

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**В.И. Логанина**

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки  
08.04.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 691.1(075)  
ББК 38.5я7 С77  
Л69

Рецензент – кандидат технических наук, доцент  
С.Н. Кислицына (ПГУАС)

**Логанина В.И.**

Л69            Управление качеством в технологии строительных материалов:  
учеб. пособие по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» / В.И. Логанина. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 92 с.

Содержатся сведения о инструментах управления качеством продукции. Приведены конкретные примеры их применения. Отражены вопросы, связанные с оценкой качества продукции.

Подготовлено на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», при изучении дисциплины «Управление качеством в технологии строительных материалов».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Логанина В.И., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На современном этапе развития экономики, когда на первый план выдвигается задача повышения эффективности строительства, вопросы качества приобретают особое значение. Решение такой задачи требует постоянной целенаправленной работы инженерно-технических работников с момента проектирования изделия и до сдачи его потребителю. Наряду с соблюдением технологической дисциплины необходимо постоянно совершенствовать методы и формы контроля, в том числе статистические методы контроля и управления качеством продукции.

Учебное пособие написано в соответствии с программой обучения по дисциплине «Управление качеством в технологии строительных материалов».

В пособии изложены основные положения управления качеством в технологии строительных материалов. Приведены методы построения контрольных карт для регулирования технологического процесса. Отдельный раздел посвящен статистическому анализу показателей качества производства.

В первом разделе учебного пособия представлен материал о инструментах управления качеством. Рассмотрены причинно-следственная диаграмма, контрольные листы, диаграмма сродства.

Во втором разделе рассмотрена система контроля качества продукции, включающая входной, технологический и приемочный контроль качества, приведено нормативное обеспечение этих видов контроля применительно к некоторым видам строительной продукции. Значительное внимание также уделено статистическим методам контроля качества продукции и статистическому приемочному контролю.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

## ВВЕДЕНИЕ

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов комплекса знаний в области теоретических основ управления качеством на предприятии в соответствии с международными стандартами ИСО серий 9000, 10000, 14000.

Задачами дисциплины является:

– обучить студентов основам системного подхода к исследованию технологических процессов;

• дать теоретические знания в области статистических методов в управлении качеством в условиях развития рыночных форм хозяйствования;

• научить организовывать работу по использованию статистических методов в управлении качеством;

• дать практические рекомендации по оценке состояния технологического процесса;

– сформировать знания и навыки в области статистических методов управления качеством на предприятиях.

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующей компетенции:

**– способностью осознать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использование количественных и качественных методов.**

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

– основы современного управленческого мышления, ориентированного на реализацию концепции управления качеством;

– отечественный и зарубежный опыт в области управления качеством

**уметь:**

– пользоваться нормативной документацией;

– применять философию современного управленческого мышления, ориентированного на реализацию концепции управления качеством

**владеть:**

– знаниями национального и международного опыта в области планирования качества продукции

# 1. ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

## 1.1. Причинно-следственный анализ качества продукции

Для установления и классификации факторов, влияющих на качество изделий, применяют диаграмму «причина-результат», предложенную в 1943 г. японским учёным К. Исикава.

Проведение подобного анализа (мониторинга процессов) позволит выявить наиболее значимые критерии, влияющие на качество, недостаточно отработанные методы («узкие» места), имеющие место в исследуемых процессах и другие показатели, с помощью которых необходимо реально управлять качеством готовой продукции. Непосредственное управление должно заключаться в разработке и внедрении различного рода мероприятий, направленных, в первую очередь, на повышение срока службы и эксплуатационных свойств.

Разработку диаграммы удобно начинать с перечисления всех возможных причин предполагаемых дефектов, рассортированных по следующим категориям:

- 1) причины, обусловленные качеством применяемых материалов ( $K_1$ );
- 2) причины, обусловленные влиянием оборудования и оснастки, используемых в процессе ( $K_2$ );
- 3) причины, обусловленные влиянием технологии изготовления ( $K_3$ );
- 4) причины, обусловленные квалификацией и опытом рабочих, непосредственных исполнителей работ ( $K_4$ ).

Построение диаграммы удобно начинать с определения главных возможных причины (категорий), располагая их, как «притоки», к горизонтальной линии, упирающейся в прямоугольник следствия. Методом «мозгового штурма» устанавливают возможные причины в рамках главных категорий и располагают их как притоки к главным категориям. Анализируют каждую причину, все более и более сосредоточивая внимание на конкретных причинах.

Ниже приведен пример анализа причин качества железобетонных панелей. Перечислим возможные причины и разнесём их по категориям.

### **Категория $K_1$ :**

- а) характеристики вяжущего (цемента), а именно: марка и активность цемента; нормальная густота цементного теста, тонкость помола и т.д.;
- б) характеристики мелкого заполнителя (песка), а именно: зерновой состав, содержание примесей, влажность, пустотность и т.д.;
- в) характеристики крупного заполнителя (керамзитового гравия), а именно: зерновой состав, средняя плотность, марка по прочности, содержание примесей и т.д.;

г) характеристики воды, а именно: содержание примесей, рН, наличие взвешенных частиц и т.д.;

д) характеристики арматуры, а именно: марка стали, качество поверхности и т.д.

**Категория К<sub>2</sub>** – характеристики и исправность оборудования:

- а) бетоносмеситель;
- б) кондукторы;
- в) дозаторы;
- г) щелевая камера;
- д) бетоноукладчик;
- е) виброплощадка.

**Категория К<sub>3</sub>** – параметры и режимы основных технологических операций:

- а) точность дозирования компонентов;
- б) время перемешивания бетонной смеси;
- в) подготовка форм, а именно: чистка и смазка форм;
- г) армирование, а именно: толщина защитного слоя, прочность сварных соединений, надежность и правильность установки арматурных каркасов, закладных деталей и монтажных петель;
- д) формование, а именно: параметры уплотнения бетонной смеси;
- е) время и температура термообработки;
- ж) доводка изделий, а именно: распалубка и отделка изделий.

**Категория К<sub>4</sub>:**

- а) опыт и квалификация рабочего;
- б) организация труда;
- в) организация рабочего места и сосредоточенность рабочего.

Вышеперечисленные причины и их влияние представлены в виде диаграммы, показанной на рис. 1.1.

Представленная диаграмма является универсальной в том плане, что её можно использовать при исследовании любого дефекта панелей. Различие будет заключаться в том, что в каждом конкретном случае основное внимание необходимо уделять главным причинам «отказа», которые могут быть различны в зависимости от характера дефекта.

Основная цель построения диаграммы – выявить, а затем устранить или минимизировать воздействие выявленных причин, что, несомненно, приведёт к повышению качества. Практическое значение диаграммы может быть существенно повышено, если дополнить её матрицей распределения ответственности и необходимых действий, в которой отражается, в какой степени причины конкретной проблемы могут управляться собственником (владельцем) процесса и какие действия необходимо предпринять для исключения проблемы. Применительно к анализируемой диаграмме в работе составлена матрица, представленная в виде табл. 1.1.

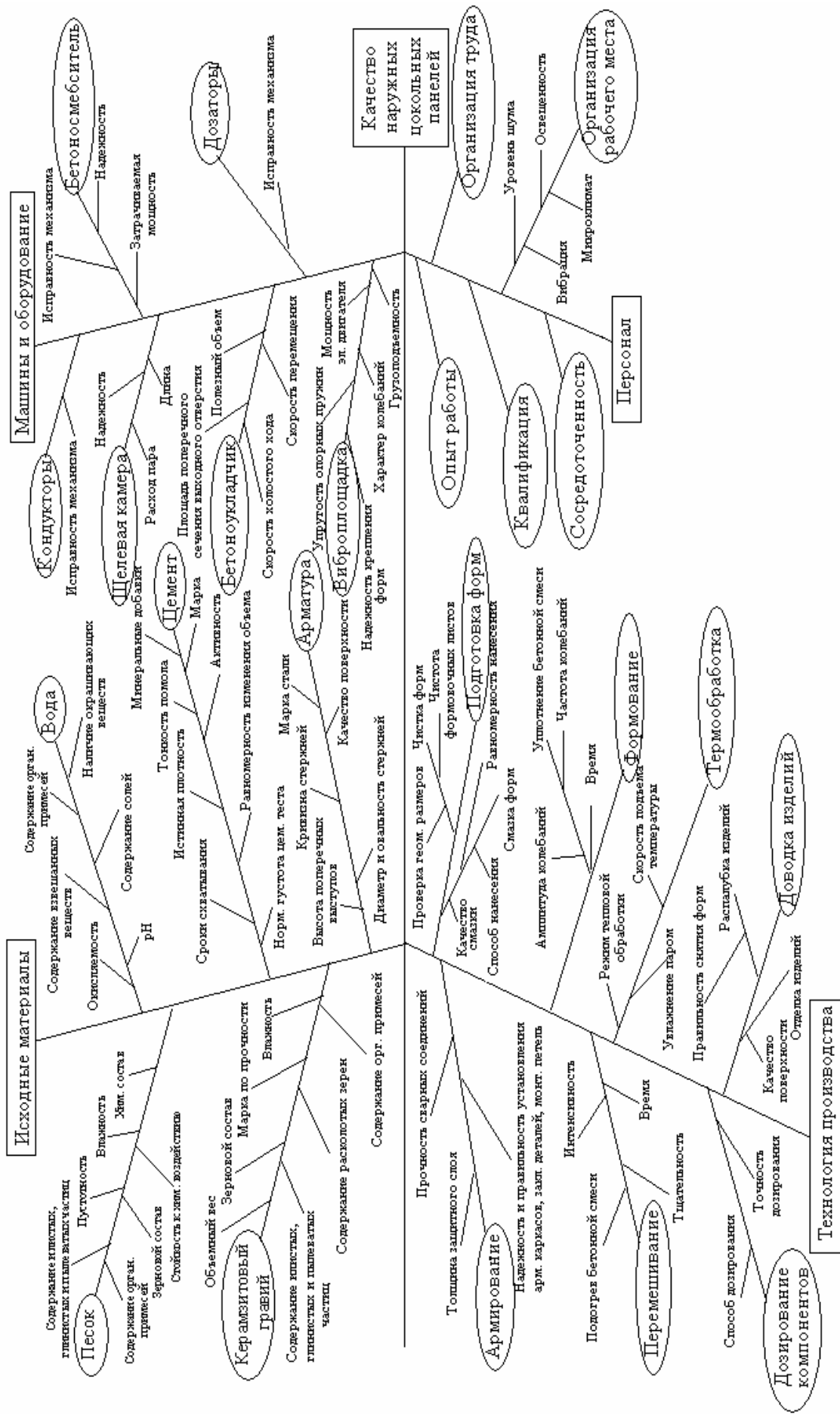


Рис. 1.1. Причинно-следственная диаграмма

Т а б л и ц а 1.1

**Матрица распределения ответственности по устранению причин  
низкого качества наружных цокольных панелей**

Причина	Описание	Владелец	Степень влияния	Необходимые действия
Характеристики исходных материалов	Несоответствие технических характеристик материалов требованиям ГОСТов или потребностям потребителя	Производитель материала	Прямая	Развитие системы контроля качества
		Потребитель материала	Некоторая	Развитие системы контроля качества
Технологическое оснащение	Несоответствие технологического оснащения требованиям технологического процесса	Мастер цеха	Прямая	Контроль за эксплуатацией технологического оснащения, обеспечение рабочих требуемыми инструментами и оснасткой
Характеристики технологических операций	Невыполнение требований документированных процедур	Рабочий	Слабая	Повышение квалификации, понимание методик и инструкций
	Несовершенство методик, инструкций	Технолог	Прямая	Доработка (изменение) методик
Опыт и квалификация исполнителей	Несоответствие сложности работы квалификации исполнителя	Мастер	Прямая	Учёт квалификации рабочего при поручении работ различной сложности
		Рабочий	Некоторая	Повышение квалификации

Таким образом, полезность (ценность) диаграммы определяется тем, что её применение позволяет вовлечь в процесс управления качеством не только научных и инженерных работников, но и непосредственных исполнителей (мастеров, рабочих). Это очень важно, так как привлечение исполнителей, как показывает практика, способствует выявлению многочисленных нюансов, на первый взгляд незначительных, которые в комплексе оказывают большое влияние на результаты работы и устранение которых (или, наоборот, развитие) может дать колоссальный эффект.

Второй вопрос частично решается с помощью матрицы распределения ответственности и необходимых действий (табл.1.1). При решении четвёртого вопроса необходимо применение комплекса методов математической статистики, теории надёжности, планирования эксперимента и пр., что является темой отдельного рассмотрения.



## 1.2. Контрольные листки

Совершенствование качества – это деятельность, основанная на интенсивном использовании информации. Чтобы улучшать что-либо, нам необходима ясная, полезная информация о проблемах и их причинах. Во многих случаях отсутствие соответствующей информации – главная причина того, почему столь долго не решаются проблемы.

Большинство организаций имеют громадные запасы данных и фактов о своей деятельности. Однако когда команда по улучшению качества приступает к работе над некоторым проектом, часто обнаруживается, что нужная для этой работы информация отсутствует. Для разрешения этого парадокса нам необходимо понять некоторые принципиальные различия между данными и информацией:

- данные – это факты;
- информация – это ответы на вопросы;
- информация включает в себя данные;
- данные не обязательно включают в себя информацию.

Методы сбора данных могут помочь исключить из процесса совершенствования работы, основанные на догадках.

Команда по совершенствованию качества ищет ответы на вопросы: «Как часто возникает проблема?» или «Что вызывает проблему?». Другими словами, она ищет информацию. Но, если хорошая информация всегда основана на данных (фактах), то просто сбор данных не обязательно гарантирует, что команда будет иметь полезную информацию. Данные могут быть несоответствующими или достаточно специфичными для ответа на рассматриваемый вопрос.

Поэтому ключевой проблемой является не «Как нам собрать данные?», а скорее «Как нам генерировать полезную информацию?». Модель генерации полезной информации представлена на рис. 1.2. Генерация информации начинается и заканчивается вопросами. Чтобы генерировать информацию, необходимо:

- точно сформулировать вопрос, на который мы пытаемся ответить;
- собрать данные и факты, относящиеся к этому вопросу;
- проанализировать данные, чтобы определить фактический ответ на данный вопрос;
- представить данные таким способом, который ясно излагает ответ на данный вопрос.

Научиться задавать правильные вопросы – это ключевое в искусстве эффективного сбора данных. Точные данные, собранные с помощью тщательно разработанного статистического выборочного плана, бесполезны, если они не относятся именно к тому вопросу, который рассматривается.

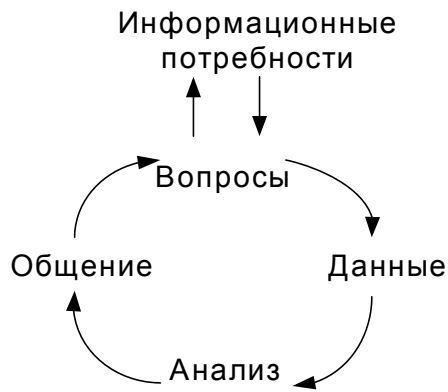


Рис. 1.2. Модель генерации полезной информации

### *Планирование сбора данных*

Для сбора качественных данных мы должны определить:

- на какой вопрос нам необходимо ответить?
- как мы собираемся осознавать и сообщать ответы на вопросы?
- какой из инструментов анализа данных (диаграммы Парето, гистограммы, столбиковые диаграммы и т.д.) мы используем для визуализации, и как мы будем передавать результаты?
- какой тип данных нам необходим для построения этого инструмента и ответа на вопросы?
  - в каком месте процесса мы можем получить эти данные?
  - кто в этом процессе может дать нам эти данные/
  - как мы можем собрать эти данные с минимальными усилиями и минимальными шансами на ошибки?
  - какую дополнительную информацию мы должны собрать для дальнейшего анализа, ссылок и прослеживаемости?

Процесс планирования существенно возвращается к модели рис. 1.2. Мы начинаем с вопроса. Затем, не вдаваясь в детали сбора данных, мы рассматриваем, как можем передавать ответ на вопрос и какого типа анализ нам надо выполнить. Это помогает нам определить, что нам нужно от данных, и проясняет, какие черты данных наиболее важны. С этим пониманием в качестве фундамента мы можем более согласованно иметь дело с «где, кто, как и что еще» проблемами сбора данных. Конечно, как и для большинства планируемых процессов, может понадобиться несколько итераций, чтобы завершить построение хорошей системы сбора данных. Например, дискуссия о том, в каком месте процесса надо собирать данные, может потребовать возврата назад и переформулировки вопроса более тщательно.

### *Типы форм для сбора данных*

Обычно для сбора данных командами по совершенствованию качества используется три типа форм: контрольные листки, бланки (для регистрации данных) и проверочные списки. Несмотря на то, что эти формы

совершенно различны, схожесть в их названиях (по-английски) часто приводит к конфузам.

**Контрольный листок** – это простая форма для записи данных – разработана специально для легкой интерпретации содержащихся в ней результатов. Пример простого контрольного листка для записи температуры некоторого производственного процесса демонстрирует рис.1.3. Форма была разработана так, чтобы позволить оператору вводить значения температур на температурной сетке в зависимости от времени. Благодаря этому, форма делает больше, чем просто обеспечивает запись данных – она позволяет одновременно анализировать тенденции, присущие данным.

**Бланки** также используются для сбора данных. В отличие от контрольных листков, здесь данные записываются просто в таблицу или в столбик.

**Проверочный список** содержит пункты, важные или относящиеся к конкретной проблеме или ситуации. Проверочные списки используются в рабочих условиях, чтобы гарантировать, что все важные шаги или действия предприняты.

