

УДК 69.05

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

О.В. Голушкова, А.Д. Гавриленко  
Белорусско-Российский университет, Могилев  
email: f\_st@bru.by

*Рассматривается возможность повышения уровня качества при производстве сборных железобетонных панелей перекрытия и покрытия для крупнопанельного домостроения с помощью статистических методов управления процессом изготовления этих изделий. В результате анализа производственной деятельности Могилевского домостроительного комбината был установлен параметр, который наиболее часто выходит за пределы допусков на этих изделиях. Для приведения панелей к требуемому качеству по данному параметру использованы контрольные карты Шухарта и причинно-следственная диаграмма Исикавы.*

*Ключевые слова: формирование качества, производство панелей перекрытия, статистические методы управления качеством, толщина панелей перекрытия.*

PROVISION OF QUALITATIVE INDICATORS  
OF PRODUCTION OF CONSTRUCTION CONSTRUCTIONS  
BY STATISTICAL METHODS

O. Golushkova, A. Gavrilenko  
Belarussian-Russian university, Mogilev  
email: f\_st@bru.by

*The possibility of improving the quality level in the production of prefabricated reinforced concrete overhead panels and coatings for large-panel housing construction using statistical methods for controlling the manufacturing process of these products is considered. As a result of the analysis of the production activities of the Mogilev House-Building Plant, a parameter was set which most often goes beyond the tolerances on these products. To bring the panels to the required quality in this parameter, the Shewhart control charts and the Ishikawa cause-and-effect diagram are used.*

*Keywords: quality formation, production of overlapping panels, statistical methods of quality management, thickness of overlapping panels.*

За последние 10–15 лет технологии изготовления железобетонных изделий сделали заметный шаг вперед, их качество и дизайн заметно улучшились. Это произошло благодаря внедрению, а затем и очень широкому распространению стендового формования безопасным (экструзионным) методом пустотных настилов, когда одна формовочная линия может обеспечить производство широкого диапазона изделий: перекрытий, покрытий, стеновых панелей.

Формирование качества возводимых зданий происходит на всем пути создания строительной продукции. Первым этапом создания строительной продукции является процесс проектирования объекта, потом процесс изготовления строительных изделий, конструкций и материалов из которых будет возводиться здание, затем непосредственно процесс выполнения строительно-монтажных работ на строительной площадке из конструкций по утвержденным проектам [1]. Проблема повышения уровня качества в строительстве является острой в условиях дефицита инвестиций, жесткой конкуренции и сокращения объемов строительно-монтажных работ.

Качество продукции – это совокупность свойств продукции, которые обуславливают ее возможность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Рассматривая выше изложенное, можно отметить при повышении качества выпускаемых конструкций и изделий увеличивается благосостояние предприятия и возрастают материальные возможности для дальнейшего развития и прогресса [2].

Качество строительных конструкций и изделий можно гарантировать при условии четкого соблюдения технологического процесса их изготовления. В связи с этим, возникает необходимость управления качеством процессов при производстве сборных железобетонных конструкций. Обеспечивать и поддерживать процессы изготовления конструкций на приемлемом и стабильном уровне, гарантируя при этом соответствие продукции установленным требованиям, можно с помощью статистического управления процессами изготовления.

Анализируя работу цехов Могилевского домостроительного комбината выпускающих железобетонные изделия, было выявлено изделие, а также параметр, который наиболее часто выходит за пределы допусков, определенных нормативными документами. Было определено, что таким изделием является панель перекрытия. Дефекты в данном изделии встречались довольно часто. В последствие они устранялись, что приводило к дополнительным затратам.

При производстве панелей перекрытия операционному контролю подвергаются:

- кассеты, проверяется степень очистки, смазка, геометрические параметры собранных форм (рулеткой, правилом);
- точность установки арматурного блока с фиксаторами (для обеспечения необходимой величины защитного слоя бетона);
- геометрические параметры верхней части кассет после их зажима (обмерные работы);
- процесс укладки бетонной смеси (должна вестись послойно и равномерно по длине изделия, а также по всей площади кассеты, для недопущения «распирания» стенок кассеты);
- степень заглаживания верхней поверхности и очистки оснастки от остатков бетона.

