V.** Statistical methods in quality management: manual. Century of V. Efimov. Ulyanovsk, UIGTUb, 2003. (rus)

4. R 50-601-32-92 Recommendations. Quality system. The organization of introduction of statistical methods of control over quality of production at the enterprise. (rus)

5. **Loganina V.I., Fedoseev A.A., Hristolyubov V.G.** Statistical methods in management to qualities of production. Moscow, KDU, 2010. (rus)

6. **Kuznetsov L.A.** Quality management in the XXI century. Saarbrucken, Germany, Palmarium Academic Publishing, 2012. (rus)

7. **Kuznetsov L.A.** Quality management in the XXI century. P. II. Quality and technology: interrelation, reasons of defects, management. Saarbrucken, Germany, Palmarium Academic Publishing, 2012. (rus)

8. **Kuznetsov L.A.** Statistical instruments of identification of the reasons of emergence quality management marriages. *Methods*, 2013, no. 11. (rus)

9. **Kuznetsov L.A.** Intellectual methods of control of a quality. *Message of higher educational institutions of the Chernozem region*, 2011, no. 2. (rus)

10. **Kuznetsov L.A.** Technological process as object of management in system of production management. *The Innovative Messenger the Region*, 2010, no. 1. (rus)

КОТОВ Алексей Владимирович – аспирант кафедры «Управление качеством и конкурентоспособностью» Санкт-Петербургского государственного экономического университета.

191023, ул. Садовая, д. 21, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: alexkotov1989@yandex.ru

KOTOV Alexei V. – Saint-Petersburg State Economical University.

191023, Sadovaya str. 21, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: alexkotov1989@yandex.ru