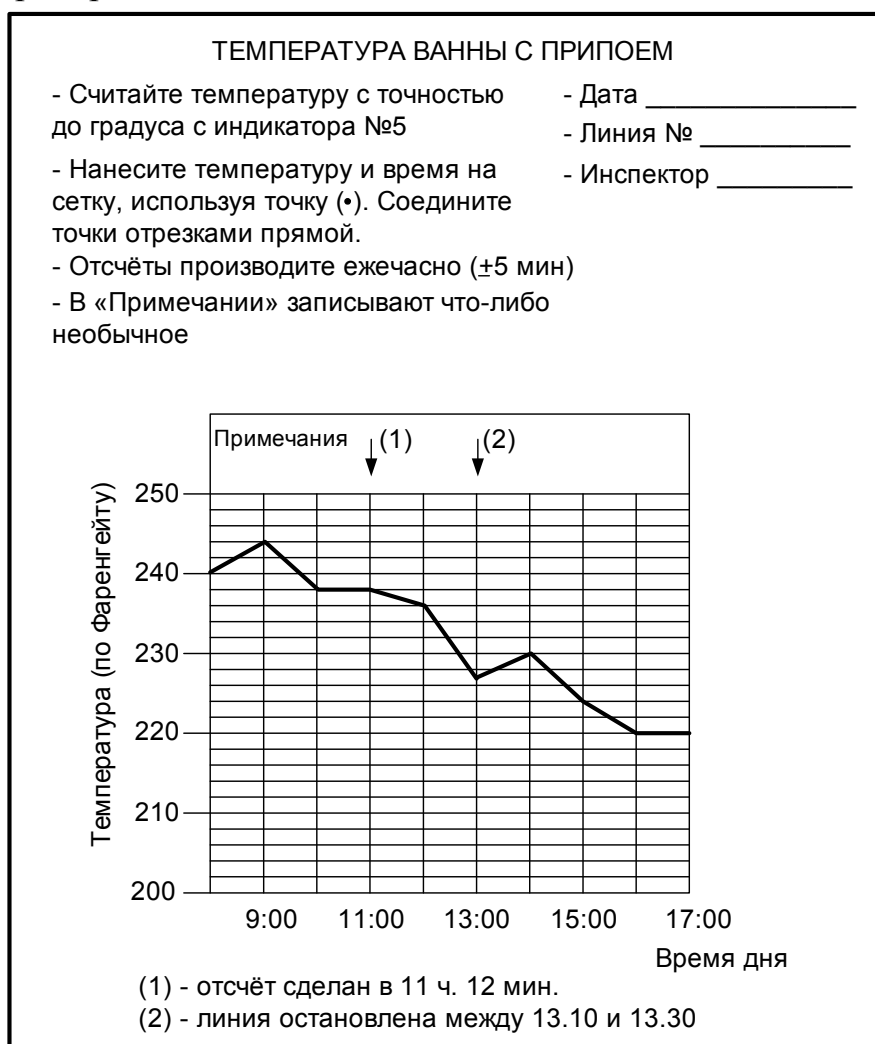


Рис. 1.3. Контрольный листок фиксации температуры

Ниже приведены сведения о применении контрольных листов при оценке качества процесса получения лакокрасочных покрытий. Для получения информации по рассматриваемой проблеме можно предложить контрольный листок, представленный на рис.1.4. Для понятности и упрощения процесса сбора данных контрольный листок содержит только «первичные» показатели (которые нельзя или нецелесообразно вычислять по другим показателям). Такие показатели, как, например, адгезия, внутренние напряжения, отношения КТЛР и КВЛР, толщина контактного слоя могут быть вычислены по «первичным» показателям на этапе обработки данных.

<b>Контрольный листок учета показателей процесса формирования лакокрасочного покрытия</b>								
Дата _____								
Исполнитель _____ Мастер _____								
Наименование и местонахождение объекта _____								
<b>Марка краски</b> _____								
Характеристики подложки:								
Материал		Шероховатость		Влажность		Пористость		Доп. обработка
Метод нанесения _____								
Распылитель				Кисть			Валик	
марка	срок экспл.	давление воздуха	диаметр сопл	толщина штриха	материал	срок экспл.	материал	срок экспл.
Расстояние до поверхности (для распылителя) _____								
Количество слоёв _____								
Климатические факторы в процессе нанесения:								
температура			влажность		направление и сила ветра			
Характер местности _____								
Высота над землёй _____								
Прочие факторы _____								
_____								
Подпись исполнителя _____ Подпись мастера _____								

Рис.1.4. Контрольный листок

Полученная таким образом информация (без особых затрат) должна стать ценным статистическим материалом для проведения исследований в рассматриваемой области (выявление корреляционных зависимостей факторов, построение математических моделей и т.д.), результаты которых будут являться основанием для разработки и внедрения мероприятий, направленных на повышение качества защитно-декоративных свойств покрытий и процессов их создания.

Контрольный листок заполняется исполнителем при участии мастера и хранится в установленном порядке.

### 1.3. Диаграмма рассеяния

Часто случаются ситуации, когда есть данные, которые могут быть соотнесены с некоторыми характеристиками продукции или другими данными. Эти данные могут относиться к процессу производства, обслуживанию или административным источникам. Например, мы хотим узнать, можно ли по толщине картона предсказать его способность противостоять проколам при использовании или влияет ли накопившаяся невыполненная работа на число ошибок при вводе данных в компьютер. Подобные связи могут быть оценены без математики с помощью диаграмм рассеяния. На графике каждая ось используется для одного из двух наборов сравниваемых данных. Ось  $y$  обычно резервируют для той характеристики, которую мы хотели бы предсказать, например, для прочности картона на разрыв или для числа ошибок. Ось  $x$  – для той переменной, которую мы используем для предсказания, например, толщина картона или объем накопившейся невыполненной работы

На рис. 1.5 представлен пример диаграммы рассеяния значения двух взаимозависимых показателей свойств строительных материалов: открытой пористости и плотности образцов.

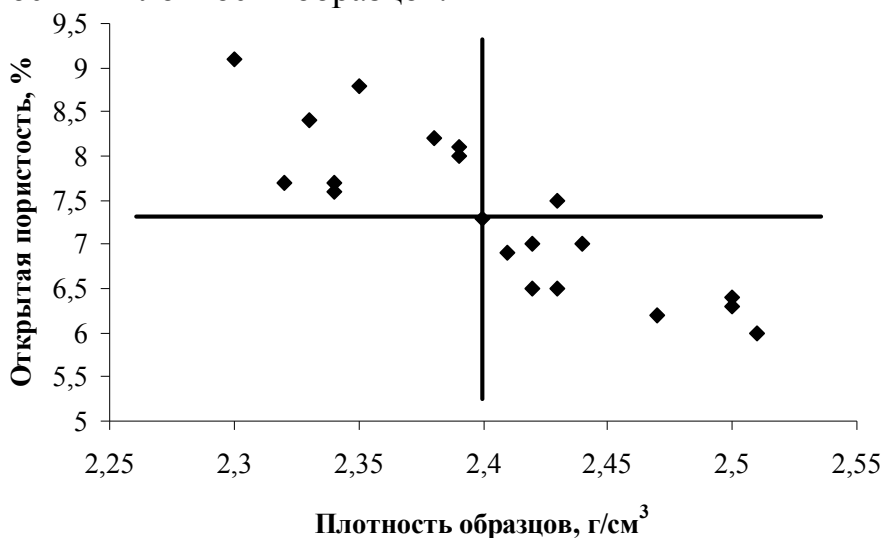


Рис. 1.5. Диаграмма рассеяния

Диаграмма рассеяния также может быть использована для количественной оценки связи между сравниваемыми показателями. В этом случае необходимо использовать методы корреляционного и регрессионного анализа.

Так же, как и любой другой из инструментов статистического управления процессами, диаграмма рассеяния – это очень мощное оружие, которое, однако может быть неправильно использовано. Диаграмма может быть оценена теми, кто многое знает о продукции или о процессе, например, операторами, инженерами, контролерами и обслуживающим персоналом.

#### 1.4. Статистические характеристики выборки

В процессе производства невозможно точно соблюсти заданную величину признака, характеризующего качество изделия. Качество сырья, настройка станков и другие существенные для производства показатели подвержены случайным колебаниям, которые в конечном счете влияют на качество изделий, а это в свою очередь вызывает рассеяние значений признака. Если признак, характеризующий качество изделий, хотят оценивать численно, то нельзя ограничиваться измерением только одного изделия. Необходимо произвести измерения либо всех изделий данной серии, всей партии, либо выборки из нее. Но простой перечень полученных при измерениях значений еще не отражает результатов проверки или исследования. Имеются две важнейшие характеристики, которые отражают результат исследования: одна из них описывает среднее положение наблюдаемых значений, а другая – отклонения единичных значений от средней. Если в результате  $n$  измерений получены значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , то средняя арифметическая величина

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i. \quad (1.1)$$

Другая статистическая характеристика ряда наблюдаемых значений показывает, как тесно группируются отдельные значения вокруг средней арифметической или как они рассеиваются вокруг этой средней. За меру рассеяния принимают сумму квадратов отклонений отдельных значений от средней арифметической, деленную на количество наблюдений. Эту меру называют дисперсией и обозначают через  $s^2$ :

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2. \quad (1.2)$$

Вместо дисперсии  $s^2$  часто применяют среднее квадратическое отклонение  $s$ . Оно имеет ту же размерность, что и средняя арифметическая  $\bar{x}$ :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1.3)$$

Следует различать среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности  $\sigma$  и среднее квадратическое отклонение выборки или эмпирического ряда наблюдений  $s$ .

Численное значение выборочного среднего квадратического отклонения в среднем меньше, чем значение среднего квадратического отклонения генеральной совокупности, из которой взята эта выборка. Если  $n$  – объем выборки, то

$$\sigma^2 = \frac{n}{n-1} s^2. \quad (1.4)$$

Поэтому выборочную дисперсию вычисляют по формуле

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2. \quad (1.5)$$

При определении среднего квадратического отклонения эмпирического ряда не имеет большого значения тот факт, делят ли сумму квадратов отклонений на  $n$  или  $n - 1$ . Величина среднего квадратического отклонения зависит в основном не от коэффициентов  $\frac{1}{n}$  или  $\frac{1}{n-1}$ , а от точности измерений.

**Медиана**  $\tilde{x}$ . Если  $n$  значений измеряемой величины расположить в порядке их возрастания, то измеренное значение, находящееся в самом центре, называют медианой  $\tilde{x}$  (читается «икс-медиана»).

В том случае, когда  $n$  является нечетным числом, медианой будет значение, которое находится точно на  $\frac{1}{2}(n+1)$  месте от любого крайнего значения.

Если же  $n$  является четным числом, то медианой будет значение, являющееся средним арифметическим из двух соседних значений, находящихся в центре последовательности и занимающих соответственно  $\frac{1}{2}n$  место как со стороны малых, так и со стороны больших значений измеряемой величины.

Для характеристики разброса результатов вместо среднего квадратического отклонения используется легко вычисляемая мера рассеяния – размах  $R$ , т.е. разность между наибольшим и наименьшим значениями ряда наблюдений

$$R = x_{\max} - x_{\min}. \quad (1.6)$$

Отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах, называется коэффициентом вариации  $v$ :

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (1.7)$$

Коэффициент вариации показывает относительное колебание отдельных значений около средней арифметической. Дисперсия больших чисел будет больше дисперсии малых чисел. Коэффициент вариации исключает влияние значения величины.

Для оценки математического ожидания  $a$  нормально распределенного количества признака  $X$  по выборочной средней  $\bar{x}_b$  при известном среднеквадратическом отклонении  $\sigma$  генеральной совокупности служит доверительный интервал

$$\bar{x}_b - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_b + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1.8)$$

где  $t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \delta$  – точность оценки;

$n$  – объем выборки;

$t$  – такое значение аргумента функции Лапласа  $\Phi(t)$  (см. табл. 1.2), при котором  $\Phi(t) = \gamma/2$ .

При неизвестном  $\sigma$  (и объеме выборки  $n > 30$ )

$$\bar{x}_b - t_\gamma \frac{s}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_b + t_\gamma \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (1.9)$$

где  $s$  – исправленное среднее квадратическое отклонение;

$t_\gamma$  – находят по таблице по заданным  $n$  и  $\gamma$  (табл. 1.2).

Т а б л и ц а 1 . 2

Таблица значений  $t_\gamma = t(\gamma, n)$

$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999	$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999
5	2,78	4,60	8,61	20	2,093	2,861	3,883
6	2,57	4,03	6,86	25	2,064	2,797	3,745
7	2,45	3,71	5,96	30	2,045	2,756	3,659
8	2,37	3,50	5,41	35	2,032	2,729	3,600
9	2,31	3,36	5,04	40	2,023	2,708	3,558
10	2,26	3,25	4,78	45	2,016	2,692	3,527
11	2,23	3,17	4,59	50	2,009	2,679	3,502
12	2,20	3,11	4,44	60	2,001	2,662	3,464
13	2,18	3,06	4,32	70	1,996	2,649	3,439
14	2,16	3,01	4,22	80	1,991	2,640	3,418
15	2,15	2,98	4,14	90	1,987	2,633	3,403
16	2,13	2,95	4,07	100	1,984	2,627	3,392
17	2,12	2,92	4,02	120	1,980	2,617	3,374
18	2,11	2,90	3,97	$\infty$	1,960	2,576	3,291
19	2,10	2,88	3,92				



## 1.5. Полигон и гистограмма

Для наглядности при анализе результатов строят различные графики статистического распределения, в частности, полигон и гистограмму.

*Полигоном частот* называют ломаную, отрезки которой соединяют точки  $(x_1; n_1), (x_2; n_2), \dots, (x_k; n_k)$ . Для построения полигона частот на оси абсцисс откладывают варианты  $x_i$ , а на оси ординат – соответствующие им частоты  $n_i$ . Точки  $(x_i; n_i)$  соединяют отрезками прямых и получают полигон частот.

*Полигоном относительных частот* называют ломаную, отрезки которой соединяют точки  $(x_1; W_1), (x_2; W_2), \dots, (x_k; W_k)$ . Для построения полигона относительных частот на оси абсцисс откладывают варианты  $x_i$ , а на оси ординат – соответствующие им относительные частоты  $W_i$ . Точки  $(x_i; W_i)$  соединяют отрезками прямых и получают полигон относительных частот.

На рис. 1.6 изображен полигон относительных частот следующего распределения:

$x$	1,5	3,5	5,5	7,5
$W$	0,1	0,2	0,4	0,3

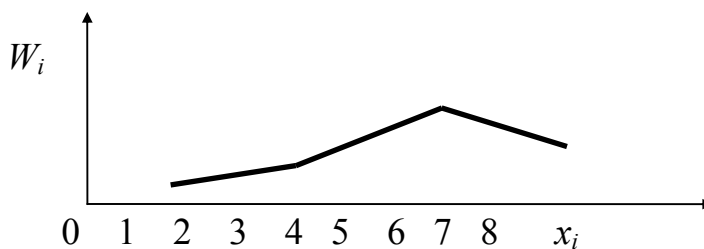


Рис. 1.6. Полигон частот

В случае непрерывного признака целесообразно строить гистограмму, для чего интервал, в котором заключены все наблюдаемые значения признака, разбивают на несколько частичных интервалов длиной  $h$  и находят для каждого частичного интервала  $n_i$  – сумму частот вариант, попавших в  $i$ -й интервал.

*Гистограммой частот* называют ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основаниями которых служат частичные интервалы длиной  $h$ , а высоты равны отношению  $\frac{n_i}{h}$  (плотность частоты).

Для построения гистограммы частот на оси абсцисс откладывают частичные интервалы, а над ними проводят отрезки, параллельные оси абсцисс на расстоянии  $\frac{n_i}{h}$ .

Площадь  $i$ -го частичного прямоугольника равна  $h \frac{n_i}{h} = n_i$  – сумме частот вариант  $i$ -го интервала; следовательно, *площадь гистограммы частот равна сумме всех частот, т.е. объему выборки.*

На рис. 1.7 изображена гистограмма частот распределения объема  $n = 100$ , приведенного в табл. 1.3.

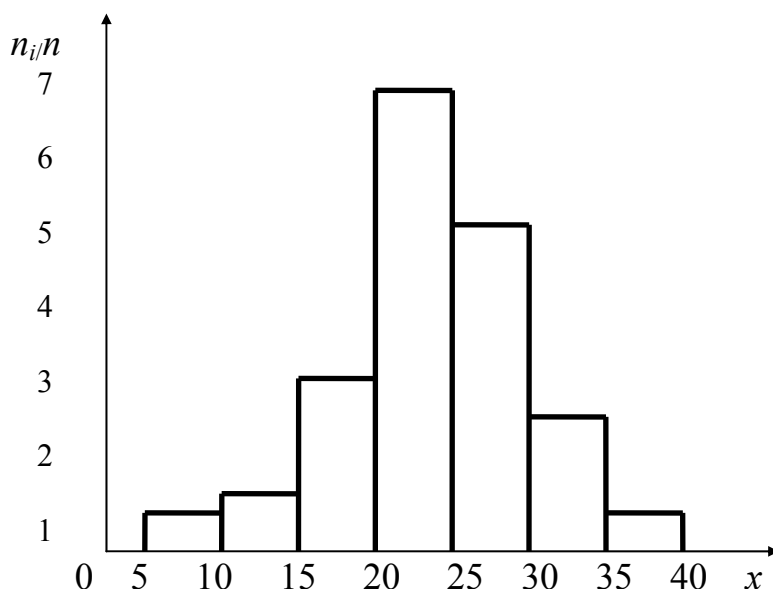


Рис. 1.7. Гистограмма частот

Т а б л и ц а 1.3

Частичный интервал длиной $h = 5$	Сумма частот вариант частичного интервала $n_i$	Плотность частоты $\frac{n_i}{h}$
5-10	4	0,8
10-15	6	1,2
15-20	16	3,2
20-25	36	7,2
25-30	24	4,8
30-35	10	2,0
35-40	4	0,8

Размер *интервала определяют* следующим образом. Результаты измерения располагают в порядке возрастания, т.е. составляют вариационный ряд. Первоначально определяют размах варьирования как разность

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (1.10)$$

где  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения вариационного ряда.

Размах варьирования делят на некоторое число равных интервалов. Число интервалов  $K$  обычно рекомендуется брать в пределах от 8 до 20. Для его определения часто пользуются формулой

$$K < 5 \lg n. \quad (1.11)$$

Тогда ширина интервала

$$h = \frac{R}{K}. \quad (1.12)$$

Границы интервала вычисляют путем последовательного прибавления ширины интервала в нижней границе вариационного ряда по формуле

$$x_{\min} + jh, \quad (1.13)$$

где  $j$  – номер интервала.

Значение нижней границы первого интервала ( $j = 0$ ) из формулы (1.13), равное  $x_{\min}$ , может быть скорректировано в соответствии с корректировкой ширины интервала.