При приемочном контроле плит перекрытия на посту доводки проводятся приемосдаточные испытания:

- контроль геометрических параметров и прямолинейности изделия;
- проверяется качество очистки поверхности форм от бетона;
- контролируется качество антикоррозионной обработки закладных деталей;
- проверяется диаметр монтажных петель;
- осуществляется контроль категории лицевой поверхности стен;
- проверяется маркировка изделия.

Мы решили применить статистические методы управления качеством к процессу производства данного изделия: выявить существующие недостатки процессов изготовле-

ния панелей перекрытия, определить методы их устранения, что, несомненно, должно привести к улучшению качества исследуемых процессов.

Нами использовались следующие методы статистического анализа: вычисление и построение контрольной карты Шухарта и построение причинно-следственной диаграммы Исикавы [2].

Исследуемым параметром, который фиксировался на каждом выпускаемом изделии, является толщина панели перекрытия.

Работа в цеху организована посменно, соответственно изделия формируются разными рабочими, поэтому каждый раз фиксировалась дата формования изделия. Нами анализировался данный факт, как возможная причина дефектов при производстве.

Нумеровались отсеки кассет для того, чтобы можно было заметить наличие дефектов в определенных отсеках и предпринять меры по снижению брака в отдельных отсеках. Все записи велись строго последовательно, чтобы можно было верно анализировать карту «хода процесса».

По достижении количества выборок, равного 30, приступаем к расчету основных параметров контрольной карты Шухарта. Объем выборки для разных партий изделий может отличаться, но не более чем на 20% от среднего значения.

Для расчета данных величин используем программный комплекс Excel.

Доля несоответствующей продукции в рамках каждой выборки рассчитывается по формуле

$$P = \frac{N_{\text{брака}}}{V_{\text{выборки}}}, \quad (1)$$

где  $P$  – доля несоответствующей продукции в выборке;

$N_{\text{брака}}$  – количество несоответствующих единиц продукции в выборке;

$V_{\text{выборки}}$  – объем выборки.

Для анализа контрольной карты Шухарта необходимо также рассчитать среднюю долю несоответствующей продукции всего объема ( $P_0$ ) контролируемых изделий по формуле

$$P_0 = \frac{N_{\text{общ. брака}}}{V_{\text{общ. продукции}}}. \quad (2)$$

Верхняя и нижняя контрольные границы рассчитываются по формуле

$$UCL / LCL = P_0 \pm \sqrt{\frac{P_0 \cdot (1 - P_0)}{V_{\text{ср. выборки}}}}, \quad (3)$$

где  $UCL$  – верхняя контрольная граница;

$LCL$  – нижняя контрольная граница;

$V_{\text{ср. выборки}}$  – средний объем выборки.

При отрицательном значении  $LCL$  принимаем  $LCL = 0$ .

По рассчитанным параметрам строим контрольную карту Шухарта (рис. 1).

Из карты хода процесса, представленной на рисунке 1, мы видим:

1. Процесс не находится в состоянии статистического равновесия.
2. Максимальная доля наличия дефектов в кассете составляет 60%, а средняя доля – 26,5%, что неприемлемо при стремлении улучшить качество и снизить стоимость продукции.

Получив такие результаты, было решено составить причинно-следственную диаграмму Исикавы, для выявления возможных причин возникновения данного дефекта рисунок 2.

Таблица 1. – Расчет основных параметров для построения карты «хода процесса»

№ выборки	V выборки	№брака	P	UCL	LCL	P <sub>0</sub>
1	10	0	0	0,705424	0	0,264407
2	10	3	0,3	0,705424	0	0,264407
3	10	6	0,6	0,705424	0	0,264407
4	8	0	0	0,705424	0	0,264407
5	9	4	0,444444	0,705424	0	0,264407
6	10	5	0,5	0,705424	0	0,264407
7	10	6	0,6	0,705424	0	0,264407
8	8	3	0,375	0,705424	0	0,264407
9	10	5	0,5	0,705424	0	0,264407
10	9	0	0	0,705424	0	0,264407
11	10	1	0,1	0,705424	0	0,264407
12	9	0	0	0,705424	0	0,264407
13	10	2	0,2	0,705424	0	0,264407
14	8	1	0,125	0,705424	0	0,264407
15	9	1	0,111111	0,705424	0	0,264407
16	7	0	0	0,705424	0	0,264407
17	10	5	0,5	0,705424	0	0,264407
18	9	5	0,555556	0,705424	0	0,264407
19	10	5	0,5	0,705424	0	0,264407
20	10	5	0,5	0,705424	0	0,264407
21	7	3	0,428571	0,705424	0	0,264407
22	10	2	0,2	0,705424	0	0,264407
23	9	2	0,222222	0,705424	0	0,264407
24	10	2	0,2	0,705424	0	0,264407
25	9	1	0,111111	0,705424	0	0,264407
26	10	4	0,4	0,705424	0	0,264407
27	9	2	0,222222	0,705424	0	0,264407
28	9	1	0,111111	0,705424	0	0,264407
29	9	2	0,222222	0,705424	0	0,264407
30	9	0	0	0,705424	0	0,264407
31	9	1	0,111111	0,705424	0	0,264407
32	9	1	0,111111	0,705424	0	0,264407

