УДК 519.22

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТО-БЕТОННОЙ СМЕСИ

Жегера К.В.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Дасаева Н.А.

магистр технологического факультета,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Репина Ю.П.

магистр технологического факультета,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Аннотация: Контроль качества продукции на производстве – это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение соответствия товаров установленным стандартам и требованиям. В статье представлены сведения о результатах применения статистических методов контроля качества продукции на примере производства асфальтобетонной смеси (АБС). Проведен анализ состоянии технологического процесса производства АБС с помощью гистограммы и контрольных карт. По полученным результатам составлена причинно-следственная диаграмма.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, АБС, статистика, контрольные карты

APPLICATION OF ELEMENTS OF STATISTICAL QUALITY CONTROL USING THE EXAMPLE OF ASPHALT-CONCRETE MIX PRODUCTION

Zhegera K.V.,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Penza State University of Architecture and Construction
Russia, Penza
Dasaeva N.A.
Master of the Faculty of Technology,
Penza State University of Architecture and Construction
Russia, Penza
Repina Y.P.
Master of the Faculty of Technology,
Penza State University of Architecture and Construction
Russia, Penza

Abstract: Product quality control at the factory is a set of measures aimed at ensuring that products comply with established standards and requirements. The article provides information on the results of the application of statistical methods of product quality control using the example of the production of asphalt concrete mixtures (ACM). The analysis of the state of the ABS manufacturing process is carried out using a histogram and control charts. Based on the results obtained, a causal diagram has been compiled.

Keywords: asphalt concrete mix, ACM, statistics, control maps

Контроль качества продукции на производстве является одной из важнейших составляющих эффективного и конкурентоспособного бизнеса. Проблемы, связанные с качеством, могут привести не только к финансовым потерям, но и к серьезным репутационным рискам для предприятия [1-3].

В данной статье рассмотрим статистические методы контроля качества, такие как гистограмма, контрольные карты Шухарта и причинно-следственная диаграмма Исикавы на примере производства асфальтобетонной смеси (АБС) марки А16Нн, выпускаемой на одном из предприятий строительной отрасли.

Основной характеристикой пористости АБС является содержание в ней воздушных пустот.

Пористость – это одно из важнейших физических свойств асфальта. Под ней понимается процент содержания воздушных пустот (пор), оставшихся в материале после уплотнения. От этой характеристики зависит целый ряд физических и эксплуатационных характеристик готового покрытия – в первую очередь водо- и морозостойкость.

В связи с этим, для анализа точности техпроцесса производства АБС рассмотрены статистические данные показателя воздушные пустоты. При этом, допуск по содержанию воздушных пустот следующий: от 3,5 до 5,5%.

Для анализа взята выборка по показателю «воздушные пустоты» объемом N=100, данные взяты за период с января по октябрь 2024г (табл.1).

Таблица 1 – Статистические данные «воздушные пустоты», %

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Группа 7	Группа 8	Группа 9	Группа 10
x_1	3,7	4	4,4	4	4,1	4,3	4	4	4,3	4
x_2	4	4,1	3,7	4,9	4	3,8	4,1	3,7	3,8	3,9
x_3	4,3	3,9	4,3	3,9	3,8	4,1	3,9	3,9	4,1	4
x_4	4,7	4	4	4,4	4,1	4	4,2	4	3,9	4
x_5	4	4,3	3,9	4	4,6	4	4,3	4,1	4	4,1
x_6	4,1	4	4,1	3,8	4	4,1	3,7	4,5	4	4
x_7	4,3	4,1	4	4,8	3,9	4,2	4,1	4	4,1	3,9
x_8	4	3,9	4,5	4	4,6	4	4	4,1	4	4,5
x_9	4,9	4	4,1	5	4	4,8	3,9	4	4,5	4,1
x_{10}	4	4,7	5,4	4,6	4,1	4	4,2	4,3	4,2	4

Построим гистограмму частот для того, чтобы понять в каком состоянии находится партия изделий и технологический процесс, чтобы разрешить проблемные моменты [4].

Для построения гистограммы следует рассчитать размах, среднее арифметическое, количество и шаг интервалов выборки.

Среднюю арифметическую величину определяют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}, \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^{N} x_i$ – сумма наблюдаемых значений;

N - количество наблюдаемых значений.

Средняя арифметическая величина статистических данных, представленных в таблице 1, рассчитанная по формуле (1), составляет:

$$\overline{X} = 4{,}1\ \%$$

Размах выборки (размах варьирования) определяют по формуле

$$R = R_{max} - R_{min}, \quad (2)$$

где R_{max} – максимальное значение в выборке;

R_{min} – минимальное значение в выборке.