Если изобразить распределение на гистограмме и выяснить, в удовлетворительном ли состоянии находятся партия изделий и технологический процесс, то появится возможность активно разрешать проблемные моменты. Для этой цели, исходя из установленных пределов допуска, всесторонне рассматривают следующие вопросы: какова широта распределения по отношению к широте допуска; каков центр распределения по отношению к центру поля допуска; какова форма распределения. По форме распределения, которая обычно легко вырисовывается, попробуем рассмотреть, какие меры следует принимать в различных случаях.

## 1.6. Кумулятивная кривая

В результате последовательного сложения следующих друг за другом частот получают накопленные абсолютные и относительные частоты, по которым можно судить о том, сколько изделий не превышает определенного значения показателя качества.

График накопленных частот называется кумулятивной кривой (рис. 1.8).

Кумулятивная кривая имеет более плавный характер изменения, чем гистограмма или полигон частот, ибо накопление обычно приводит к сглаживанию. Высота ординаты на границе интервала кумулятивной кривой равна сумме высот всех ординат предшествующих интервалов распределения частот. Высота последней ординаты соответствует объему наблюдений всего ряда, или 100 %.

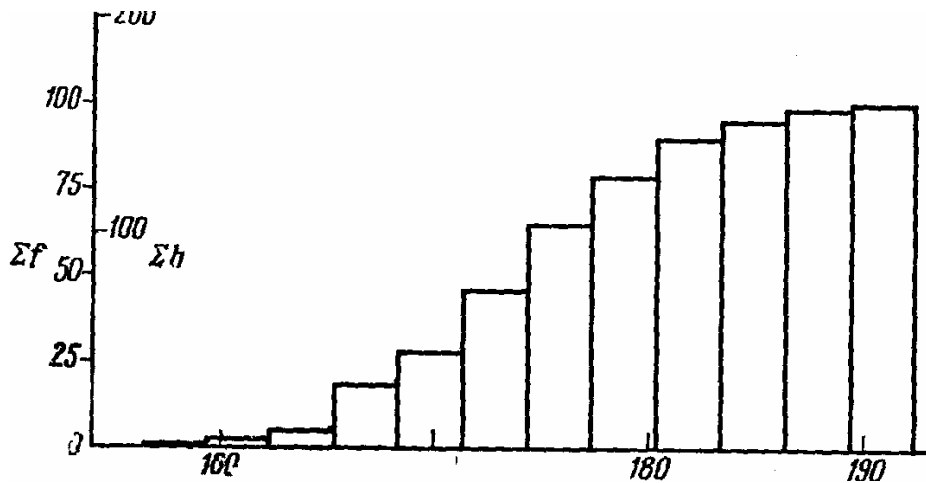


Рис. 1.8. Кумулятивная кривая

## 1.7. Диаграмма Парето

Диаграмма Парето обеспечивает простой графический метод классификации причин от наиболее до наименее важных. Диаграмма Парето основана на принципе Парето, который устанавливает, что из-за небольшого числа причин зачастую возникает большинство последствий. Отделяя наиболее важные причины от менее важных, можно достичь наибольшего улучшения при наименьшем усилии.

Диаграмма Парето показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему. Относительное влияние может быть исследовано на дефектах, потерях, вызванных каждой причиной.

Для показа относительного влияния каждой причины используются столбики, для показа накопительного влияния причин – кумулятивная кривая.

Процедура построения диаграммы Парето заключается в следующем. Выбирают проблему, которую следует упорядочить. В качестве стандартной единицы измерения применяют ежегодные расходы, повторяемость и т.д. Определяют период времени, в течение которого будет проводиться анализ и собирают необходимые данные о появлении каждой причины, например, дефект А появляется десять раз за последние шесть месяцев, дефект В стоил 10 рублей за последние шесть месяцев.

Сравнивают повторяемость или потери по каждой причине относительно всех других причин (например, дефект А появлялся 75 раз, дефект В – 89 раз, дефект С – 50 раз). На графике перечисляют причины слева направо по горизонтальной оси в порядке уменьшения их повторяемости или суммы потерь. Можно объединить категории, включающие наименьшие показатели, в группу «прочие». Помещают эту группу крайней справа как последний столбик в диаграмме. Над каждой группой причин чертят

прямоугольник, высота которого представляет собой повторяемость или потери по этой группе. Если наносить частоту появления событий на левую вертикальную ось, а их процентное выражение на правую вертикальную ось, то необходимо удостовериться, что две оси вычерчены в одинаковом масштабе. Например, 100 % должны находиться напротив максимальной суммы повторяемости или потерь, 50 % – напротив средней точки исходных данных. Если прочертите линию от верхней части самого высокого столбика, двигаясь слева направо, то получите кумулятивную сумму повторяемости категорий. Ниже приведен пример построения диаграммы Парето по данным, полученных в результате обследования жилых 5-этажных домов, которые расположены согласно ГОСТ 9.039-74 «Коррозионная агрессивность среды» в климатическом районе IV (умеренно-холодном). Фасады были окрашены известковой и цементноперхлорвиниловой ЦПХВ красками. Красочные составы были нанесены на штукатурку толщиной 1,5-2 см. При осмотре окрашенной поверхности были зафиксированы следующие виды дефектов: растрескивание, отслаивание, выветривание, грязеудержание покрытий, мокрые пятна, разнотонность. Наименование видов дефектов и число их появлений для известкового и ЦПХВ покрытий после различных сроков эксплуатации приведены в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Виды и количество дефектов защитно-декоративных покрытий

№ дефекта	Наименование дефекта	Число появлений дефектов		
		известковое покрытие, 1 год эксплуатации	известковое покрытие, 5 лет эксплуатации	ЦПХВ покрытие, 5 лет эксплуатации
1	Трещина по покрытию вдоль вертикального стыка по торцу здания	80	100	100
2	Отслаивание покрытий по торцам ограждающих панелей лоджий	21	100	80
3	Отслаивание покрытий у основания металлических козырьков подъездов	13	84	80
4	Отслаивание покрытий на фасаде	3	72	35
5	Разнотонность окраски	2	31	30
6	Мокрые пятна у нижнего стыка балконов с панелями	-	26	30
7	Выветривание окраски	-	25	-
8	Прочие	11	12	25

Диаграммы Парето по всем видам дефектов для известкового их ЦПХВ покрытий приведены на рис. 1.9-1.10.

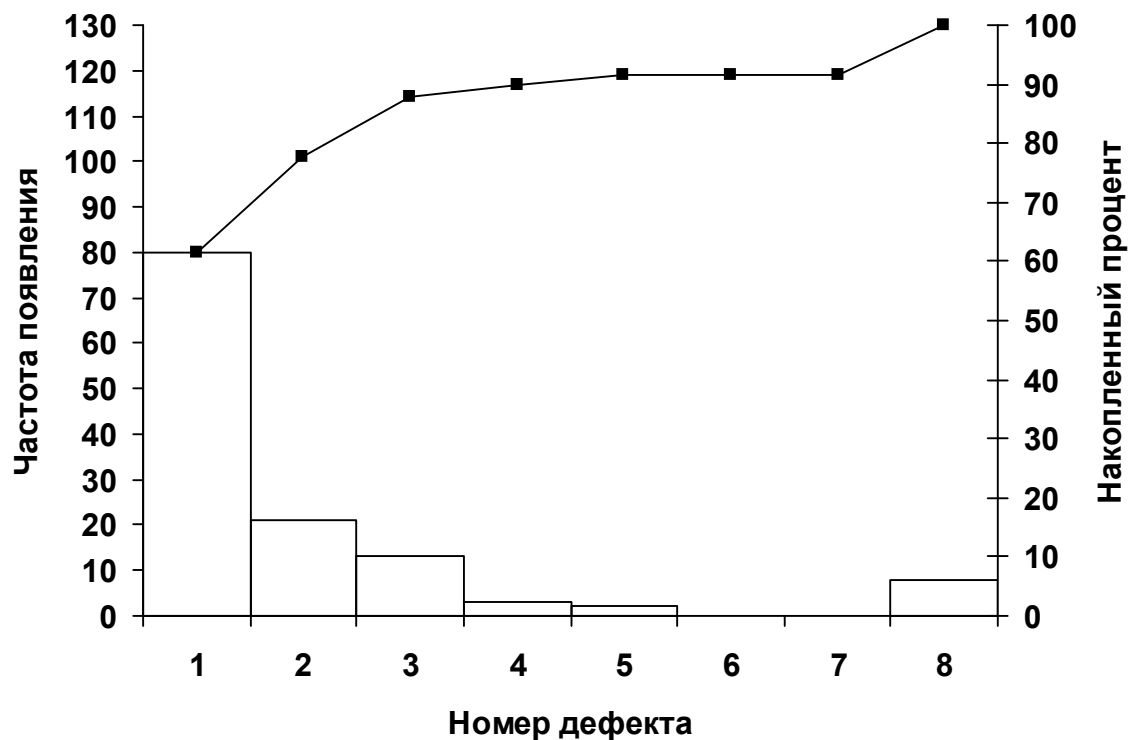


Рис.1.9. Диаграмма Парето для известкового покрытия (1 год эксплуатации)

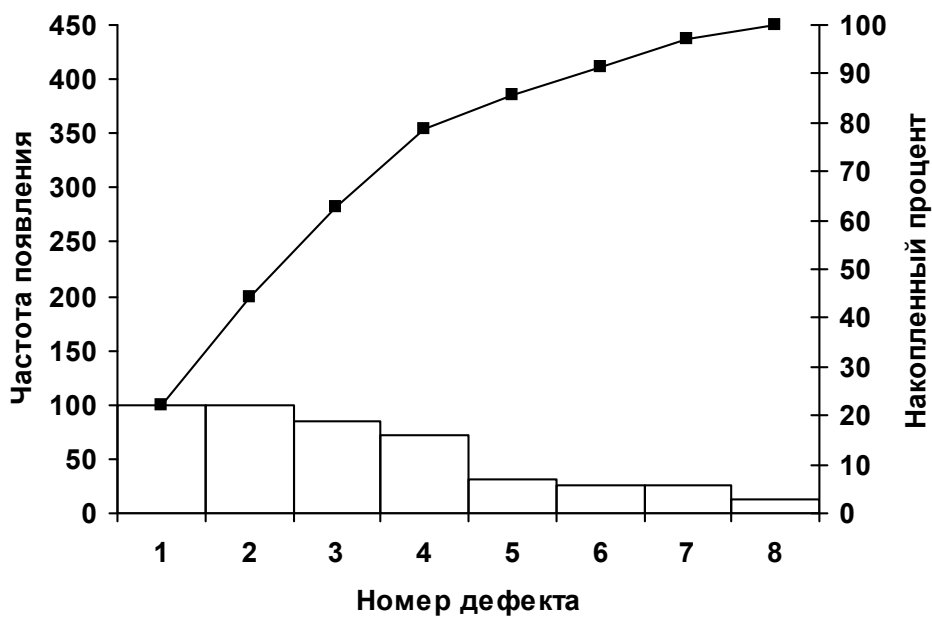


Рис.1.10. Диаграмма Парето для известкового покрытия (5 лет эксплуатации)

Анализ результатов обследования свидетельствует, что список дефектов покрытий, составляющих 80 % куммулятивной кривой, состоит в основном из трещин вдоль вертикального стыка по торцу здания, разнотонности окраски, отслаивания и остается постоянным для обоих покрытий. Это позволяет считать их источником «отказа» независимо от вида покрытий. При этом такой дефект как трещины по покрытию вдоль вертикального стыка панелей идет в диаграмме Парето на первом месте и составляет 22,6-66,6 % от общего числа дефектов в зависимости от вида покрытия и срока эксплуатации.

По мере старения покрытий наблюдается изменение удельного веса приоритетных дефектов, оказывающих влияние на качество их внешнего вида, а также появление новых видов дефектов. Так, спустя 3 года эксплуатации известкового покрытия наблюдается появление таких дефектов, как отслаивание покрытий у основания металлических козырьков подъезда и по торцам ограждающих панелей лоджий., суммарный удельный вес которых составляет 41,4 %. В число приоритетных дефектов спустя 5 лет эксплуатации входят трещины по покрытию вдоль вертикального стыка по торцу здания, отслаивание покрытия, разнотонность окраски. Аналогичный список дефектов характерен и для ЦПХВ покрытия. Из этого следует, что при окраске панелей необходимо в первую очередь уделять внимание качеству подготовки поверхности. Так, например, разнотонность покрытия обусловлена различной всасывающей способностью подложки, т.е. при нанесении краски была нарушена технология производства малярных работ (не качественно произведено грунтование поверхности, нанесен выравнивающий слой различной толщины и т.д.). Появление загрязнений покрытий, влажных пятен связано большей частью с несовершенством конструкций оконных сливов, козырьков подъездов. В этих местах уже на второй год эксплуатации возникают трещины, отслоение покрытий. Таким образом, в подготовке поверхности перед нанесением красочного состава, совершенствовании конструктивных элементов здания заложены резервы повышения срока службы защитно-декоративных покрытий.

## 2. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

### 2.1. Классификация видов контроля

Контроль качества изделий должен осуществляться лабораторией и отделом технического контроля (ОТК) предприятия.

На рис. 2.1 представлена классификация видов контроля. В зависимости от объекта контроля может быть контроль продукции, услуг, систем качества (производств) и персонала. Все объекты контролируются на соответствие требованиям норм, установленным на сырье, материалы, изделия, оборудование и инструмент. Одной из важнейших характеристик объектов контроля является их контролепригодность, т.е. свойство конструкции изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность её контроля при изготовлении, испытании, техническом обслуживании и ремонте.

В зависимости от контролируемого производственного этапа различают входной, технологический и приемочный контроль качества готовых изделий, в том числе с использованием неразрушающих методов.

Контроль после какой-либо операции на станке, прессе, сборке называется операционным. После изготовления готовой детали, узла или изделия применяют приемочный контроль; проводится контроль комплектности упаковки и транспортирования и, наконец, контроль хранения. Какие параметры подлежат контролю и каким инструментом или прибором контролируется объект при операционном контроле, регламентируется картой технологического процесса в графе «контрольная операция». Приемочный контроль проводят по стандартам, общим техническим условиям и соответствующим техническим условиям. Проверка соответствия характеристик, режимов и других показателей названных стадий производства и составляет суть контролируемых операций.

Контроль объектов или стадий процесса производства может быть: *летучим* – срок проведения его не регламентирован; *периодическим* – проводится через определенный промежуток времени (часы, сутки, месяцы); *непрерывным* – ведется непрерывно (постоянно). В зависимости от средств контроля различают контроль: *визуальный*, когда объект контроля подвергается осмотру и определяется его соответствие требованиям НТД (все ли операции выполнены, наличие маркировки, сопроводительной документации); *органолептический* – субъективный метод контроля, проводимый специалистами-экспертами (оценка в баллах); *инструментальный* – контроль, осуществляемый при помощи измерительного инструмента, калибров, приборов, стендов, испытательных машин и др. Последний вид контроля может быть ручным, автоматизированным и автоматическим. При ручном контроле используется ручной измерительный инструмент (штангенциркули,



микрометры, калибры, скобы, индикаторы и т.д.) для проверки деталей и изделий. Данный контроль весьма субъективен: даже при сплошном контроле вручную обнаруживается лишь 2–4 % дефектных деталей. Автоматизированный контроль связан с использованием специальных средств, позволяющих исключить субъективизм при измерении. Наиболее прогрессивным является автоматический контроль, т.е. при изготовлении деталей и узлов встраиваются автоматические средства контроля, с помощью которых осуществляют непрерывный контроль. Этот вид контроля широко применяется при производстве подшипников качения.

В зависимости от объёма продукции различают контроль: *сплошной*, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам проверки каждой единицы продукции; *выборочный*, при котором решение о качестве принимается по результатам проверки одной или нескольких выборок (в зависимости от требований НТД) из партии или потока продукции.

По характеру воздействия на ход производственного процесса различают активный и пассивный контроль. При *активном* контроле (он осуществляется приборами, встроенными в технологическое оборудование) полученные результаты используются для непрерывного управления процессом изготовления изделий. *Пассивный* контроль лишь фиксирует полученный результат.

По характеру воздействия на объект контроль может быть *разрушающим*, при котором продукция становится непригодной для дальнейшего использования по назначению, и *неразрушающим*.

По типу проверяемых параметров выделяют контроль *геометрических параметров* (линейные, угловые размеры, форма и расположение поверхностей, осей, деталей, узлов и агрегатов и т.д.), *физических свойств* (электрических, теплотехнических, оптических и др.), *механических свойств* (прочность, твердость, пластичность при различных внешних условиях); *микро- и макро-структур* (металлографические исследования); *химических свойств* (химический анализ состава вещества, химическая стойкость в различных средах), а также *специальный контроль* (свето-, газонепроницаемость, герметичность).

Процесс контроля при сертификации является организованной системой. Ему присущи определенные признаки, характеризующие его целевую направленность, назначение и содержание. Основными элементами процесса контроля являются объект, метод и исполнитель контроля, а также нормативно-техническая документация по контролю.

В табл. 2.1 приведена систематизация видов контроля по основным признакам.