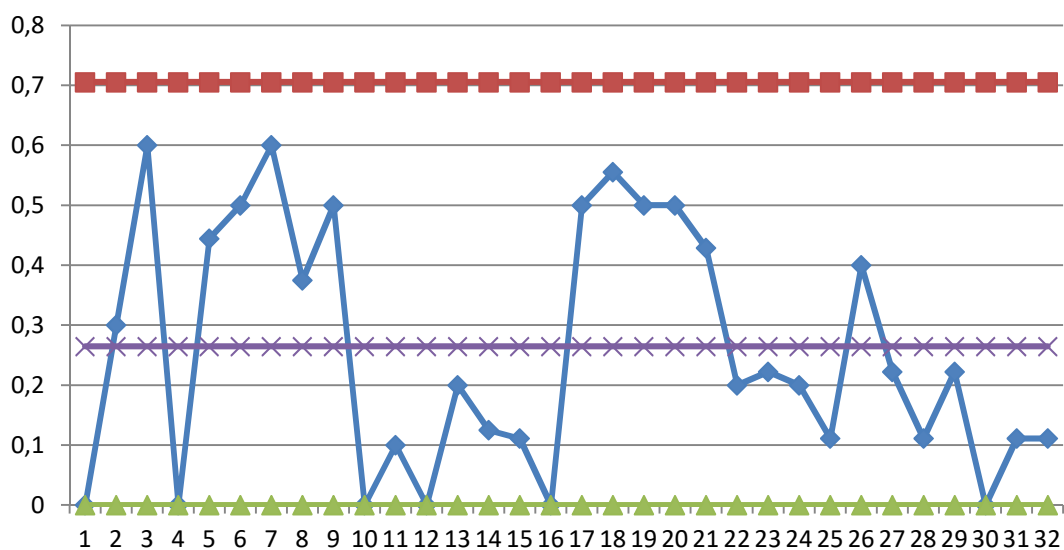


Рисунок 1. – Карта «хода процесса» до внесения изменений



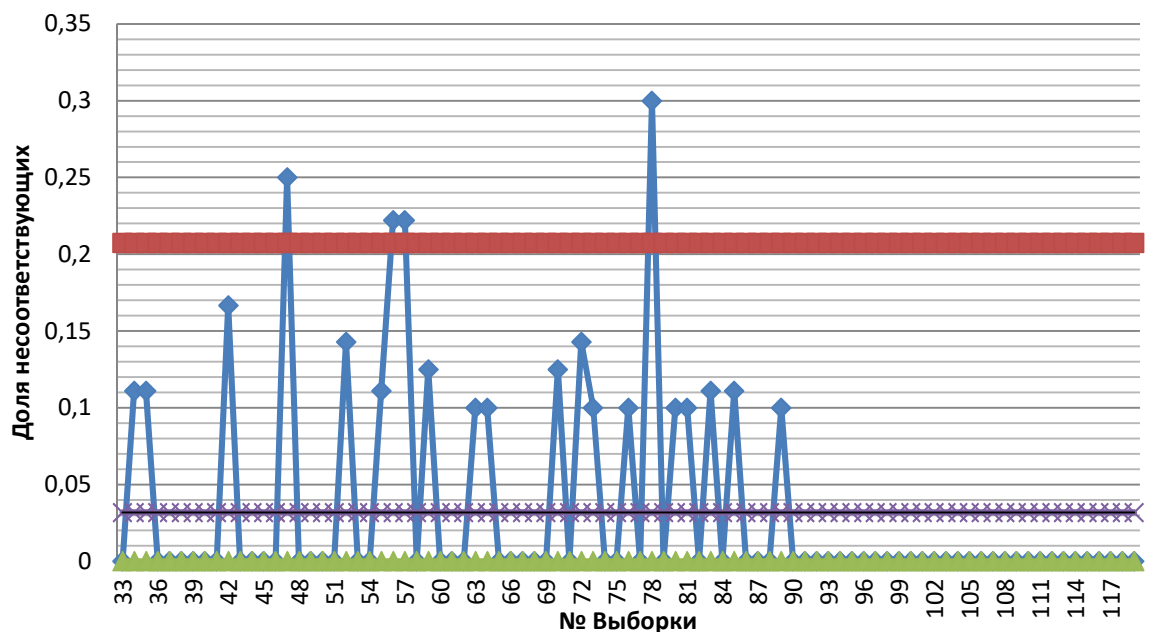
Рисунок 2. - Причинно-следственная диаграмма Исикавы

