

Увин Анатолий Сергеевич, Студент
ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Статья посвящена вопросам внедрения современных средств и методов управления качеством в строительной отрасли. Показано, что традиционные подходы к контролю качества (приёмочный контроль) недостаточно эффективны для обеспечения стабильности строительных процессов. На примере монолитного строительства рассмотрено применение статистических методов (контрольные карты Шухарта), инструментов бережливого производства (5S, визуализация) и методологии управления рисками (FMEA). Разработана модель интеграции цикла PDCA в технологический процесс возведения железобетонных конструкций. Предложены практические рекомендации по снижению уровня дефектности и повышению прозрачности строительного производства.

Ключевые слова: Управление качеством, строительство, статистические методы, контрольные карты, система 5S, FMEA, цикл PDCA, дефектность бетонных работ.

Строительная отрасль исторически характеризуется высокой долей ручного труда, значительной вариабельностью условий (погодные факторы, качество материалов, квалификация персонала) и жёсткими требованиями к безопасности. В последние годы, несмотря на внедрение систем менеджмента качества на основе ISO 9001, уровень дефектности и количество переделок при строительно-монтажных работах остаётся высоким. По данным экспертных оценок, до 15% трудозатрат на стройплощадке тратится на исправление брака, что напрямую влияет на себестоимость и сроки сдачи объектов.

Традиционная модель контроля качества в строительстве базируется на выборочных проверках готовых конструкций или скрытых работ, что не позволяет предотвратить появление дефектов, а лишь фиксирует их наличие. Особенно остро эта проблема проявляется при монолитном строительстве, где ошибки в армировании или бетонировании трудно и дорого исправлять.

Цель данного исследования – разработать и обосновать комплексную модель применения средств и методов управления качеством на всех этапах строительного производства, обеспечивающую переход от контроля к предупреждению дефектов. В качестве объекта исследования выбрано строительство монолитных сооружений, предмета – методы управления качеством (статистические, бережливые, риск-ориентированные).

Для выявления критических точек потери качества был проведён анализ дефектов, возникающих при устройстве монолитных железобетонных конструкций (фундаментная плита, стены, перекрытия). Типичные дефекты были классифицированы по этапам процесса (рис. 1).



Рис 1. Блок схема дефектов

Армирование: нарушение шага и диаметра арматуры, отсутствие защитного слоя, ошибка в вязке узлов, использование загрязнённых стержней.

Опалубочные работы: отклонение геометрии щитов, неплотное прилегание, утечка цементного молока, нестабильность креплений.

Бетонирование: расслоение смеси, переуплотнение или недостаточное виброуплотнение, длительные перерывы в укладке, несоответствие температуры.

Уход за бетоном: отсутствие укрытия, неправильный режим увлажнения, преждевременное нагружение.

Статистическая обработка данных за 6 месяцев по трём объектам позволила построить диаграмму Парето (рис. 2), которая показала, что 75% всех замечаний приходится на три причины:

- 1) нарушение защитного слоя арматуры (32%);
- 2) дефекты поверхности из-за плохой смазки опалубки (25%);
- 3) раковины и каверны после виброуплотнения (18%).

Это указало направления для первоочередного вмешательства.