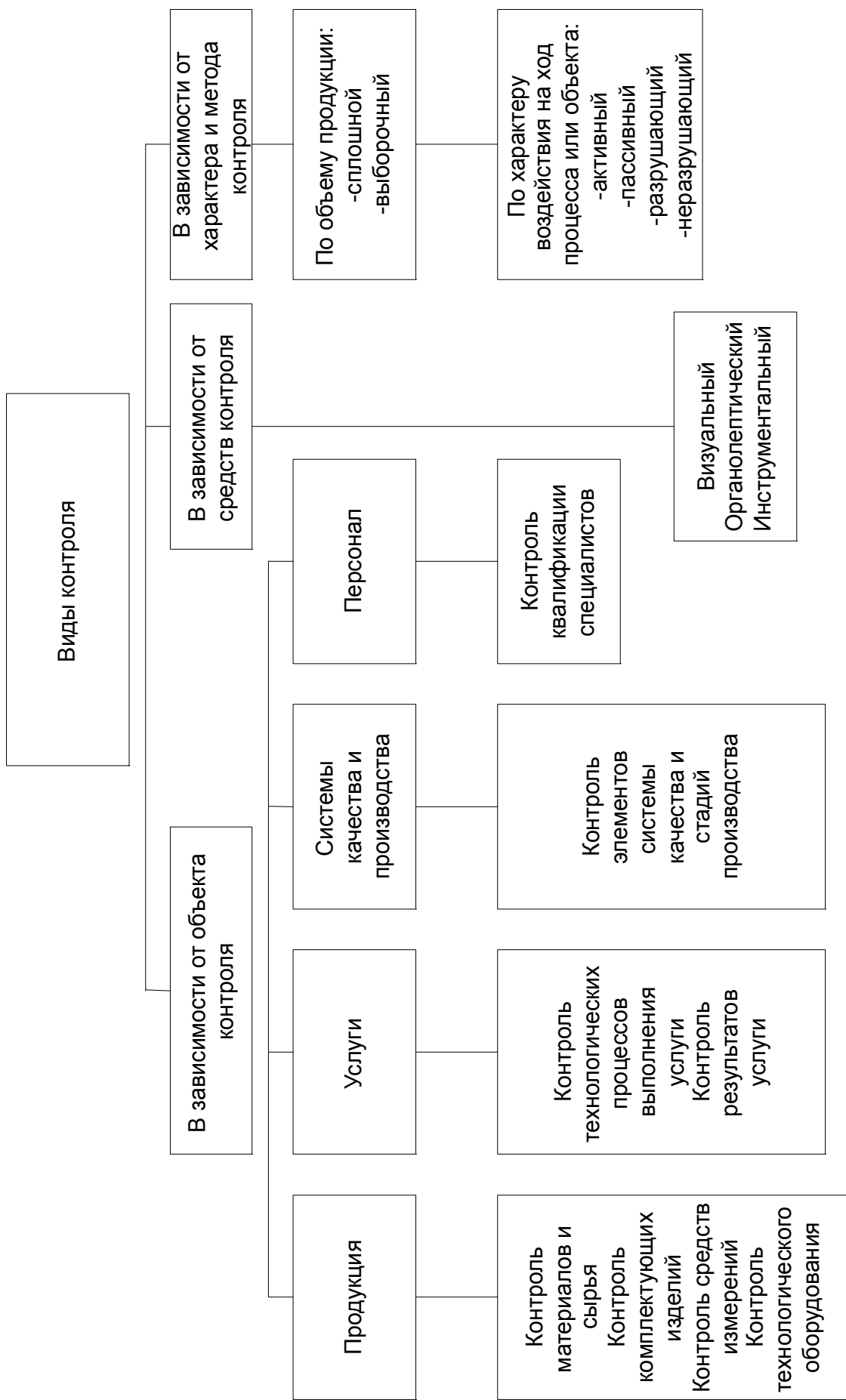


Рис. 2.1. Виды контроля

Т а б л и ц а 2.1

Систематизация видов контроля по основным признакам

Признак вида контроля	Вид контроля
Стадия создания и существования продукции	Производственный Эксплуатационный
Этап процесса производства	Входной Операционный Приемочный Инспекционный
Полнота охвата контролем	Сплошной Выборочный Летучий Непрерывный Периодический
Влияние на объект контроля	Разрушающий Неразрушающий
Применение средств контроля	Измерительный Регистрационный Органолептический Визуальный Технический осмотр

## 2.2. Входной контроль

Входной контроль заключается в проверке соответствия поступающих материалов и изделий установленным требованиям. Например, отдел технического контроля (ОТК) предприятий сборного железобетона проверяет качество исходных материалов: заполнителей и вяжущих для бетона, арматурной стали, закладных и комплектующих деталей, облицовочных, отделочных и других материалов, поступивших от других предприятий.

При входном контроле качества цемента и заполнителей в целях регулирования состава бетона и обеспечения требуемых показателей качества изделий следует для каждой поступившей партии проверить активность цемента при пропаривании, нормальную густоту и сроки схватывания, зерновой состав и загрязненность плотных заполнителей, насыпную плотность, зерновой состав и прочность пористых заполнителей.

Показатели качества поступающих материалов и изделий при входном контроле следует устанавливать на основе паспортов (документов о качестве) или сертификатов, а также контрольных испытаний, вид и периодичность которых устанавливаются в стандартах организации на управление качеством или технологических картах производства.

В процессе входного контроля проводятся необходимые испытания материалов и полуфабрикатов и определяется соответствие показателей их качества требованиям стандартов.

Порядок проведения входного контроля устанавливается технологическими документами предприятия. Примерная нормативная обеспеченность входного контроля силикатного кирпича приведена в табл. 2.2. Примерная нормативная обеспеченность входного контроля ребристых железобетонных плит покрытия приведена в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.2

## Нормативная обеспеченность входного контроля кирпича силикатного

Наименование показателей	Нормативная документация	Методы испытаний	Оборудование, средства измерений	Значение контролируемого параметра
1	2	3	4	5
Известь	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение суммарного содержания активных окислов кальция и магния в кальциевой извести	Соляная кислота, дистиллированная вода, титр, коническая колба, метиловый оранжевый индикатор, фенолфталеин	Не более, %: активная окись кальция $\pm 0,4$ активная окись магния $\pm 0,3$
	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение содержания гидратной воды и $\text{CO}_2$ в извести весовым методом	Фарфоровый тигель, муфельная печь, эксикатор	Не более 5
	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение содержания не погасившихся зерен	Металлический сосуд цилиндрической формы, сито с сеткой №063, стеклянная палочка с резиновым наконечником	Не более 20
	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение влажности гидратной извести	Бюкс с крышкой, сушильный шкаф, эксикатор	Не более 2
	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение температуры и времени гашения извести	Бытовой термос, деревянная отполированная палочка, термометр	
	ГОСТ 22688-77 Известь строительная. Методы испытания	Определение равномерности изменения объема извести	Прибор Вика с иглой и пестиком, кольцо к прибору Вика, мешалка, ванна с гидравлическим затвором, бачок, решетка для паривания	Известь считается соответствующей требованиям равномерности изменения объема, если на поверхности лепешек не обнаружится радиальных трещин, доходящих до краев

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
<p>Вода</p>	<p>ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка ГОСТ 4389-72 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов ГОСТ 4245-72 Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов</p>	<p>Испытание по определению содержания растворимых солей, ионов <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, <math>\text{Cl}^-</math> и взвешенных частиц</p>	<p>Шкаф сушильный с терморегулятором, баня водяная, колбы мерные 250 и 500 <math>\text{cm}^3</math>, пипетки без деления 25 <math>\text{cm}^3</math> чашка выпарительная 500-100 <math>\text{cm}^3</math> натрий углекислый безводный, вода дистиллированная, натрий углекислый <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>. Баня водяная, электроплитка, печь муфельная (800 °С), щипцы, фотоэлектроколориметр, экскалатор, пипетки 50 и 100 <math>\text{cm}^3</math> без делений, пипетки 5 и 10 <math>\text{cm}^3</math> с делениями на 0,1 <math>\text{cm}^3</math> цилиндры мерные 10 <math>\text{cm}^3</math> колбы мерные вместимостью 250,500 и 1000 <math>\text{cm}^3</math> стаканы химические вместимостью 250, 400 и 600 <math>\text{cm}^3</math>. Пипетки 100,50 и 10 <math>\text{cm}^3</math> без делений; пипетка 1 <math>\text{cm}^3</math> с делением через 0,01 <math>\text{cm}^3</math>; цилиндр мерный 100 <math>\text{cm}^3</math>; колбы конические, вместимостью 250 <math>\text{cm}^3</math> пробирки колориметрические с отметкой на 5 <math>\text{cm}^3</math> воронки стеклянные, серебро азотнокислосое, натрий хлористый, квасцы алюмокалиевые (алюминий-калий сернокислый), калий хромово-вокислый, аммиак водный, 25 %-й раствор, вода дистиллированная</p>	<p>Максимальное допустимое содержание веществ, мг/л: растворимых солей – 5000, ионов <math>\text{SO}_4^{2-}</math> – 2700, ионов <math>\text{Cl}^-</math> – 1200, взвешенных частиц – 1200</p>
<p>Песок</p>	<p>ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний</p>	<p>Испытание по определению содержания пылевидных и глинистых частиц</p>	<p>Весы, шкаф сушильный, цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном или сосуд для отмучивания песка, секундомер</p>	<p>Не более 3 по массе</p>

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5
	<p>ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний</p>	<p>Испытание по определению наличия органических примесей</p>	<p>Весы, фотокориметр ФЭК-56М или спектрофотометр СФ-4, или другие аналогичные приборы, цилиндры стеклянные вместимостью 250 мл из прозрачного бесцветного стекла (внутренний диаметр 36–40 мм), баня водяная, натрия гидроокись (натрий гидроксид), 3 %-й раствор, танин, 2 %-й раствор в 1 %-м этаноле</p>	<p>При обработке раствором гидроксида натрия песок не должен придавать раствору окраску, соответствующую или темнее эталона</p>
	<p>ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний</p>	<p>Испытание по определению зернового состава, модуля крупности</p>	<p>Весы, набор сит и сита с круглыми отверстиями диаметрами 10; 5 и 2,5 мм, шкаф сушильный</p>	<p>Мк от 2 до 2,5</p>
	<p>ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний</p>	<p>Определение влажности</p>	<p>Весы, шкаф сушильный, противень</p>	

Т а б л и ц а 2.3

## Нормативная обеспеченность входного контроля железобетонных плит покрытия

Наименование показателей	Нормативная документация	Методы испытаний	Оборудование, средства измерений	Значение контролируемого параметра
1	2	3	4	5
Цемент	ГОСТ 310.4-81	Испытание по определению предела прочности при изгибе и сжатии	Пресс для определения предела прочности при сжатии, пластинки для передачи нагрузки	
	ГОСТ 310.4-81	Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии	Прибор для испытания на изгиб образцов-балочек, пластинки для передачи нагрузки	
	ГОСТ 310.2-76	Цемент. Методы определения тонкости помола	Сито с сеткой № 008, прибор для механического или пневматического просеивания цемента	
Песок	ГОСТ 310.3-76	Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема	Прибор Вика с иглой и пестиком, кольцо к прибору Вика, мешалка для приготовления цементного теста	
	ГОСТ 8735-88	Песок для строительных работ. Методы испытаний	Весы, набор сит и сита с круглыми отверстиями диаметрами 10; 5 и 2,5 мм, шкаф сушильный	
	ГОСТ 8735-88	Песок для строительных работ. Методы испытаний	Весы, фотоколориметр ФЭК-56М или спектрофотометр СФ-4, или другие аналогичные приборы, цилиндры стеклянные вместимостью 250 мл из прозрачного бесцветного стекла (внутренний диаметр 36-40 мм), баня водяная, натрия гидроокись (натрий гидроксид), 3 %-й раствор, танин, 2 %-й раствор в 1 %-м этаноле	

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5
Щебень и гравий	ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний	Испытание по определению пылевидных и глинистых частиц	Весы, шкаф сушильный, цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном или сосуд для отмучивания песка, секундомер	Не более 3 % по массе
	ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физических механических испытаний	Испытание по определению зернового состава	Весы настольные циферблатные или лабораторные; шкаф сушильный; сита и проволочные круглые калибры с отверстиями, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции: 1,25Д; Д, 0,5(Д + d), d, а также 2,5 и 1,25 мм	20–40 мм
		Содержание пылевидных и глинистых частиц	Весы настольные циферблатные или лабораторные; шкаф сушильный; сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном	Не более 3 % по массе
		Испытание по определению зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм	Весы настольные циферблатные или лабораторные; штангенциркуль; сита из стандартного набора	Не более 35 % по массе
		Испытание на драбимость	Пресс гидравлический с максимальным усилием до 500 кН; цилиндры стальные с внутренними диаметрами 75 и 150 мм и высотой соответственно 75 и 150 мм со съёмным дном и плунжером; дробилка щековая лабораторная марки ДЛЩ 60/100; весы настольные циферблатные или лабораторные; сита из стандартного набора; сито с сеткой № 2,25; шкаф сушильный; сосуд для насыщения щебня (гравия) водой	Марка щебня по драбимости 300–600



Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5
Вода	<p>ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов</p> <p>ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка</p> <p>ГОСТ 4389-72 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов</p> <p>ГОСТ 4245-72 Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов</p>	<p>Испытание по определению насыпной плотности</p> <p>Испытание по определению содержания пленки нефтепродуктов, жиров, масел</p> <p>Испытание по определению содержания растворимых солей, ионов <math>\text{SO}_4^{-2}</math>, <math>\text{Cl}^{-1}</math> и взвешенных частиц</p>	<p>Весы настольные циферблатные или лабораторные; шкаф сушильный; цилиндры мерные</p> <p>Визуально</p> <p>Шкаф сушильный с терморегулятором, баня водяная, колбы мерные 250 и 500 <math>\text{cm}^3</math>; пипетки без деления 25 <math>\text{cm}^3</math> чашка выпарительная 500–100 <math>\text{cm}^3</math> натрий углекислый безводный, вода дистиллированная, натрий углекислый <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>. Баня водяная, электроплитка, печь муфельная (800 °С), щипцы, фотоэлектроколориметр, экватор, пипетки 50 и 100 <math>\text{cm}^3</math> без делений, пипетки 5 и 10 <math>\text{cm}^3</math> с делениями на 0,1 <math>\text{cm}^3</math> цилиндры мерные 10 <math>\text{cm}^3</math> колбы мерные вместимостью 250,500 и 1000 <math>\text{cm}^3</math> стаканы химические вместимостью 250, 400 и 600 <math>\text{cm}^3</math>. Пипетки 100,50 и 10 <math>\text{cm}^3</math> без делений; пипетка 1 <math>\text{cm}^3</math> с делением через 0,01 <math>\text{cm}^3</math>; цилиндр мерный 100 <math>\text{cm}^3</math>; колбы конические, вместимостью 250 <math>\text{cm}^3</math> пробирки колориметрические с отметкой на 5 <math>\text{cm}^3</math> воронки стеклянные, серебро азотнокислосое, натрий хлоритый, квасцы алюмокалиевые (алюминий-калий сернокислый), калий хромовокислый, аммиак водный, 25 %-й раствор, вода дистиллированная</p>	<p>1,4 тн/<math>\text{m}^3</math></p> <p>Не должно быть</p> <p>Максимальное допустимое содержание: растворимых солей-5000, ионов <math>\text{SO}_4^{-2}</math>-2700, ионов <math>\text{Cl}^{-1}</math>-1200, взвешенных частиц – 1200, мг/л</p>

Окончание табл. 2.3

1	2	3	4	5
Арматурная сталь	<p>ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов</p> <p>ГОСТ 12004-81* Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение</p>	<p>Испытание по определению значения водородного показателя воды (рН)</p> <p>Испытания по определению: <math>\varepsilon</math> – относительного удлинения, <math>\varepsilon_{\max}</math> – полного относительного удлинения при максимальной нагрузке, <math>\psi</math> – относительного сужения после разрыва, <math>\sigma_B</math> – временного сопротивления, <math>\sigma_T</math> – предела текучести (физического), <math>E_H</math> – модуля упругости (начального)</p>	<p>рН-метры любых марок – 340; ЛП-5; ЛП-58; ЛПУ-01</p> <p>Применяют машины всех систем при условии их соответствия требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– надежное центрирование образца;</li> <li>– плавность нагружения;</li> <li>– средняя скорость нагружения при испытании до предела текучести не должна быть более 10 МПа (1 кгс/мм<sup>2</sup>) в секунду; за пределом текучести скорость нагружения может быть увеличена так, чтобы скорость перемещения подвижного захвата машины не превышала 0,1 рабочей длины испытываемого образца в минуту; шкала силоизмерителя испытательной машины не должна превышать пятикратного ожидаемого значения наибольшей нагрузки <math>P</math> для испытываемого образца арматуры;</li> <li>– конструкция захватов испытательной машины должна исключать возможность поворота концов каната вокруг оси образца.</li> </ul> <p>А также штангенциркуль, микрометр, весы, металлоческая линейка, тензометр</p>	<p>Не менее 4 и более 12,5</p> <p>Не менее:  <math>\varepsilon = 14 \%</math>  <math>\sigma_T = 40 \text{ кгс/мм}^2</math>  <math>\sigma_B = 60 \text{ кгс/мм}^2</math></p>

## 2.3. Технологический контроль

### 2.3.1. Операционный контроль

Технологический контроль состоит в проверке соответствия характеристик, режимов и других показателей технологического процесса установленным требованиям. Разновидностью технологического контроля является контроль операционный, т.е. контроль продукции или технологического процесса после завершения определенной технологической операции.

Согласно СНиП 3.09.01–85 операционный контроль качества производства железобетонных и бетонных изделий и конструкций должен включать контроль:

- влажности, гранулометрии, насыпной плотности (для легких бетонов) и точности дозирования заполнителей;
- правильности и точности изготовления арматурных и закладных изделий;
- продолжительности перемешивания бетонной смеси;
- свойств приготовленной смеси (подвижности или жесткости, средней плотности для легких бетонов, объема вовлеченного воздуха, температуры);
- геометрических размеров и состояния собранных форм;
- качества смазки и нанесения её на форму;
- правильности установки арматурных, закладных изделий и фиксаторов защитного слоя арматуры;
- прочности анкеров арматуры, величины её натяжения, положения анкерных головок перед отпуском натяжения;
- антикоррозионной защиты арматуры и закладных деталей;
- заданных режимов формования (коэффициента уплотнения, толщины слоя бетона, длительности формования, амплитуды и частоты колебаний, скорости непрерывного формования и др.);
- правильности установки и укладки комплектующих изделий, отделочных, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов;
- качества отделки изделий в процессе формования;
- структурной прочности уплотненной смеси и параметров немедленной или ускоренной распалубки;
- режима тепловой обработки изделий;
- распалубочной прочности изделий и режимов их распалубки послетвердения;
- качества доводочных работ для повышения заводской готовности изделий;
- складирования и хранения готовых изделий.

В табл. 2.4 приведен рекомендуемый порядок проведения операционного контроля силикатного кирпича, указаны основные операции, подлежащие контролю, ответственные лица за качество этих операций и другие данные.