При более детальном анализе полученных в результате наблюдения данных и учитывая результаты построения диаграммы Исикавы, было определено, что резкое снижение дефектов присутствовало при начале работы каждой новой бригады рабочих. На производстве бригады меняются через каждые три дня. Данный факт был определен благодаря тому, что при сборе данных указывалась дата формования.

Но в ходе сбора данных было установлено, что при дальнейшей работе бригады количество дефектов росло. Мы предположили, что причиной может быть безответственное отношение к очистке форм (отсеков кассет) между формованиями в рамках трехдневной работы одной бригады. А снижение дефектов при смене бригад объяснялось тем, что рабочие должны передать формы, а также рабочее место в должном виде. Поэтому к очистке форм подходили более скрупулёзно [3].

Итак, было принято решение – внести изменение в процесс производства панелей перекрытия (обратить особое внимание рабочих и мастеров на очистку отсеков кассет). После внесения в рабочий процесс формования изделий дополнительных требований по культуре производства, обусловленной технологическими требованиями, мы продолжили сбор данных, чтобы установить, как изменилось качество выпускаемых изделий.

Получив данные по выборкам 33-89, снова просчитываем параметры контрольной карты Шухарта(рис. 3).



**Рисунок 3. – Контрольная карта Шухарта после внесения изменений в технологию изготовления изделий по очистке форм (выборки 33-89) и проведения ремонта и наладки оборудования (выборки 90-117)**

Как мы видим из рисунка 3, после внесения в рабочий процесс формования изделий дополнительных требований по культуре производства средняя доля дефектов снизилась до 5%, а максимальное их количество составило 30%. И, несмотря на то, что в выборке №78 точка находится выше верхнего контрольного предела, не нужно реагировать на данный скачок. Т.к. это особая причина вариации повлияла на данную выборку изделий, и оперативное реагирование на данную причину будет ошибочным, поскольку в данный момент процесс стабилен и при внесении изменений в процесс может последовать обратный эффект.

Убедившись, что процесс является стабильным, мы принимаем решение – произвести ремонт оборудования, это стало возможным благодаря временному снижению объемов производства.

После проведения ремонта и наладки оборудования (кассет) мы вновь собираем данные и строим контрольную карту Шухарта (выборки 90-117), для того, чтобы убедиться в положительном влиянии внесенных нами изменений в процесс производства панелей перекрытия.

По полученным данным и построениям, мы видим, что количество панелей, не попадающих в пределы допуска равно 0 (Рисунок 3, выборки 90-117).

Благодаря использованию статистических методов управления качеством мы достигли желаемого – толщина выпускаемых панелей перекрытия находится в допуске, определенном нормативной документацией. Процесс корректировки качества при производстве панелей перекрытий продолжается, и вносятся оперативные изменения по другому фактору – наличие выпуклостей на поверхности панелей.

Использование контрольных карт Шухарта позволило наглядно проследить за процессом, установить его стабильность, и проанализировать плюсы и минусы после введенных изменений. Причинно-следственная диаграмма Исикавы позволила установить возможные причины, влияющие на качество продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гиссин, В.И. Управление качеством продукции : учеб. пособие / В.И. Гиссин. – Ростов н/Д : Феникс, 2000.
2. Николаев, Н.С. Управление качеством : практикум / Н.С. Николаев. – М. : КНОРУС, 2016.
3. Гавриленко, А.Д. Применение контрольных карт Шухарта при производстве железобетонных панелей перекрытия / А.Д. Гавриленко, О.В. Голушкова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 291 с.