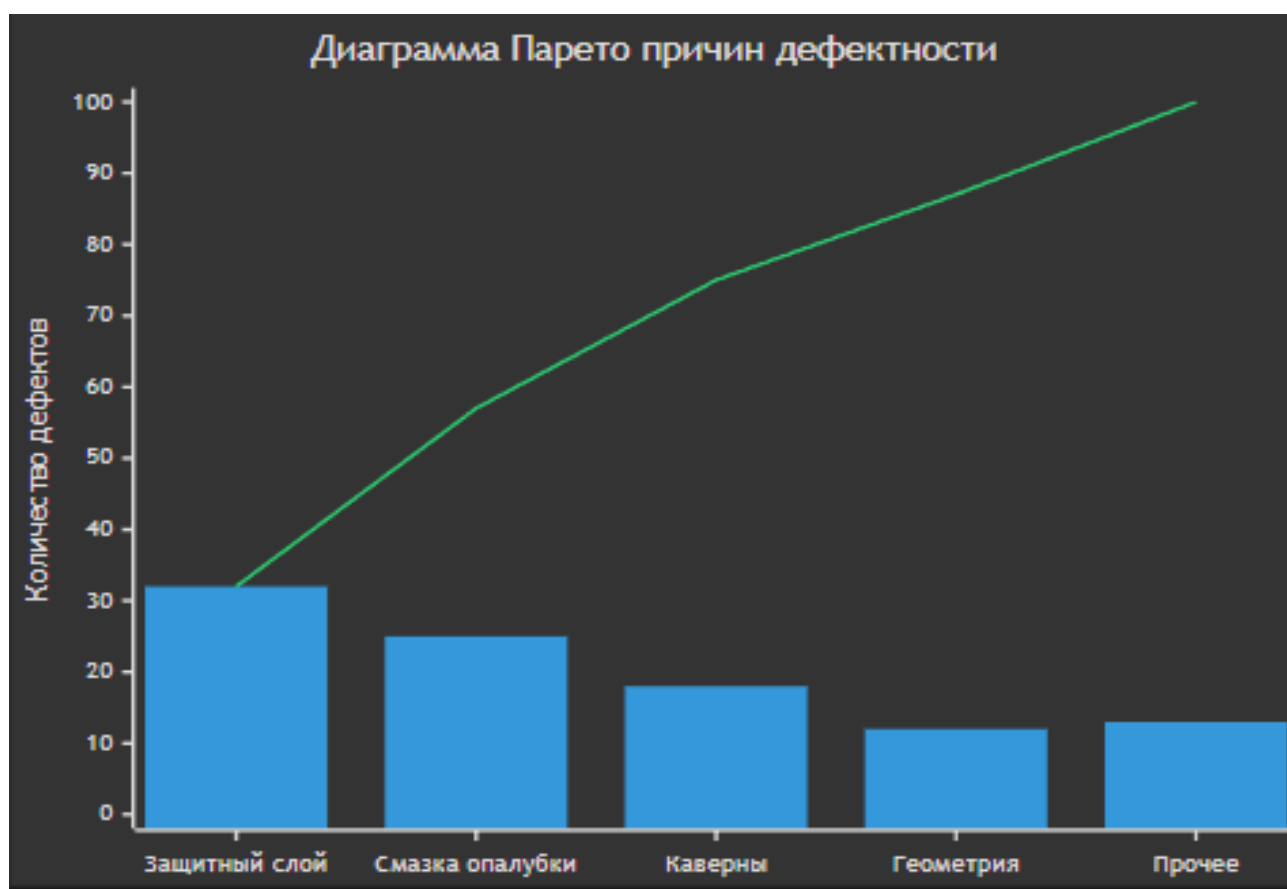


Рис 2. Диаграмма Парето

В качестве ключевого средства оперативного контроля было предложено внедрение контрольных карт Шухарта для мониторинга критических параметров процесса бетонирования. Наиболее информативным параметром признана прочность бетона в промежуточном возрасте (7 суток) для образцов-кубов, отбираемых из каждой партии.

Были построены $\bar{X}$ -карта (для средних значений прочности) и R-карта (для размахов) на основе предварительных выборок. Границы контроля рассчитывались по формулам:

Центральная линия $CL = \bar{\bar{X}}$ (общее среднее)

Верхний контрольный предел $UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$

Нижний контрольный предел $LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$ (для прочности – не менее нормативной)

Пример фрагмента контрольной карты приведён на рисунке 3.