Т а б л и ц а 2.4  
Операционный контроль основных технологических процессов производства кирпича силикатного

№ п/п	Основные операции, подлежащие контролю	Состав контроля	Место контроля	Метод и средства контроля	Периодичность контроля	Лицо, контролирующее операцию	Документ, в котором регистрируются результаты контроля	Лицо, ответственное за обеспечение технологии
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Комплектация рабочими чертежами, ТУ, картами	Наличие технической документации	Цех, полигон	Сравнение перечнями	Постоянно	Нач. ПТО, гл. технолог	Журнал учета документации	Гл. технолог, начальник ПТО
2	Дробление извести	Остаток на сите	Цех	Путем рассева пробы дробленной извести на ситах с отверстиями 5,10,20 и 30 мм	Один раз в смену	Лаборант	Журнал проверки	Гл. механик, начальник цеха
3	Шихтовка песков		Цех, при- емочный бункер	Отбор проб	В начале каждой смены	Лаборант	Журнал проверки	Лаборант
4	Отсев включений из песка	Состояние сит на грохотах	Грохот	Визуальный осмотр. Соблюдение правильной чистки	В начале каждой смены	Мастер смены, лаборант	Журнал состояния сит	Лаборант
5	Дозирование компонентов вяжущего	Точность дозирования	Объемные питатели	Проверяют положение шибера	Ежедневно	Лаборант	Журнал проверки	Гл. технолог, лаборант
6	Тонкость помола вяжущего	Остаток на сите	Лаборатория	Просев пробы, остаток на сите с сеткой №021 не должен превышать 2 %, а на сите с сеткой №008 — 10%	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Журнал лабораторных испытаний	Начальник лаборатории, начальник ОТК

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Дозирование компонентов силикатной смеси	Точность дозирования	Бункер дозатор	Производят контрольные взвешивания порций компонентов, выдаваемых питателями и дозаторами за определенный промежуток времени (например, за 15–20 с)	В начале каждой смены	Мастер смены, лаборант	Журнал проверки	Мастер смены, начальник лаборатории
8	Приготовление силикатной смеси	1. Точность дозирования 2. Время перемешивания 3. Консистенция 4. Увлажненность	Мешалка	Наблюдение за приборами, отбор проб и испытание.	Увлажнение и содержание активной окиси кальция в смеси – не реже трех раз в смену; однородность смеси – один раз в неделю	Мастер	Журнал лабораторных испытаний	Начальник лаборатории, начальник ОТК
9	Формование и укладка сырья на вагонетки	1. Прочность сырья 2. Внешний вид 3. Наличие дефектов	У прессов	Проверка штабеля на вагонетке	Не реже одного раза в смену	Мастер	Журнал лабораторных испытаний.	Мастер смены, мастер ОТК.

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Транспортирование сырца и загрузка его в автоклавы	Средства транспорта, состоящие из окружающей среды	Откаточные пути, автоклав	Проверка путей и автоклава	Ежесменно	Мастер смены, лаборант	Журнал проверки	Мастер смены, начальник лаборатории
11	Автоклавная обработка	Соблюдение заданного режима запаривания сырца	Цех, лаборатория	Обработка показаний приборов	Ежесменно	Мастер	Журнал лабораторных испытаний	Начальник лаборатории, начальник ОТК

Организацию, периодичность и методы проведения операционного контроля следует устанавливать в стандартах организации на управление качеством или технологических картах производства в зависимости от вида изготавливаемых изделий и конструкций, а также принятой технологии.

Использование операционного контроля дает возможность выявить причины возникновения брака изделий и наметить пути существенного повышения качества продукции. Методика операционного контроля разрабатывается применительно к данной технологии и типу изделий, вместе с тем любая методика базируется на использовании ряда общих основополагающих принципов.

### 2.3.2. Статистическое регулирование технологических процессов. Контрольные карты

Статистические методы регулирования позволяют своевременно выявлять разладку технологического процесса и, тем самым, предупреждать выпуск дефектной продукции, реализовывая важнейшее требование стандартов ИСО серии 9000 «предупреждать любое несоответствие продукции».

Контроль по количественному признаку основывается на определении с требуемой точностью фактических значений контролируемого параметра у единицы продукции из выборки. Фактические значения контролируемого параметра необходимы для последующего вычисления статистических характеристик, по которым принимается решение о состоянии технологического процесса (процесс налажен или процесс разлажен). Такими статистическими характеристиками являются выборочное среднее или медиана и выборочное среднее квадратическое отклонение ИЛИ размах. Первые две характеристики являются характеристиками положения, а последние две – характеристиками рассеивания случайной величины  $X$  ( $X$  есть контролируемый параметр).

При контроле по альтернативному признаку не требуется знать фактическое значение контролируемого параметра – достаточно установить лишь факт соответствия или несоответствия его установленным требованиям. Поэтому можно использовать и такие простейшие средства контроля, как предельные калибры, шаблоны, а также визуальный контроль, основанный на сравнении с контрольным образцом. Каждый из указанных способов контроля имеет свои преимущества и свои недостатки.

Приемочные контрольные карты (КК) осуществляют одновременно две процедуры:

- слежение за ходом технологического процесса и его регулирование;
- приемку продукции, гарантирующую непревышение фактического уровня несоответствий данной продукции установленного нормативного уровня несоответствий NQL.

В зависимости от того, по каким статистическим характеристикам осуществляют статистическое регулирование, различают следующие виды контрольных карт:

- 1) карта средних арифметических значений ( $\bar{x}$  – карта);
- 2) карта медиан ( $x$ -карта);
- 3) карта средних квадратических отклонений ( $s$ -карта);
- 4) карта размахов ( $R$ -карта);
- 5) карта доли дефектных единиц продукции ( $p$ -карта);
- 6) карта числа дефектных единиц продукции ( $p$ -карта);
- 7) карта числа дефектов ( $c$ -карта);
- 8) карта числа дефектов на единицу продукции ( $u$ -карта).

Первые четыре вида контрольных карт применяют при контроле по количественному признаку. Последние четыре вида контрольных карт применяют при контроле по альтернативному признаку.

Логика работы с контрольными границами следующая:

1) если точка на контрольной карте лежит внутри контрольных границ, то считается, что все колебания точек здесь объясняются чисто случайными факторами;

2) если же одна (или несколько) точка выходит за контрольные границы, то считается, что такие отклонения не могут произойти случайно, т.е. здесь имеет место воздействие неслучайного фактора.

В этом случае есть необходимость в остановке и (или) корректировке технологического процесса. С помощью приемочных контрольных карт по результатам измерений периодически берущихся выборок можно принимать решение об удовлетворительном или неудовлетворительном состоянии технологического процесса с учетом границ поля допуска.

#### 2.3.2.1. Контрольные карты для данных по количественному признаку

При статистическом регулировании технологического процесса при контроле по количественному признаку обычно используют двойные контрольные карты, на одной из которых отмечают среднее значение (либо  $\bar{x}$ , либо  $\tilde{x}$ ), а на другой – характеристику рассеивания (либо  $s$ , либо  $R$ ).

Для построения любой контрольной карты необходимо предварительно определить границы регулирования, для чего необходимо знать параметры нормального распределения  $\bar{x}$  и  $\sigma$ . Как правило, эти параметры неизвестны, поэтому необходимо провести предварительное исследование состояния технологического процесса, в результате которого получают оценки параметров  $\bar{x}$  и  $\sigma$ .

В результате предварительного исследования состояния технологического процесса решают следующие задачи:

- 1) получают оценки параметров нормального распределения  $\bar{x}$  и  $\sigma$ ;
- 2) определяют вероятную долю дефектной продукции  $p$ .



**Производные контрольные карты (двойные карты)** были разработаны Шухартом в 1926 г. Преимущества двойных карт заключаются в наглядности изображения протекания процесса, в простоте принятия решения, в достоверности вывода о величине рассеяния значений. По двойной карте можно непрерывно следить за составляющими общей дисперсии – рассеянием внутри мгновенных выборок (внутригрупповая дисперсия) и рассеянием между значениями  $\bar{x}$  различных выборок (межгрупповая дисперсия). Процесс лишь тогда полностью статистически управляем, когда об этом свидетельствуют обе карты ( $\bar{x} - s$ ;  $\bar{x} - R$ ).

С помощью таких контрольных карт обеспечивается стабильность работы станков, осуществляется сравнение нескольких методов изготовления, проверка стойкости различных инструментов, профессиональная экспертиза процесса, планирование финансовых расходов на контроль (например, устанавливают число мгновенных выборок, осуществляют выбор измерительных приборов и метода измерения и т.д.).

Вычисление границ регулирования для  $\bar{x}$ -карты

Верхняя граница регулирования вычисляется по формуле

$$\bar{x} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{x} + A\sigma = K_v, \quad (2.1)$$

где  $n$  – объём выборки, а нижняя граница регулирования –  $\bar{x} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{x} - A\sigma = K_n$ . Значения коэффициентов  $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$  для некоторых объёмов выборки можно найти в табл. 2.5.

Оценку математического ожидания генеральной совокупности получают, вычислив среднюю арифметическую  $\bar{\bar{x}}$  по  $k$  значениям выборочных средних  $\bar{x}_i$ :

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i. \quad (2.2)$$

В качестве меры колеблемости отдельных значений внутри выборки используют также размах  $R = x_{\max} \dots x_{\min}$ , который легко определяется для выборок небольшого объёма. Среднее значение  $\bar{R}$  размахов вариации  $R$  из  $k$  выборок можно использовать в качестве оценки среднего квадратического отклонения генеральной совокупности так же, как и  $\bar{s}$ :

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i. \quad (2.3)$$

Таблица 2.5

Коэффициенты для определения границ регулирования

$n$	$b_2$	$c_2$	$d_2$	$A$	$A_1$	$A_2$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	0,853	0,5642	1,128	2,121	3,760	1,180	0	1,843	0	3,226	0	3,687	0	3,269
3	0,888	0,7236	1,693	1,732	2,394	1,023	0	1,859	0	2,569	0	4,357	0	2,574
4	0,880	0,7979	2,059	1,500	1,880	0,729	0	1,809	0	2,267	0	4,699	0	2,282
5	0,864	0,8407	2,326	1,342	1,596	0,577	0	1,575	0	2,090	0	4,918	0	2,114
6	0,848	0,8686	2,534	1,225	1,410	0,483	0,026	1,711	10,030	1,970	0	5,078	0	2,004
7	0,833	0,8882	2,704	1,134	1,277	0,419	0,104	1,672	0,117	1,883	0,205	5,203	0,076	1,924
8	0,820	0,9027	2,847	1,061	1,175	0,373	0,167	1,638	0,185	1,851	0,387	5,307	0,136	1,964
9	0,808	0,9139	2,970	1,000	1,094	0,337	0,219	1,609	0,239	1,761	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,797	0,9227	3,078	0,949	1,028	0,308	0,261	1,584	0,283	1,717	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,787	0,9300	3,173	0,905	0,973	0,285	0,299	1,561	0,322	1,678	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,778	0,9359	3,258	0,866	0,925	0,266	0,331	1,541	0,353	1,647	0,924	5,592	0,284	1,716
13	0,770	0,9410	3,336	0,832	0,884	0,249	0,360	1,522	0,382	1,618	1,026	5,646	0,308	1,692
14	0,762	0,9453	3,407	0,802	0,848	0,235	0,384	1,506	0,407	1,593	1,121	5,693	0,329	1,671
15	0,755	0,9490	3,472	0,775	0,816	0,223	0,406	1,492	0,428	1,572	1,207	5,737	0,348	1,652
16	0,749	0,9523	3,532	0,750	0,788	0,212	0,428	1,477	0,449	1,551	1,285	5,779	0,364	1,636
17	0,743	0,9551	3,588	0,728	0,762	0,203	0,445	1,465	0,466	1,534	1,359	5,817	0,379	1,621
18	0,738	0,9576	3,640	0,707	0,738	0,194	0,461	1,455	0,481	1,519	1,426	5,854	0,392	1,608
19	0,733	0,9599	3,689	0,688	0,717	0,187	0,476	1,444	0,496	1,504	1,490	5,888	0,404	1,596
20	0,729	0,9619	3,735	0,671	0,697	0,180	0,491	1,433	0,510	1,490	1,548	5,922	0,414	1,586

При достаточно большом  $k$  имеет место соотношение

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (2.4)$$

причем  $d_2$  опять является коэффициентом, зависящим от объёма  $n$  выборок.

С помощью оценки  $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$  границы регулирования для  $\bar{x}$ -карты вычисляются следующим образом:

$$\frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} = A_2\bar{R}; \quad (2.5)$$

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}};$$

$$K_{в.н} = \bar{x} \pm A_2\bar{R}.$$

Контрольные карты среднего квадратического отклонения и вариации  $s$ -Карта и  $R$ -карта строятся так же, как и  $\bar{x}$ -карта. Наносят на карту среднее значение  $\bar{s}$  или  $\bar{R}$  и проводят параллельно средней линии верхнюю и нижнюю границы регулирования с требуемой доверительной вероятностью (табл. 2.6).

Т а б л и ц а 2.6

$N$ (объём выборки)	$x$ - $R$ -карта			
	$d_2$	$A_2$	$D_3$	$D_4$
2	0,954	2,232	0	3,865
3	1,588	1,264	0	2,745
4	1,978	0,828	0	2,375
5	2,257	0,712	0	2,179
6	2,472	0,562	0	2,055
7	2,645	0,519	0,078	1,967
8	2,791	0,442	0,139	1,901
9	2,961	0,419	0,187	1,850
10	3,024	0,368	0,227	1,809

Вычисление средней линии и границ регулирования  $s$ -карты производят следующим образом:

а) если значение  $\sigma$  генеральной совокупности известно, то среднее значение  $\bar{s}$  для  $s$ -карты равно  $\bar{s} = c_2\sigma$ ; в этом случае границы регулирования определяются как

$$K_{в.н} = \bar{s} \pm 3\sigma_s = c_2\sigma \pm \frac{3}{\sqrt{2n}}\sigma = \left( c_2 \pm \frac{3}{\sqrt{2n}} \right) \sigma \quad (2.6)$$

или

$$K_B = \left( c_2 + \frac{3}{\sqrt{2n}} \right) \sigma = B_2 \sigma; \quad K_H = \left( c_2 - \frac{3}{\sqrt{2n}} \right) \sigma = B_1 \sigma; \quad (2.7)$$

б) если значение  $\sigma$  генеральной совокупности неизвестно, то сначала нужно вычислить с помощью коэффициента  $c_2$  и среднего значения  $\bar{s}$  оценку  $\sigma$ ; тогда границы регулирования составят:

$$K_{B,H} = \bar{s} \pm 3\sigma_s = \bar{s} \pm \frac{3}{\sqrt{2n}} \sigma = \bar{s} \pm \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} \bar{s} = \left( 1 \pm \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} \right) \bar{s} \quad (2.8)$$

или

$$K_B = \left( 1 + \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} \right) \bar{s} = B_4 \bar{s}; \quad K_H = \left( 1 - \frac{3}{c_2 \sqrt{2n}} \right) \bar{s} = B_3 \bar{s}. \quad (2.9)$$

Значения коэффициентов  $B_1, B_2, B_3, B_4$  приведены в табл. 2.5.

Они зависят от объёма выборок  $n$  и действительны в случае нормального распределения генеральной совокупности.

Определение границ регулирования  $R$ -карт производится следующим образом:

а) если известно значение  $\sigma$  генеральной совокупности, то среднее значение  $\bar{R}$ -карты вычисляется как  $\bar{R} = d_2 \sigma$ , а границы регулирования составят:

$$K_{B,H} = \bar{R} \pm 3\sigma_R = d_2 \sigma \pm 3b_2 \sigma = (d_2 \pm 3b_2) \sigma \quad (2.10)$$

или

$$K_B = (d_2 + 3b_2) \sigma = D_2 \sigma; \quad K_H = (d_2 - 3b_2) \sigma = D_1 \sigma; \quad (2.11)$$

б) если значение  $\sigma$  генеральной совокупности неизвестно, то его оценку вычисляют по  $\bar{R}$  с помощью коэффициентов  $b_2$  и  $d_2$ ; тогда границы регулирования:

$$K_{B,H} = \bar{R} \pm 3\sigma_R = \bar{R} \pm 3b_2 \sigma = \bar{R} \pm 3 \frac{b_2}{d_2} \bar{R} = \left( 1 \pm 3 \frac{b_2}{d_2} \right) \bar{R} \quad (2.12)$$

или

$$K_B = \left( 1 + 3 \frac{b_2}{d_2} \right) \bar{R} = D_4 \bar{R}; \quad K_H = \left( 1 - 3 \frac{b_2}{d_2} \right) \bar{R} = D_3 \bar{R}. \quad (2.13)$$

Значения коэффициентов  $D_1, D_2, D_3, D_4$  приведены в табл. 2.5.

Они зависят, как и  $b_2$  и  $d_2$ , от объёма выборки  $n$  и действительны, если генеральная совокупность имеет нормальное распределение или хотя бы приближается к нему.

Пример построения контрольных карт (регулирование процесса при неизвестных параметрах генеральной совокупности)  $\bar{x}$ - $s$ -карты (большие выборки одинакового объёма) приведен на рис. 2.2. Были построены контрольные карты средних, СКО и размахов для показателей прочности силикатного кирпича марок 150 и 125. Необходимые параметры и контрольные границы рассчитывались в соответствии с приведёнными выше формулами.