Диапазон разброса значений, рассчитанный по формуле 2, равен:

$$R = 5{,}4 - 3{,}7 = 1{,}7\%$$

Находится количество интервалов разбиения поля рассеивания k путем округления до целой величины:

$$k = 1 + 3{,}32log100 = 7{,}64 \approx 8$$

Тогда шаг разбиения будет равен:

$$h = \frac{R}{k} = \frac{1{,}7}{8} = 0{,}2125 \approx 0{,}2\%$$

Подсчитаем частоты по интервалам и сведем их в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчетные данные для построения гистограммы

Номер интервала	Границы интервала	Середина интервала	Частота в интервале
1	[3,7-3,9)	3,8	8
2	[3,9-4,1)	4,0	45
3	[4,1-4,3)	4,2	22
4	[4,3-4,5)	4,4	10
5	[4,5-4,7)	4,6	7
6	[4,7-4,9)	4,8	4
7	[4,9-5,1)	5,0	3
8	[5,1-5,4]	5,25	1

Гистограмма распределения значений воздушных пустот приведены на рисунке 1.

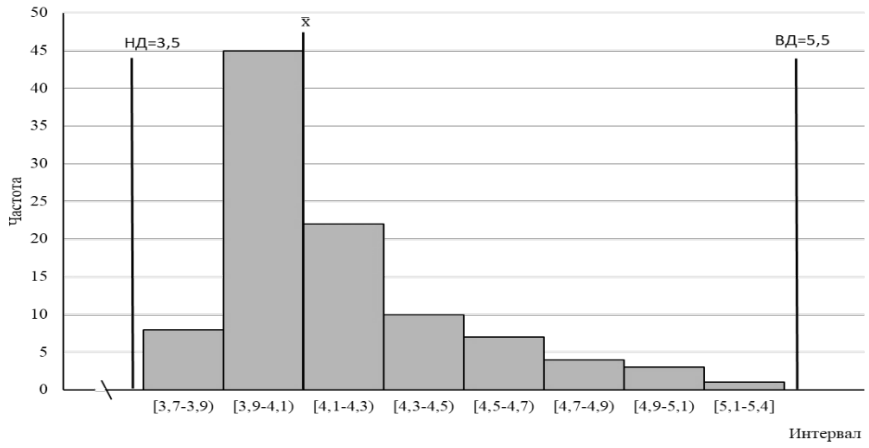


Рисунок 1 – Гистограмма распределения значений воздушных пустот

(авторская разработка)

На гистограмме, показанной на рисунке 1 видно, как изменяются значений воздушных пустот.

Центр рассеяния сильно смещен влево относительно центра поля допуска и присутствует большой разброс значений относительно среднего значения. Таким образом, делаем вывод, что технологический процесс изготовления АБС разлажен, требуется разработка плана корректирующих действий (ПКД).

Вычислим коэффициент точности технологического процесса производства АБС:

$$К_Т = \frac{6 * 0{,}30}{5{,}5 - 3{,}5} = 0{,}9$$

Так как $К_Т$ = 0,76 – 0,98, то технологический процесс производства АБС требует внимательного наблюдения.

Для оценки точности технологического процесса построим контрольные карты по данным табл.1 [5].

Вычисление границ регулирования для *s* – карты:

$$U_{CL} = B_4 \cdot \bar{s} = 1{,}716 \cdot 0{,}27 = 0{,}46$$

$$L_{CL} = B_3 \cdot \bar{s} = 0{,}284 \cdot 0{,}27 = 0{,}08$$

где B_4=1,716, B_3=0,284 – табличное значение, зависящееся от количества наблюдений в подгруппе, при *n*=10.

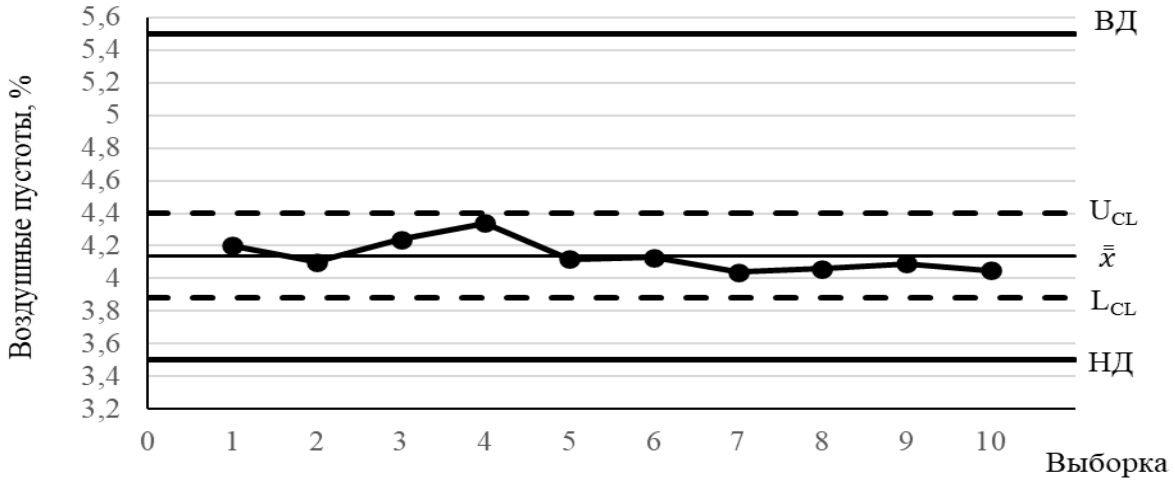
Вычисление границ регулирование для $\bar{x}$ – карты:

$$U_{CL} = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s} = 4{,}14 + 0{,}975 \cdot 0{,}27 = 4{,}40$$

$$L_{CL} = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s} = 4{,}14 - 0{,}975 \cdot 0{,}27 = 3{,}88$$

A_3 = 0,975 – табличное значение, зависящееся от количества наблюдений в подгруппе, при *n*=10.

Полученные карты представлены на рис.2.



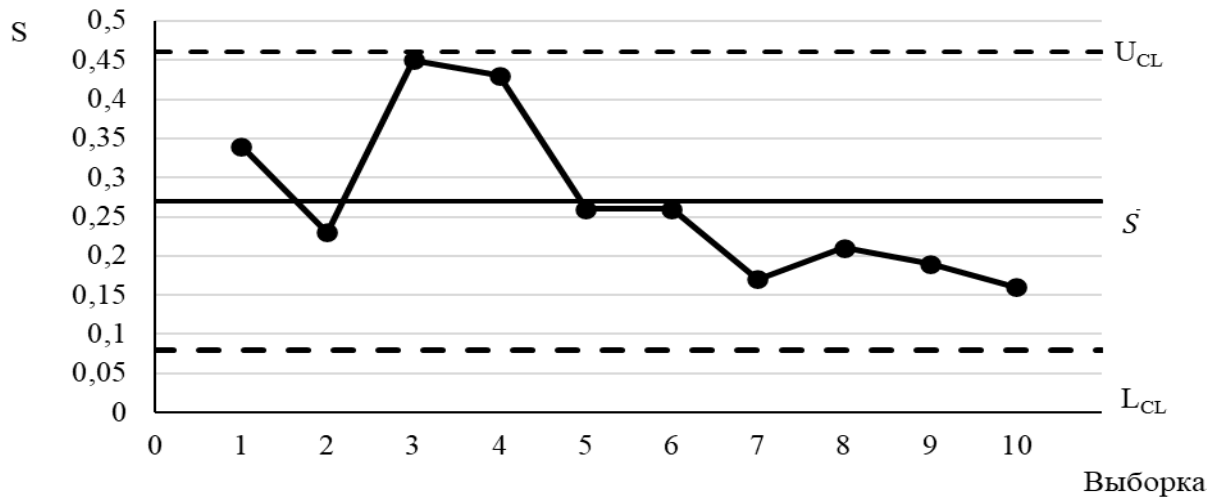


Рисунок 2 – Контрольная X-S карта *(авторская разработка)*

Из полученных результатов, показанных на рисунке 2, видно, что технологический процесс является в статистически управляемом состоянии, т.к. точки не выходят за границы регулирования. На S-карте точка приближается к верхней границе регулирования, что требует внимательного отношения к технологическому процессу.

Для оценивания возможности удовлетворять технический допуск без учета положения среднего значения, рассчитываем индекс воспроизводимости процесса применяемый для стабильных по разбросу процессов:

$$C_p = \frac{U - L}{\Delta} = \frac{5{,}5 - 3{,}5}{6 \cdot 0{,}27} = 1{,}23$$

Т.к. полученное значение воспроизводимости процесса изготовления АБС воспроизводимый, но требует внимательного наблюдения (C_p=1,33-1,00), то рекомендуется либо усовершенствовать процесс, либо изменить требования.

Для выявления ключевых параметров процессов, влияющих на характеристики АБС, установления причин проблем процесса и/или факторов, влияющих на возникновение дефекта в изделии, воспользуемся диаграммой Исикавы (рис.3).