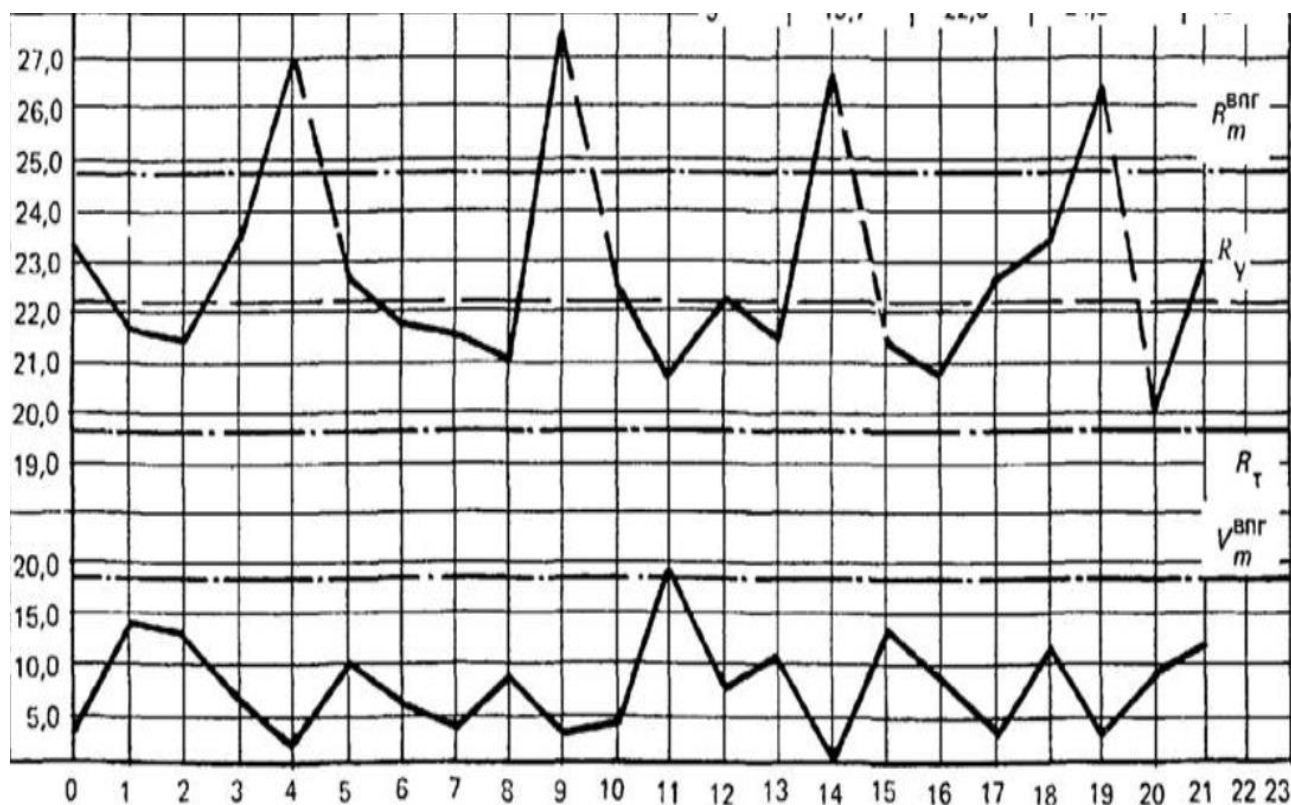


Рис 3. Пример контрольных карт

После запуска процесса с применением корректирующих действий была отмечена стабилизация: точки вышли за пределы контрольных границ только в 1 случае из 250 измерений (против 7 случаев до внедрения). Контрольные карты также позволили своевременно выявить повторяющийся заниженный выброс прочности в третьей бригаде при укладке смеси в жаркую погоду – было проведено дополнительное обучение и скорректирован режим виброуплотнения.

Система «5S», традиционно применяемая на промышленных предприятиях, была адаптирована для условий строительной площадки. Пять шагов реализованы следующим образом:

1) Сортировка (Seiri). На участке опалубочных и арматурных работ были удалены все неиспользуемые в ближайшую смену элементы: обрезки арматуры, пустые катушки от вязальной проволоки, неисправные вибраторы. Для временного хранения подозрительных материалов введена зона «Карантина» (аналог зоны Красных ярлыков);

2) Рациональное размещение (Seiton). Каждому инструменту (сварочный аппарат, уровень, рулетка, ключи) определено постоянное место с оконтуриванием (нанесён контур на верстаке или стойке). Арматура разделена по диаметрам и маркам с табличками и цветовой маркировкой;

3) Уборка и проверка (Seiso). Закреплена ответственность за ежедневную очистку опалубочных щитов от остатков бетона и смазки. Уборка совмещена с осмотром оборудования на предмет неисправностей (заусенцы на щитах, износ гибких валов вибраторов). Созданы карты чистки для каждого рабочего места;

4) Стандартизация (Seiketsu). Разработаны визуальные стандарты: пиктограммы правильной вязки арматурных узлов, плакаты «Брак бетонной поверхности» – что допустимо, а что нет. На щиты опалубки нанесены метки для контроля шага крепёжных элементов;

5) Совершенствование дисциплины (Shitsuke). Внедрены ежедневные 5-минутные обходы по чек-листу с участием прораба и бригадира. Мотивация привязана к отсутствию замечаний по 5S.

Результатом стало сокращение времени поиска инструмента в среднем на 4-7 минут на операцию и снижение количества залипших щитов после распалубки на 40% (рис 4.).



Рис 4. Сравнение складирования стройматериалов

Дополнительно для предупреждения критических дефектов был применён метод анализа видов и последствий отказов (FMEA) к процессу бетонирования ответственных конструкций (колонны и диафрагмы жёсткости). В междисциплинарную команду вошли: мастер СМР, инженер ПТО, лаборант и бригадир арматурщиков.