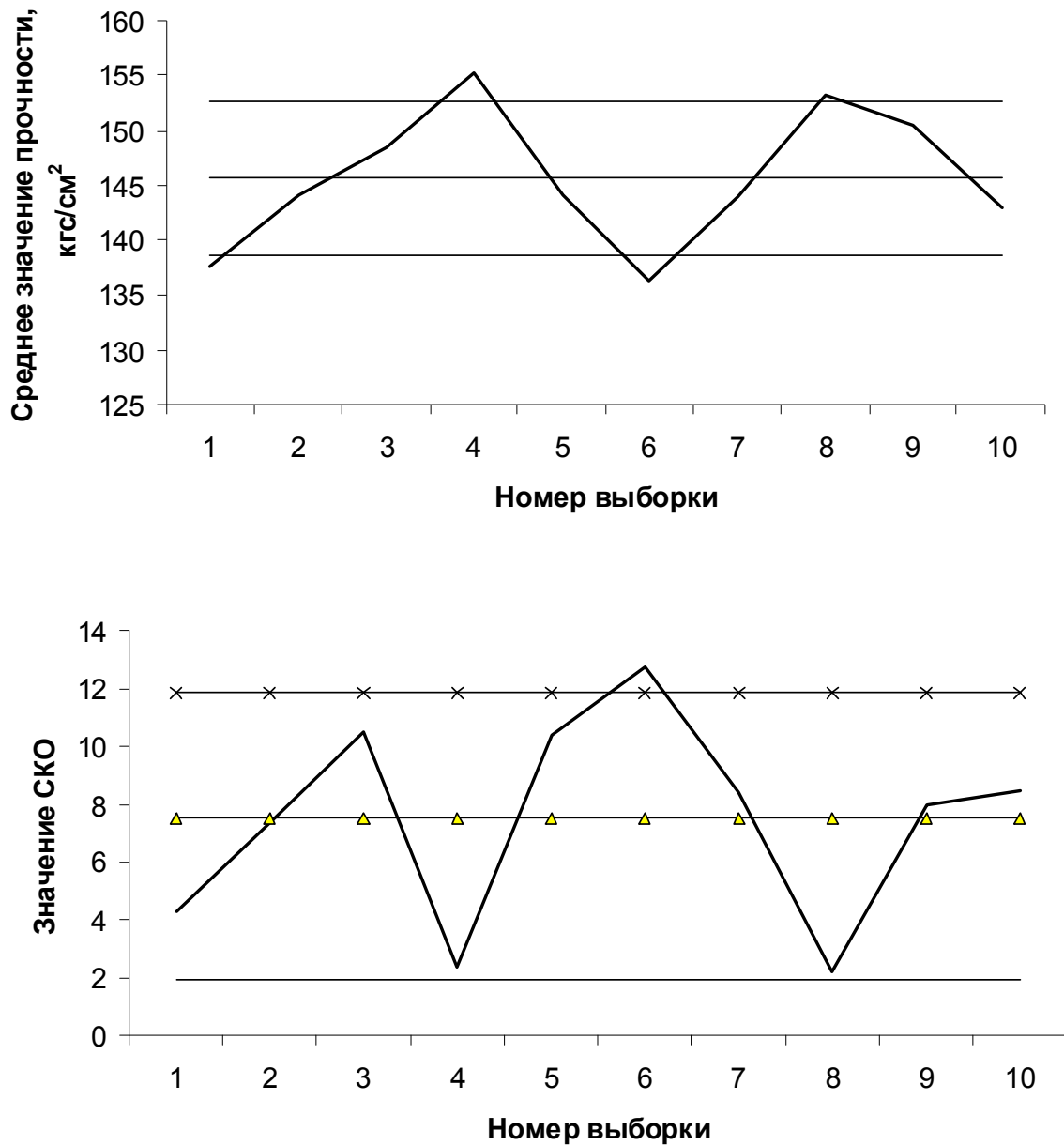


Рис. 2.2.  $\bar{x} - s$ -карта

Данные для контрольных карт прочности кирпича марки 150 приведены в табл. 2.7.

Т а б л и ц а 2.7

Номер выборк и	Прочность, кг/см <sup>2</sup>					Среднее, $\bar{x}$	СКО, $s$	Размах, $R$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$			
1	135	140	143	132	138	137,6	4,3	11
2	141	137	139	150	154	144,2	7,4	17
3	156	155	157	138	136	148,4	10,5	21
4	154	157	155	152	158	155,2	2,4	6
5	138	154	157	135	137	144,2	10,4	22
6	139	138	115	150	139	136,2	12,8	35
7	152	136	140	138	154	144,0	8,4	18
8	155	152	154	155	150	153,2	2,2	5
9	157	152	150	156	137	150,4	8,0	20
10	135	139	154	150	137	143,0	8,5	19

Получены следующие значения

$$\bar{x} = 145,64;$$

$$\bar{s} = 7,49; \bar{R} = 17,4.$$

Для  $x$ -карты границы регулирования

$$\bar{x} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = 145,64 \pm \frac{3 \cdot 7,49}{\sqrt{10}} = 152,66(138,62).$$

Для  $s$ -карты границы регулирования

$$K_b = 1,584 \cdot 7,49 = 11,86;$$

$$K_n = 0,261 \cdot 7,49 = 1,95.$$

Анализ контрольных карт показывает, что процесс нестабильный как по показателям положения, так и по показателям рассеяния.

Использование в практике работ подобных карт, дальнейшая их корректировка (например, по итогам года или квартала), постоянный анализ содержащейся в ней информации, позволят своевременно реагировать на возникновение разладок в технологическом процессе, прогнозировать качество изделий, а также повысят ответственность и заинтересованность технического персонала предприятия.

### 2.3.2.2. Контрольные карты для данных по альтернативному признаку

Контрольные карты для данных по альтернативному признаку подразделяют на четыре вида:

$p$ -карта – для контроля несоответствующих (дефектных) изделий в выборке;

$np$ -карта – для контроля числа несоответствующих (дефектных) изделий в выборке заданного объёма;

$c$ -карта – для контроля среднего числа несоответствий (дефектов) в единице продукции;

$u$ -карта – для контроля среднего числа несоответствий (дефектов) в расчете на одно изделие в выборке или на единицу площади, объёма, веса и т.д.

Различают два типа перечисленных видов контрольных карт. Первый тип предполагает, что для контролируемой величины не задано стандартное значение, и его значение определяют экспериментально на этапе предварительного исследования, который проводится в естественных производственных условиях при нормальном ходе технологического процесса. Тогда на этапе предварительного исследования следует получить выборочное среднее значение (для соответствующих карт):

$\bar{p}$  – средняя доля несоответствующих изделий для выпускаемой продукции;

$\bar{c}$  – среднее число несоответствий в единице продукции;

$\bar{u}$  – среднее число несоответствий в расчете на одно изделие в выборке или на единицу площади, объёма, веса и т.д. для нештучной продукции.

Второй тип предполагает, что стандартное значение, соответственно  $p_0, c_0, u_0$  задано как норматив.

Расчет границ контрольных карт проводится в соответствии с табл. 2.8.

Т а б л и ц а 2.8

Статистика	Формулы контрольных границ для КК			
	Первого типа		Второго типа	
	Центральная линия	Контрольные границы	Центральная линия	Контрольные границы
$p$	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm (3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} / n)$	$p_0$	$p \pm (3\sqrt{p_0(1-p_0)} / n)$
$np$	$\overline{np}$	$\overline{np} \pm (3\sqrt{\overline{np}(1-\bar{p})} / n)$	$np_0$	$\overline{np} \pm (3\sqrt{\overline{np}(1-p_0)} / n)$
$c$	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	$c_0$	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
$u$	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm (3\sqrt{\bar{u}} / n)$	$u_0$	$u_0 \pm (3\sqrt{u_0 / n})$

Примечание. Если рассчитанная нижняя контрольная граница имеет значение ниже нуля, нижнюю границу не строят.

***p*-Карта.** Существенным фактором при оценке расходов, связанных с изготовлением единицы продукции, является установление доли *p* отходов материала или дефектных единиц, обычно выражаемой в процентах, или числа дефектов на 100 единиц продукции, которое по мере надобности далее подразделяется на группы дефектов. При ведении контрольных карт для вычисления *p* используют следующие три формы:

Количество отходов в *k* партиях,  
состоящих из одинаковых

$$1) \bar{p} = \frac{\text{изделий}}{\text{Общее количество материала, необходимого для изготовления } k \text{ партий, состоящих из одинаковых изделий}} \cdot 100 = \text{Количество отходов, \%}$$

$$2) \bar{p} = \frac{\text{Количество дефектных единиц продукции в } k \text{ партиях, состоящих из одинаковых изделий}}{\text{Общее количество проверенных единиц продукции в } k \text{ партиях, состоящих из одинаковых изделий}} \cdot 100 = \text{Процент дефектных изделий}$$

$$3) \bar{p} = \frac{\text{Число дефектов в } k \text{ партиях, состоящих из одинаковых изделий}}{\text{Общее количество проверенных единиц продукции в } k \text{ партиях, состоящих из одинаковых изделий, причем } k \text{ должно быть больше 10}} \cdot 100 = \text{Количество дефектов на 100 изделий}$$

Результаты, получаемые по третьей форме (по сравнению со второй формой) вычисления  $\bar{p}$ , дают изготовителю больше информации, так как при подсчете количества дефектов на 100 изделий каждое контролируемое изделие проверяется по всем потенциальным дефектам. Последующий анализ этих дефектов помогает вскрыть слабые места в производстве. На *p*-карте отмечают в виде точек числа, ординатами точек является доля брака *p* (или *p* в %), а абсциссами – текущие номера контролируемых партий. После этого вычисляют среднюю линию *p* и границы регулирования  $K_v$  и  $K_n$ .

Преимущество *p*-карты состоит в том, что одновременно можно контролировать несколько признаков. Особенно удобна *p*-карта при приемочном контроле сборных изделий, когда перед отправкой к потребителю поштучно, изделие за изделием тщательно проверяют их функционирование,



наличие всех компонент, товарный вид. В таких случаях производят сплошной контроль с разделением дефектов на группы.

***np*-Карта.** Количество дефектов или дефектных изделий в партии обозначают через *np*. При ведении *np*-карт эти числа служат ординатами. Лучше всего сопоставляются *p*- и *np*-карты, когда *p* выражается в процентах, а *np* – в дефектах на 100 единиц продукции.

**Пример построения контрольных карт по альтернативному признаку.** *p*-Карта и *np*-карта – выборки одинакового объёма (рис. 2.3 и 2.4). В табл. 2.9 указаны число дефектных изделий и доля брака в выборках из 15 последовательно взятых партий стеновых панелей. Речь идет о таких дефектах поверхности, как нарушение толщины защитного слоя, околы и т.п. Партии имеют одинаковые объёмы. Объем выборки постоянный ( $n = 400$ ). Доля брака *p* была получена делением дефектных изделий в выборке *np* на её объём *n*. Из рис. 2.3 и 2.4 видно, что обе карты, за исключением вертикальных шкал, идентичны.

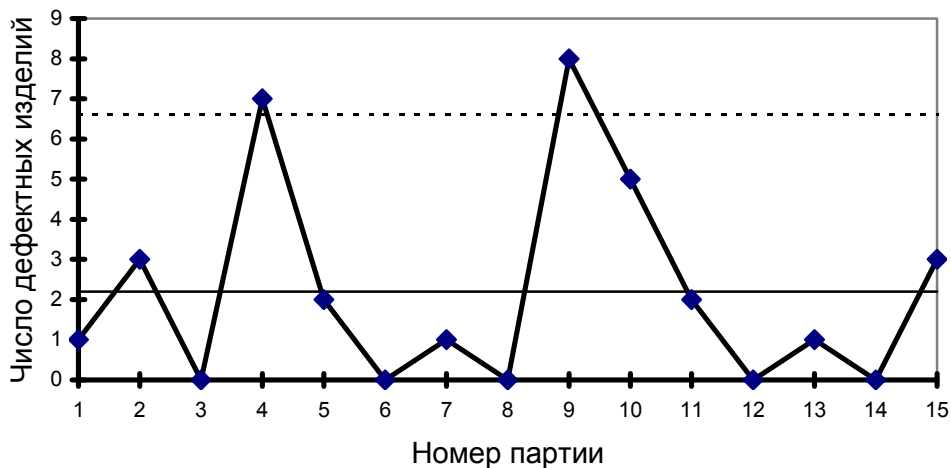


Рис. 2.2. *np*-Карта (выборки одинакового объёма)

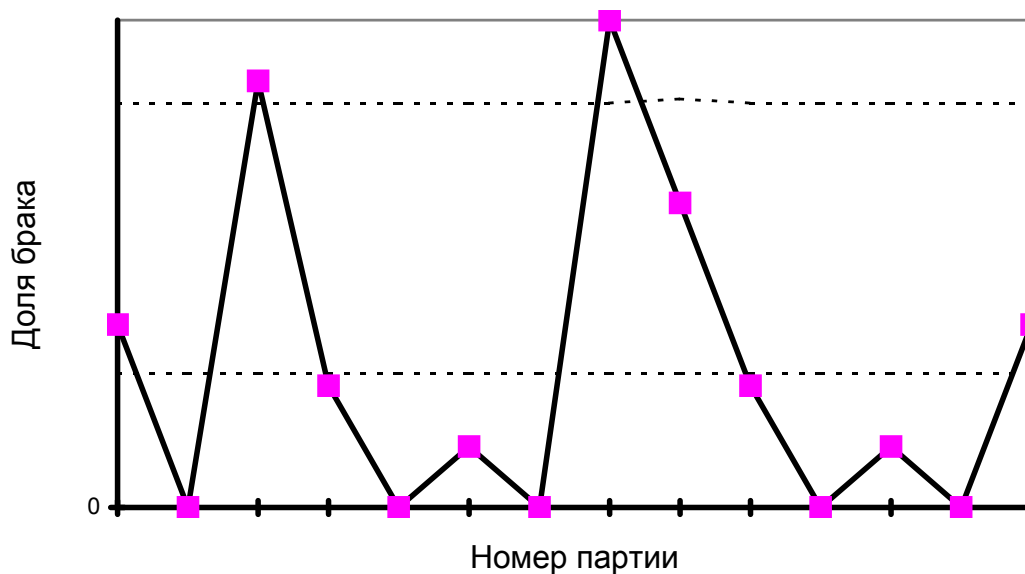


Рис. 2.3. *p*-Карта (выборки одинакового объёма)

Таблица 2.9

Номер партии	Объем выборки $n$	Число дефектных изделий $nr$	Доля брака $p$	Номер партии	Объем выборки $n$	Число дефектных изделий $nr$	Доля брака $p$
1	400	1	0,0025	9	400	8	0,0200
2	400	3	0,0075	10	400	5	0,0125
3	400	0	0,0				
4	400	7	0,0175	11	400	2	0,0050
5	400	2	0,0050	12	400	0	0,0
				13	400	1	0,0025
6	400	0	0,0	14	400	0	0,0
7	400	1	0,0025	15	400	3	0,0075
8	400	0	0,0				
				Сумма	6000	33	0,0825

1)  $p$ -карта

Центральные линии

$$\bar{p} = \frac{33}{6000} = 0,0055$$

или

$$\bar{p} = \frac{0,0825}{15} = 0,0055.$$

Границы регулирования при  $n = 400$ :

$$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,0055 \pm 3\sqrt{\frac{0,0055 \cdot 0,9945}{400}} = 0,0055 \pm 0,0111 = \begin{cases} 0,0166 \\ 0,0000 \end{cases}$$

2)  $np$ -картаЦентральные линии при  $n = 400$ :

$$n\bar{p} = \frac{33}{15} = 2,2.$$

Границы регулирования при  $n = 400$ :

$$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}} = 2,2 \pm 4,4 = \begin{cases} 0,0166 \\ 0,0 \end{cases}$$

### 2.3.2.3. Оценка стабильности и воспроизводимости технологического процесса

Целью статистического анализа процесса является идентификация и устранение причин особой изменчивости, что должно обеспечить стабильное воспроизводство качества продукции.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса – это установление статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определение закономерностей его протекания во времени.

Согласно принципам Шухарта **управление качеством** направлено на обеспечение стабильности процессов и уменьшение их вариаций путем исключения причин, нарушающих стабильность процесса.

На любой процесс постоянно воздействует множество факторов, оказывающих влияние на его результаты. Любой процесс подвержен совокупности причин изменчивости (вариабельности). При этом существует две группы причин: первая – случайные причины, вызывающие естественные вариации результатов, разброс которых можно держать под контролем, и вторая – особые причины, вызванные действием особых факторов. Появление именно особых причин нужно расследовать и устранять, чтобы процесс вернулся в стабильное (контролируемое) состояние. Специальные причины, как правило, связаны с чем-то, чего в нормальном ходе процесса не происходит.

Когда на систему действуют и системные, и особые вариации, ее состояние естественно назвать **статистически неуправляемым** или **нестабильным**.

Общими причинами вариаций называют те причины, при которых все отклонения параметров/характеристик процесса на контрольной карте находятся внутри заданных границ. В этом случае процесс называют статистически управляемым, или стабильным. Если имеются только общие причины вариации, выход процесса дает распределение, стабильное во времени и, следовательно, предсказуемое (рис.2.5)

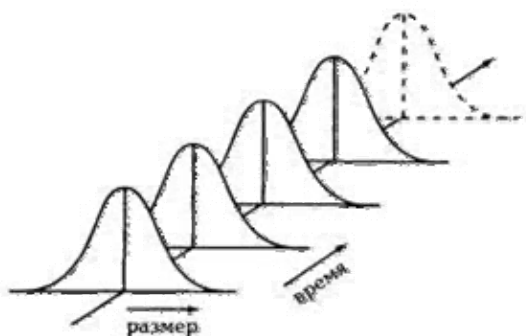


Рис. 2.5. Вид распределения стабильного процесса

Специальными причинами вариаций называют причины, которые на контрольной карте соответствуют выходящим за контрольные границы точкам. Если специальные причины вариаций присутствуют на контрольной карте, то процесс называют статистически неуправляемым, или нестабильным. Если имеются особые причины вариации, выход процесса является нестабильным во времени и непредсказуемым (рис.2.6).

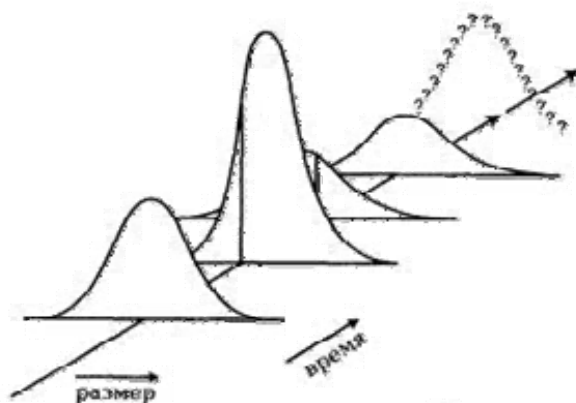


Рис. 2.6. Вид распределения нестабильного процесса

Статистика показывает, что не более 15 % всех проблем (или возможностей улучшения) в организациях связано с особыми причинами вариаций и, таким образом, они, возможно (но не обязательно!), находятся в поле деятельности рядовых работников.

Особые причины воздействуют на процесс скачками, их можно выделить и устранить. Контрольные карты позволяют выделить момент времени воздействия особого фактора (место выхода параметра за контрольные границы), что в совокупности с методами расслоения данных, регрессионного и дисперсионного анализа позволяет определить значимость воздействия любого фактора.

Согласно ГОСТ Р 51814.3 под статистически управляемым состоянием понимается состояние, описывающее процесс, из которого удалены все особые (неслучайные) причины изменчивости, остались только обычные (случайные) причины.

Статистически управляемое состояние процесса является желаемым состоянием для производителя, так как при этом процесс может быть описан распределением с предсказуемыми параметрами. В этой ситуации реализуется выпуск продукции с ясным, понятным и прогнозируемым уровнем дефектности.

Уровень дефектности зависит от того, как расположен (распределен) процесс относительно поля допуска. Чем более кривая распределения выходит за границы поля, тем больше потери от брака.