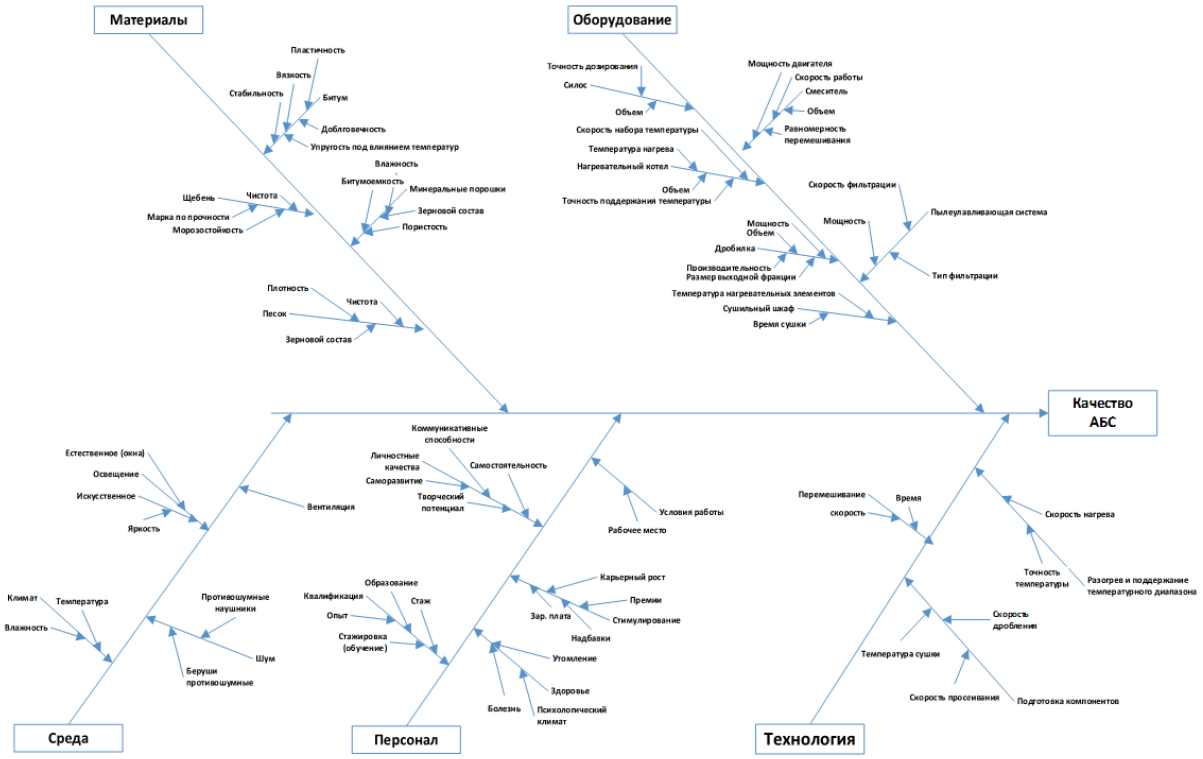


Рисунок 3 - Причинно-следственная диаграмма *(авторская разработка)*

Анализ диаграммы показал, что на производство качественной асфальтобетонной смеси оказывают влияние такие факторы как используемые материалы; применяемое оборудование; соблюдение технологии производства; среда, в которой работает персонал и квалификация персонала.

Таким образом, в статье рассмотрены несколько основных статистических методов контроля качества: гистограмма, контрольные карты и причинно-следственная диаграмма, применяя которые на практике можно эффективно управлять качеством производства АБС.

Библиографический список

1. Переселкова А. Н. Обеспечение качества при производстве трубопроводной арматуры (на примере предприятия АО «ПТПА», Г. Пенза) / А.Н. Переселкова, Л В. Макарова // Дневник науки. – 2024. – № 1(85).

2. Разумова А.А. Статистическое управление качеством продукции при производстве свай железобетонных на ОАО "ЖБК / А.А. Разумова, К.В. Жегера

// Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Сборник материалов XVI Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной 80-летию со дня рождения профессора В.И. Калашникова, Пенза, 20–22 октября 2021 года / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2021. – С. 144-150.

3. Новикова Т.А. Эволюция подходов к управлению качеством продукции машиностроения / Т.А. Новикова, Е.В. Ляпунцова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. № 2. – С. 571-575. – doi:10.24412/2071-6168-2024-2-571-572

4. Артюшина Д.Е. Исследование статистического состояния процесса производства стола письменного / Д.Е. Артюшина, К.В. Жегера // Научно-инновационные исследования и разработки: новые вызовы современности: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 15 января 2024 года. – Москва: Издательство ЦДПО «Цифровая академия», 2024. – С. 274-281.

5. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. - Взамен ГОСТ Р 50779.42-99.- М.: Стандартинформ, 2019.-46с.

Оригинальность 77%