Для каждого потенциального дефекта рассчитывалось приоритетное число риска (ПЧР) как произведение трёх параметров (по 10-балльной шкале):

Значимость последствия (S) – от незначительной эстетической до обрушения.

Вероятность возникновения (O) – частота проявления.

Вероятность обнаружения (D) – насколько легко выявить дефект до передачи дальше.

Наибольший ПЧР (более 200) получили риски:

1) «Оседание арматурного каркаса при бетонировании» ($S=9, O=6, D=4 \rightarrow \text{ПЧР}=216$);

2) «Образование холодного шва» ($S=8, O=7, D=4 \rightarrow \text{ПЧР}=224$)

Для этих рисков были разработаны предупреждающие действия: для первого – установка дополнительных фиксаторов защитного слоя и контроль высоты каркаса лазерным уровнем в процессе укладки; для второго – жёсткое ограничение времени перерыва между укладкой слоёв до 45 минут (с сиреной для бригады). После внедрения этих мер повторный расчёт ПЧР показал снижение до уровня <60 , что признано приемлемым.

Функция процесса	Потенциальный дефект	Последствие (S)	Причина (O)	Текущий контроль (D)	ПЧР	Рекомендуемые действия
Укладка бетонной смеси	Оседание арматурного каркаса	Снижение несущей способности (S=9)	Недостаточное количество фиксаторов (O=6)	Визуальный контроль (D=4)	216	Установка доп. фиксаторов, контроль высоты лазерным уровнем
Укладка бетонной смеси	Образование холодного шва	Расслоение (S=8)	Отсутствие координации (O=7)	Запись времени в журнале (D=4)	224	Жёсткий лимит времени, звуковой сигнал для бригады

Рис 6. Риски с наибольшими ПЧР

Все перечисленные методы были объединены в замкнутый управленческий цикл «Планируй – Делай – Проверь – Воздействуй» (PDCA), адаптированный для строительной площадки.

Plan (Планируй): до начала работ разрабатывается план качества (контрольные точки, методы сбора данных, ответственные). На основе FMEA назначаются предупреждающие действия.

Do (Делай): выполнение работ по стандартизированным операционным картам, обязательное заполнение журналов самоконтроля, ведение контрольных листов.

Check (Проверь): статистический мониторинг по контрольным картам; еженедельный аудит 5S; лабораторные испытания. Несоответствия регистрируются в базе дефектов.

Act (Воздействуй): при выявлении особых причин вариабельности проводится коррекция процесса (ремонт оборудования, перенастройка, обучение). Корректирующие действия документируются и распространяются на другие объекты.

Такая модель позволяет не просто фиксировать брак, а постоянно улучшать процесс, снижая разброс характеристик и повышая предсказуемость качества.

В ходе исследования была разработана и частично апробирована модель комплексного применения средств и методов управления качеством в строительстве на примере монолитного строительства. Основные выводы:

Традиционные приёмочные методы контроля неэффективны – требуется переход к статистическому управлению процессами, позволяющему выявлять тенденции к расстройке процесса до появления дефектов.

Адаптация системы «5S» для строительной площадки даёт быстрый организационный эффект, снижая непроизводственные потери и повышая культуру производства.

Метод FMEA, проведённый на этапе подготовки, позволяет заранее идентифицировать риски с высоким приоритетом и принять предупреждающие меры, что гораздо дешевле дорогостоящих переделок.

Замкнутый цикл PDCA служит основой для непрерывного улучшения и формирования «самообучающейся» строительной организации.

Предложенный подход может быть масштабирован на другие виды строительных работ (отделочные, кровельные, инженерные системы) и рекомендован для включения в корпоративные стандарты качества строительных холдингов

Список литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта Текст. – М.: Стандартиформ, 2015.
2. Система 5S на строительной площадке. Организация рабочего пространства. URL: <https://leanconstruction.ru/5s> (дата обращения: 18.04.2026).
3. Шишкин И.А., Трофимов В.В. Управление качеством в строительстве: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2024. – 256 с.
4. Методология FMEA: рекомендации по применению в строительной отрасли. URL: <https://quality-in-construction.ru/fMEA> (дата обращения: 20.04.2026).
5. Имаи М. Гемба кайдзен: путь к снижению затрат и повышению качества. – М.: Альпина Пабlishер, 2020. – 350 с.
6. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2017. – 419 с