В тоже время, статистически неуправляемое состояние процесса может быть связано с нарушениями трудовой дисциплины, так и наличием

внешних невыявленных возмущающих факторов. Изучение и познание процесса – это миссия специалистов, занимающихся управления производственными процессами, которые должны привлечь для этого опыт рабочих.

Для построения траектории перевода процесса в лучшее состояние определяющим является знание состояния процесса. Это реализуется с помощью статистических инструментов качества.

В мире существует достаточное количество методик, позволяющих оценить качество продукта. Среди них есть показатели, позволяющие оценить воспроизводимость процесса, т.е. способность технологического процесса обеспечивать качество выпускаемого изделия. К этим показателям относятся индексы воспроизводимости  $C_p$  и  $P_p$  и индексы пригодности  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  процесса. Если среднее процесса отлично или может быть отлично от центра поля допуска, то для анализа процессов следует применять индексы  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ . Эти индекс учитывают центрированность получаемых результатов. Индекс  $C_{pk}$  будет высоким только в том случае, если разброс значений невелик и среднее значение полученных результатов лежит близко к середине поля допуска.

Индекс  $P_{pk}$  показывает, насколько хорош был рассматриваемый процесс в прошлом, в то время, как индекс  $C_{pk}$  показывает возможности процесса в будущем. Иными словами,  $P_{pk}$  показывает, что вы делаете, а  $C_{pk}$  – что вы можете делать в рамках вашего процесса. Если процесс статистически контролируем, то оба индекса  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  стремятся к одному значению (так как в этом случае обе сигмы совпадают по значению). При этом  $C_{pk}$  является краткосрочной оценкой, а индекс  $P_{pk}$  – долгосрочной.

Количественная оценка управляемости процессов в виде числовых критериев, прогноз уровня дефектности производимой процессом продукции проводится расчетом индексов воспроизводимости  $C_p$  и  $P_p$  и пригодности  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  процесса.

Комбинацию индексов возможностей процессов выбирают в зависимости от результата оценки стабильности процесса. Если целевое значение параметра не указано, то значения  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  и  $P_{pk}$  следует рассчитывать по формулам:

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_I} = \frac{\Delta}{6\sigma_I}; \quad (2.14)$$

$$C_{pk} = \min \left( \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_I}; \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_I} \right); \quad (2.15)$$

$$P_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_T}, \quad (2.16)$$

где ВГД и НГД – соответственно наибольшее и наименьшее предельные значения показателя качества (пределы поля допуска).

$$P_{pk} = \min \left( \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_T} \right). \quad (2.17)$$

В ряде случаев может быть установлен только один предел поля допуска: либо наибольшее предельное значение ВГД, либо наименьшее предельное значение показателя качества НГД. Тогда для оценки возможностей процесса применяют только индексы  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ , которые рассчитывают по следующим формулам:

– для стабильного процесса в состоянии А, если задано наибольшее предельное значение показателя качества ВГД, то

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_I}, \quad (2.18)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества НГД, то

$$C_p = \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_I}; \quad (2.19)$$

– для нестабильного процесса в состояниях Б и В, если задано наибольшее предельное значение показателя качества ВГД, то

$$P_p = \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_T}, \quad (2.20)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества НГД, то

$$P_p = \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_T}. \quad (2.21)$$

Если индивидуальные значения (результаты измерения отдельных единиц продукции) подчиняются нормальному распределению, то по табл. 2.10 для стабильного процесса можно оценить ожидаемый уровень несоответствий.

Для применения индексов воспроизводимости надо убедиться, что процесс является управляемым. На практике это означает, что получаемые значения должны в большинстве находиться внутри оговоренного техническими условиями допуска и не иметь существенных видимых колебаний. В противном случае надо сначала устранить причины выхода параметров за поле допуска или сильных колебаний параметров и только потом переходить к оценке индексов качества процесса. Если процесс центрирован, то  $k=0$  и индексы  $C_p$  и  $C_{pk}$  равны. При отклонении процесса от номинального значения уменьшается  $C_{pk}$ , а при увеличении разброса значений уменьшаются и  $C_p$  и  $C_{pk}$ .

Таблица 2.10

Связь индексов воспроизводимости и стабильных процессов с ожидаемым уровнем несоответствий продукции

Значение $C_p$ или $C_{pk}$	Уровень несоответствий продукции в	
	процентах несоответствующих единиц продукции, %	числе несоответствующих единиц на миллион единиц продукции
0,33	32,2	322000
0,37	26,7	267000
0,55	9,9	99000
0,62	6,3	63000
0,69	3,8	38000
0,75	2,4	24000
0,81	1,5	15000
0,86	0,99	9900
0,91	0,64	6400
0,96	0,40	4000
1,00	0,27	2700
1,06	0,15	1500
1,10	0,097	970
1,14	0,063	630
1,18	0,040	400
1,22	0,025	250
1,26	0,016	160
1,30	0,0096	96
1,33	0,0066	66

Если в качестве цели используется не середина поля допуска, а некоторое иное номинальное значение в пределах всего поля допуска, то для оценки качества процесса можно применить относительно недавно введенный индекс воспроизводимости  $C_{pm}$ . Примером такой ситуации является достаточно распространенное требование при токарной обработке наружного диаметра держать размер на нижней границе поля допуска для того, чтобы не допустить появления брака при износе пластины. Рассчитывается индекс  $C_{pm}$  аналогично  $C_{pk}$ , но в качестве среднего принимается целевое значение, выбранное при реализации процесса.

Табл. 2.10 устанавливает связь индексов возможностей и стабильных процессов с ожидаемым уровнем несоответствий продукции на выходе технологического процесса при предположении нормального распределения.

По известным значениям  $C_p$  или  $C_{pk}$ , используя табл. 2.10, можно определить интервал, в котором находится ожидаемый уровень несоответствий. По значению из табл. 2.10 определяют максимально возможное значение ожидаемого уровня несоответствий, по значению – минимально возможное.

Пример – При оценке возможностей процесса получены следующие значения индексов:  $=0,81$  и  $=0,69$ . В этом случае ожидаемый уровень несоответствий от 1,5 % до 3,8 %.

Какое значение должен иметь индекс воспроизводимости? Если индекс воспроизводимости равен единице, то фактический разброс (т.е.  $6\sigma$ ) равен допуску. Хотя формально равенство допустимого и фактического разброса является показателем стабильности процесса, эта цифра является неприемлемой в реальном производстве, поскольку при малейших отклонениях она может стать меньше единицы. При нормальном распределении 99,73 % значений находятся в диапазоне  $\pm 3\sigma$ . Это означает, что для 0,27 % деталей размеры будут выходить за заданное поле допуска. Таким образом, если мы принимаем, что допустимый разброс равен фактическому разбросу (т.е.  $C_p = 1$ ) и равен  $\pm 3\sigma$ , то 2700 деталей из миллиона будут бракованными.

Если допустимый разброс равен  $\pm 4\sigma$ , то под кривую нормального распределения попадает 99,9937 % деталей. В этом случае индекс  $C_p = 1,33$  и бракованными будут 63 детали на миллион (0,007 %). Индекс  $C_p = 1,33$  наиболее часто принимается в качестве нижней допустимой границы при приемке станков. При этом исходят из того, что поскольку при приемке нельзя организовать долгосрочные испытания, то, приняв станки с индексом 1,33 можно с большой уверенностью сказать, что в процессе эксплуатации индекс не опустится ниже единицы.

Если допустимый разброс составляет  $\pm 5\sigma$ , то индекс воспроизводимости  $C_p$  такого процесса равен 1,67. В этом случае процент годных деталей составит 99,9994266 %, что соответствует 0,5 бракованных деталей на миллион.

Наконец, если допустимый разброс равен  $\pm 6\sigma$ , то индекс  $C_p$  равен 2. Процент годных деталей равен 99,99999803 % и брак укладывается в 0,00197 деталей на миллион. Очевидно, что такой индекс воспроизводимости  $C_p$  гарантирует практически абсолютное качество выпускаемых деталей.

Принято воспроизводимость технологического процесса оценивать, исходя из следующих критериев:

$C_p > 1,33$  – воспроизводимый;

$C_p = 1,33-1,00$  – воспроизводимый, но требует внимательного наблюдения;

$C_p < 1,00$  – невоспроизводимый.



Стабильность процессов оценивают на основе выборок с использованием контрольных карт Шухарта по ГОСТ Р 50779.42. В тех случаях, когда объем отдельной выборки из процесса не может быть больше одной единицы продукции, следует использовать для оценки стабильности контрольные карты индивидуальных значений и скользящих размахов ( $x$ - и  $MR$ -карты).

В тех случаях, когда объем отдельной выборки из процесса может быть больше одной единицы продукции, можно использовать либо контрольные карты средних и размахов ( $\bar{x}$ - и  $R$ -карты), либо контрольные карты средних и выборочных стандартных отклонений ( $\bar{x}$ - и  $S$ -карты). Использование  $\bar{x}$ - и  $S$ -карт следует считать предпочтительным.

Результатом оценки стабильности (в том числе после действий, направленных на устранение влияния особых причин) должно быть одно из следующих состояний процесса :

– стабилен и по разбросу и по положению среднего арифметического (состояние А);

– стабилен по разбросу, но нестабилен по положению

– нестабилен по разбросу (состояние В).

Состояние А характеризуется отсутствием признаков особых причин как на  $MR$ -,  $R$ - или  $S$ -карте, так и на  $X$ - или  $\bar{x}$ -карте соответственно.

Состояние Б характеризуется отсутствием признаков особых причин соответственно на  $MR$ -,  $R$ - или  $S$ -карте, но и наличием таких признаков на  $X$ - или  $\bar{x}$ -карте.

Состояние В характеризуется наличием признаков особых причин соответственно на  $MR$ -,  $R$ - или  $S$ -карте.

**Оценка собственной и полной изменчивости процесса.** Собственную и полную изменчивость (вариабельность) процесса следует оценивать по данным, которые были использованы для построения контрольных карт Шухарта.

Собственная изменчивость процесса зависит от влияния только обычных (общих) причин вариаций. Собственную изменчивость процесса следует определять для стабильных по разбросу процессов в состояниях А и Б и оценивать по выборочным стандартным отклонением  $\sigma_I$ , по одному из следующих способов в зависимости от вида контрольной карты Шухарта по ГОСТ Р50779.42 :

– при использовании  $X$ - и  $MR$ -карт Шухарта

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (2.22)$$

где  $\bar{R}$  – среднее значение скользящих размахов;

$d_2$  – коэффициент, значения которого зависят от числа точек, использованных для расчета скользящих размахов в MR-карте;  
– при использовании  $\bar{x}$ - и R-карт Шухарта

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (2.23)$$

где  $\bar{R}$  – среднее значение размахов отдельных выборок;

$d_2$  – коэффициент, значения которого зависят от объема отдельных выборок в R-карте;

– при использовании  $\bar{x}$ - и S-карт Шухарта

$$\sigma_{I=\frac{\bar{S}}{c_4}}, \quad (2.24)$$

где  $\bar{S}$  – среднее значение стандартных отклонений отдельных выборок;

$c_4$  – коэффициент, значения которого зависят от объема отдельных выборок в S-карте.

Значения коэффициентов  $d_2$  и  $c_4$  приведены в табл. 2.11.

Т а б л и ц а 2.11

Значения коэффициентов для расчета оценок стандартного отклонения

$n$	$d_2$	$c_4$
1	2	3
2	1,128	0,7979
3	1,693	0,8862
4	2,059	0,9213
5	2,326	0,9400
6	2,534	0,9515
7	2,704	0,9594
8	2,847	0,9650
9	2,970	0,9693
10	3,078	0,9727
11	3,173	0,9754
12	3,258	0,9776
13	3,336	0,9794
14	3,407	0,9810
15	3,472	0,9823
16	3,532	0,9835
17	3,588	0,9845
18	3,640	0,9854
19	3,689	0,9862
20	3,735	0,9869

1	2	3
21	3,778	0,9876
22	3,819	0,9882
23	3,858	0,9887
24	3,895	0,9892
25	3,931	0,9896

Полная изменчивость процесса зависит от влияния как случайных (обычных), так и неслучайных (особых) причин вариаций.

Полную изменчивость процесса следует определять для процессов в состояниях Б и В и оценивать по выборочным стандартным отклонением по формуле

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.25)$$

где  $N$  – суммарный объем данных во всех выборках объема каждая (в объединенной выборке);

$i$  – результат измерений показателей качества отдельных единиц продукции,  $=1, \dots, N$ ;

$\bar{x}$  – среднее арифметическое всех значений в объединенной выборке.

Рассмотрим процесс производства бетонных блоков, изготавливаемых из бетона марки 200 (по данным ОАО «ЖБИ» г. Пенза). В соответствии с нормативными документами прочность бетона после тепловлажностной обработки должна быть не менее 80 % от номинальной прочности (160 кгс/см<sup>2</sup> при номинальной прочности 200 кгс/см<sup>2</sup>), что обеспечивает достижение ими на 28 день после изготовления 100 %-й прочности.

С целью анализа стабильности технологического процесса изготовления бетонных блоков был проведён анализ статистических данных результатов контроля прочности изделий. Систематизация данных в виде гистограммы приведена на рис. 2.7.

Построенную гистограмму можно разделить на четыре области. Формы частей общей гистограммы в областях I, II, III позволяют выдвинуть гипотезу о том, что в этих областях имеют место нормальные распределения значений показателя прочности, отличающихся, в первую очередь, по среднему значению. Следовательно, в течение года имело место влияние неслучайных факторов, снижающее значение прочности и, следовательно, ухудшающее качество.

Данные, попавшие в область I (30–125 кгс/см<sup>2</sup>), а это порядка 7,5 % от всех значений, свидетельствуют о частоте грубого нарушения технологических режимов или рецептуре бетонной смеси. Среди данных области I

также можно выделить группу (пик в области 100 кгс/см<sup>2</sup>), составляющую 4,2 % от общего числа данных, возникновение которой стало возможным вследствие чрезвычайно грубого нарушения технологии.

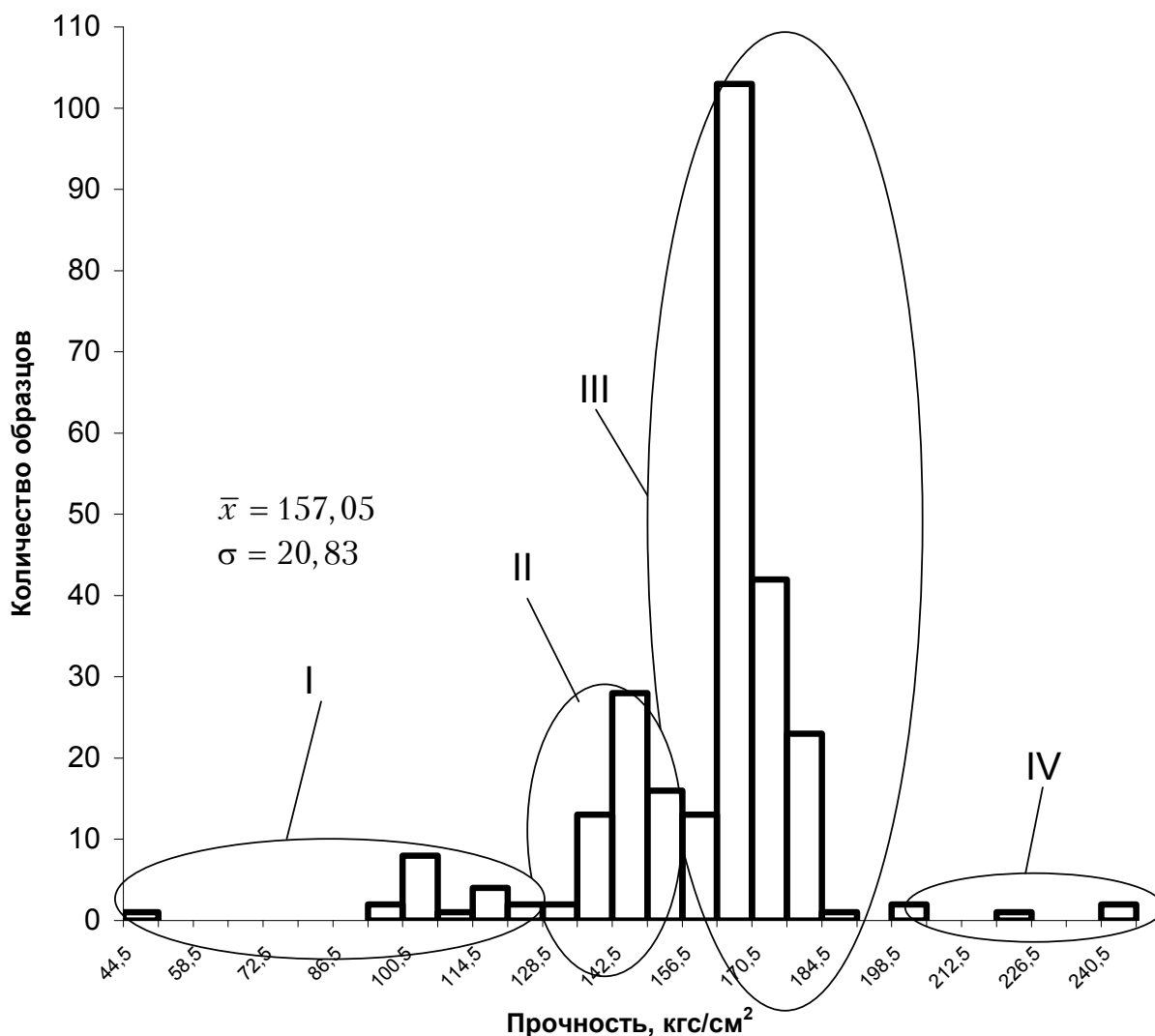


Рис. 2.7. Гистограмма интервального ряда распределения

Данные, попавшие в область II (125–160 кгс/см<sup>2</sup>), порядка 31,8 % от общего числа данных, свидетельствуют о частоте значимого (неслучайного) нарушения технологии. При этом область II, по всей видимости, содержит данные, характеризующие как основной процесс (данные в пределах 140–160 кгс/см<sup>2</sup>, которые можно отнести к нормальному распределению области III), так и процесс при нарушенной технологии (125–140 кгс/см<sup>2</sup>). Классификацию данных области II необходимо осуществлять при более детальном ежемесячном анализе, приведённом ниже.

Форма области III (150–185 кгс/см<sup>2</sup>), порядка 58,5 % от общего числа данных, позволяет характеризовать её как область основного процесса, который имеет место при соблюдении технологии, заложенной при подготовке производства, и которая характеризует возможности настоящей техно-

логии обеспечить требуемую прочность образцов (не менее 160 кгс/см<sup>2</sup> как было отмечено выше).

Область IV содержит 2,2 % данных от общего числа, которые (свыше 200 кгс/см<sup>2</sup>) на первый взгляд могут показаться очень хорошим результатом, однако если вести речь о «стабильности» производственного процесса, то подобные явления необходимо стремиться исключать, так как они тоже свидетельствуют о нарушениях, которых не должно быть в принципе. Главная цель – повышение среднего значения процесса при снижении рассеяния.

Если переходить от статистики к технологии изготовления бетонных блоков, то можно говорить о том, что данные области I, II появляются вследствие нарушения режима тепловой обработки или низкого расхода цемента. В настоящее время уровень качества технологического процесса (площадь кривой нормального распределения между 160 кгс/см<sup>2</sup> и 180 кгс/см<sup>2</sup>) составляет 0,3086 или 30,86 %. Устранение чрезвычайно грубых и грубых (область I, II) нарушений технологии, а также причин, вызывающих появление ненормально завышенных значений (область IV), приведённых выше, в данном случае приведёт к распределению данных, показанных в виде гистограммы на рис. 2.8.

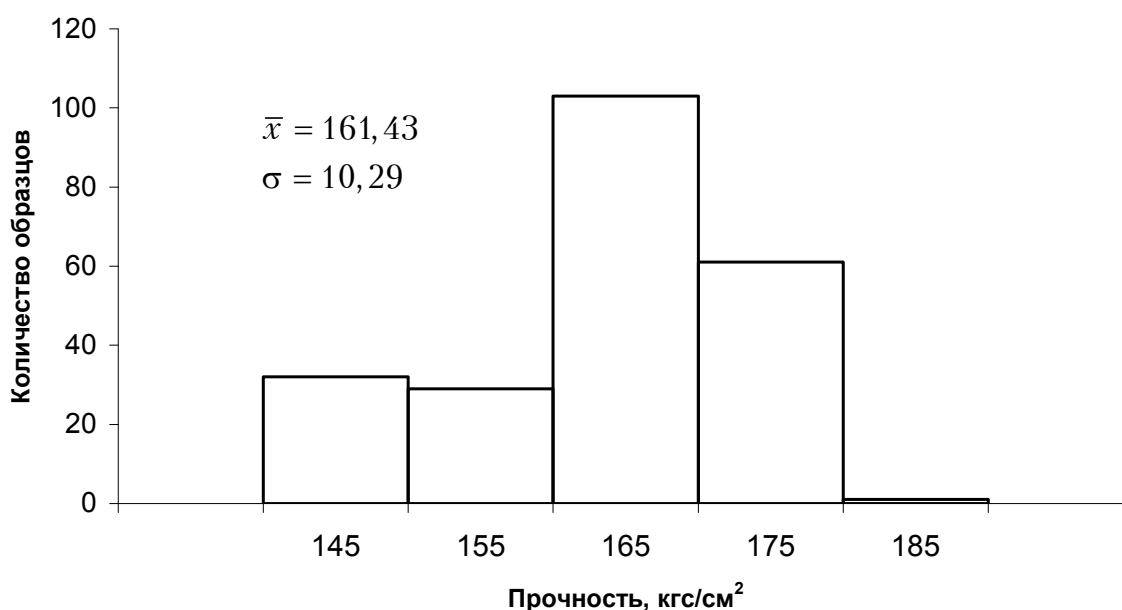


Рис. 2.8. Гистограмма интервального ряда распределения данных, обеспечиваемого технологией без грубых нарушений

Уровень качества технологического процесса, описываемый гистограммой на рис. 2.8, составляет 0,5557 или 55,57 %, что почти в два раза выше, чем прежде.

Таким образом, можно сделать вывод, что устранение только грубых нарушений приводит к почти двукратному увеличению качественных бетонных блоков.

Отдельный интерес представляет анализ изменения распределения количественных показателей прочности бетона по месяцам за рассматриваемый период. Гистограммы распределения прочности по месяцам представлены на рис. 2.9–2.20.

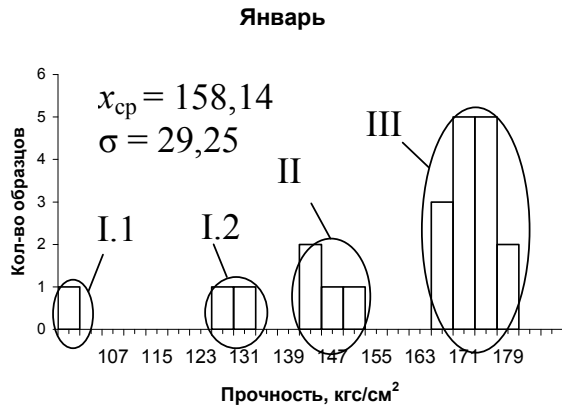


Рис. 2.9

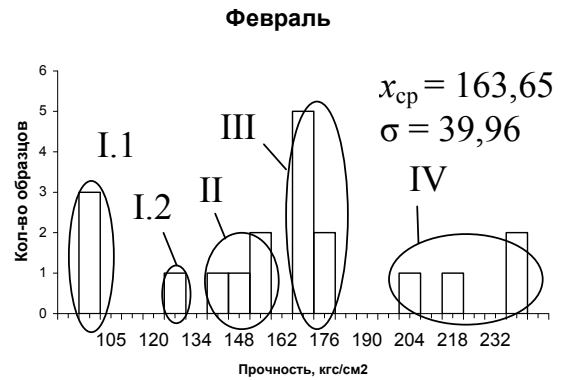


Рис. 2.10

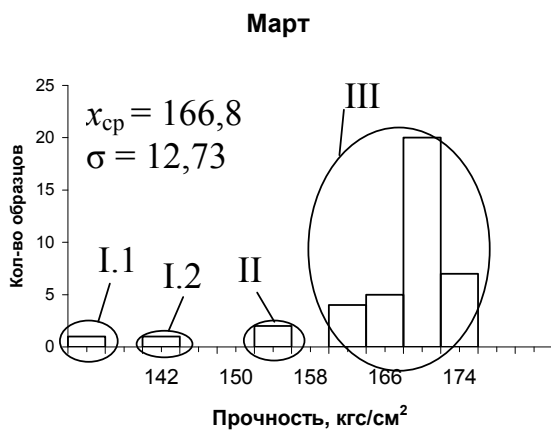


Рис. 2.11

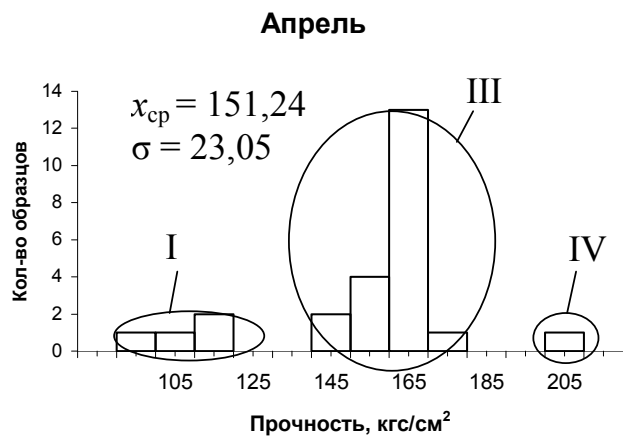


Рис. 2.12

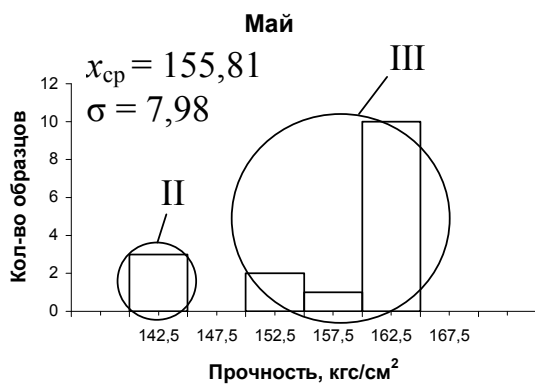


Рис. 2.13

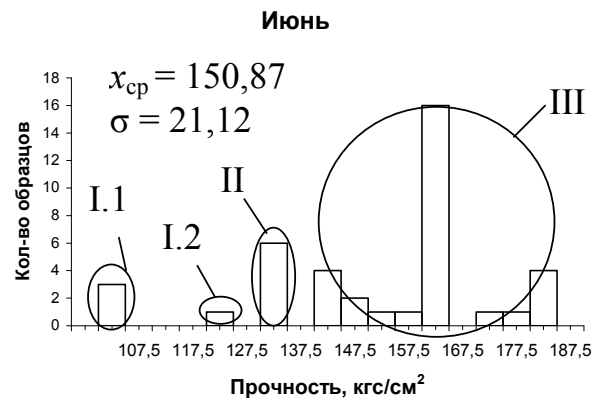
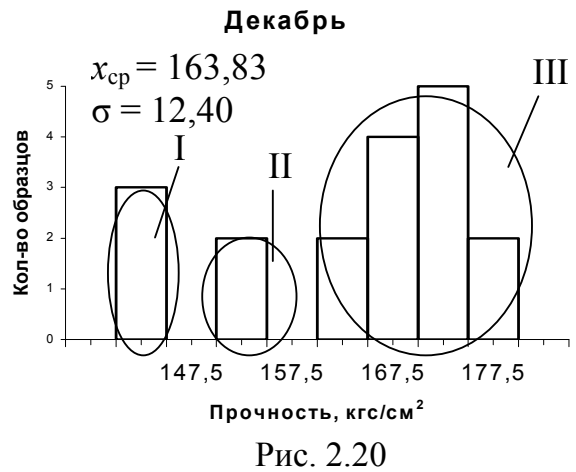
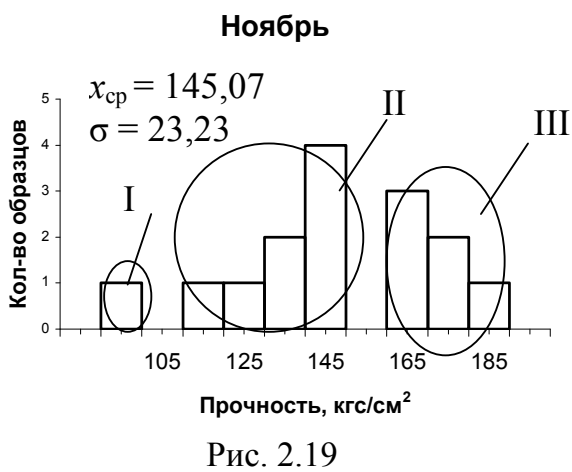
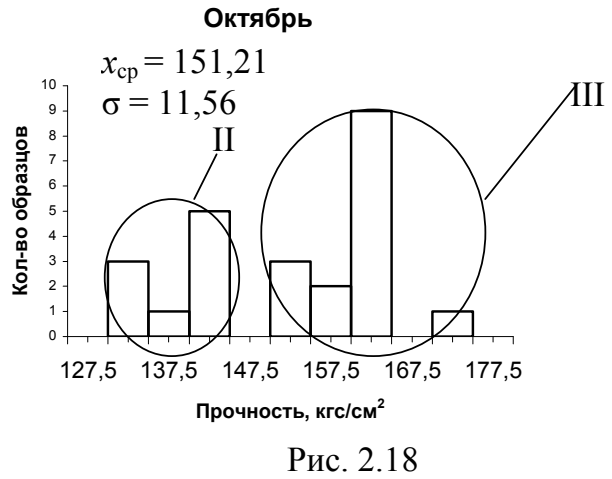
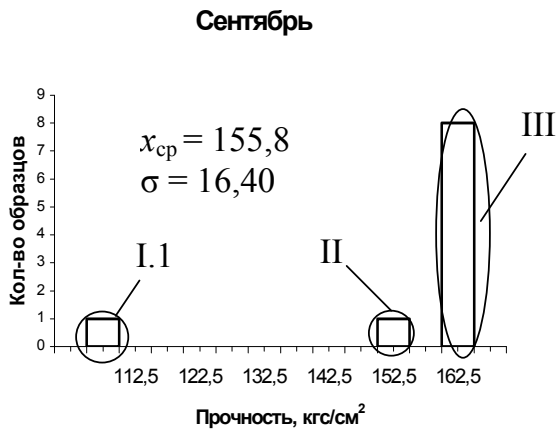
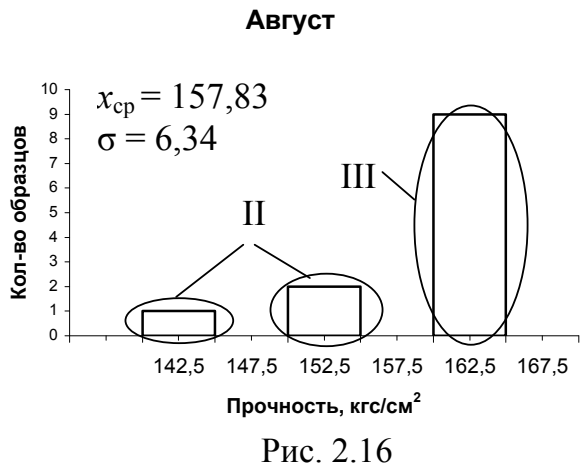
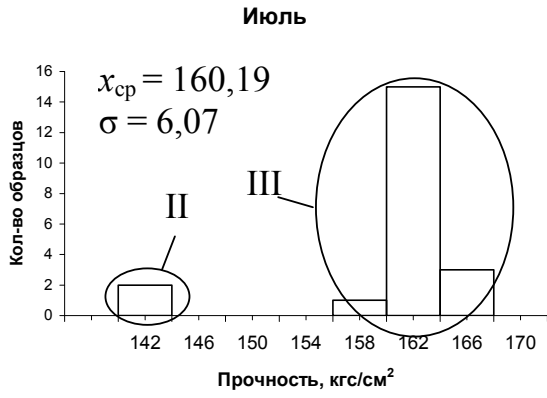


Рис. 2.14



Анализируя полученные гистограммы, на каждой из них можно выделить области данных, возникновение которых свидетельствует о грубых и значимых нарушениях технологии (группы I.1, I.2, II, IV), а также область нормального (желательного) процесса (группа III). Изменение объёма брака вследствие грубых нарушений технологии по месяцам приведено на рис. 2.21.

Анализируя рис. 2.21, можно отметить, что наибольшее число раз технология грубо нарушалась в феврале (40 %) и в ноябре (33,3 %), т.е. в начале и в конце зимнего периода. Контроль за качеством технологических процессов изготовления блоков в данные периоды в будущем необходимо проводить более тщательно. Снижение объёма брака вследствие грубых нарушений необходимо проводить путём устранения причин, отмеченных выше (для группы I).

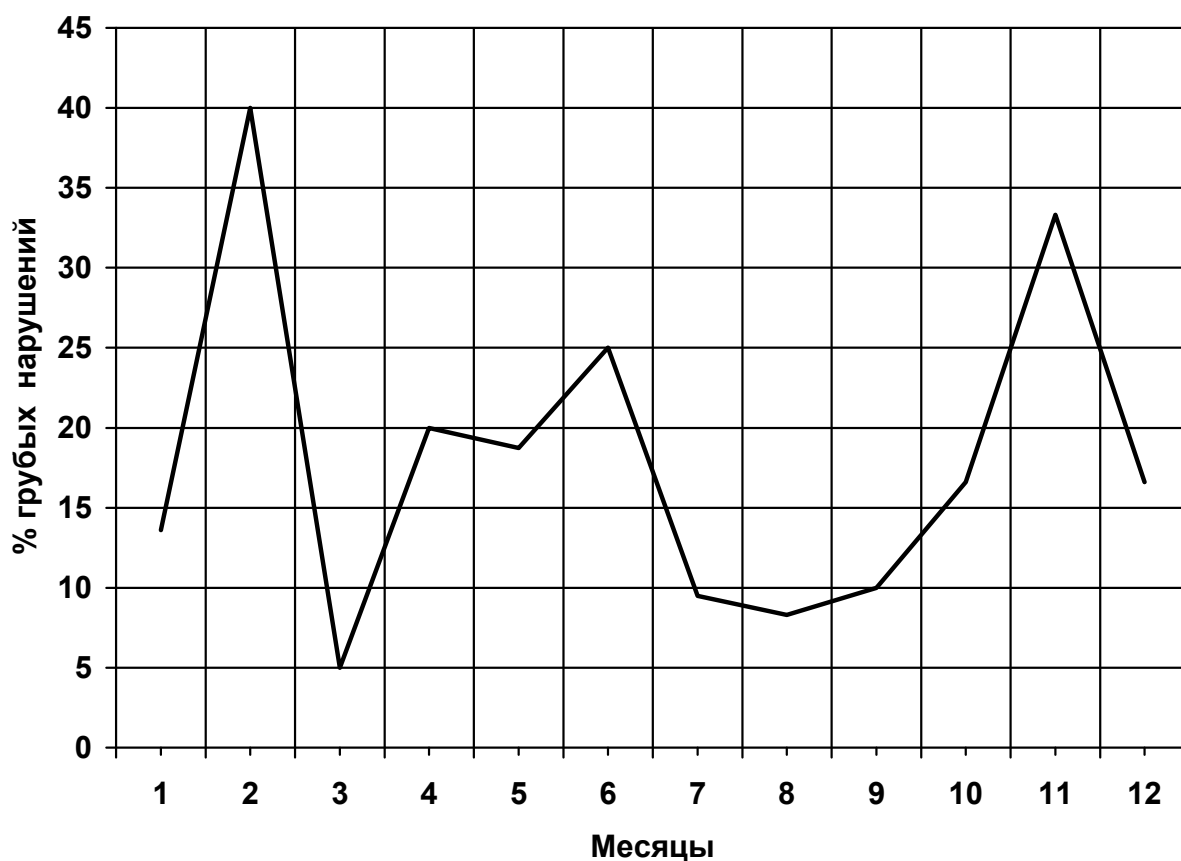


Рис. 2.21. Изменение объёма брака вследствие грубых нарушений технологии по месяцам

Изменения средних значений прочности блоков по месяцам в настоящее время и прогнозные значения налаженного процесса (при исключении грубых нарушений технологии) приведены на рис. 2.22.



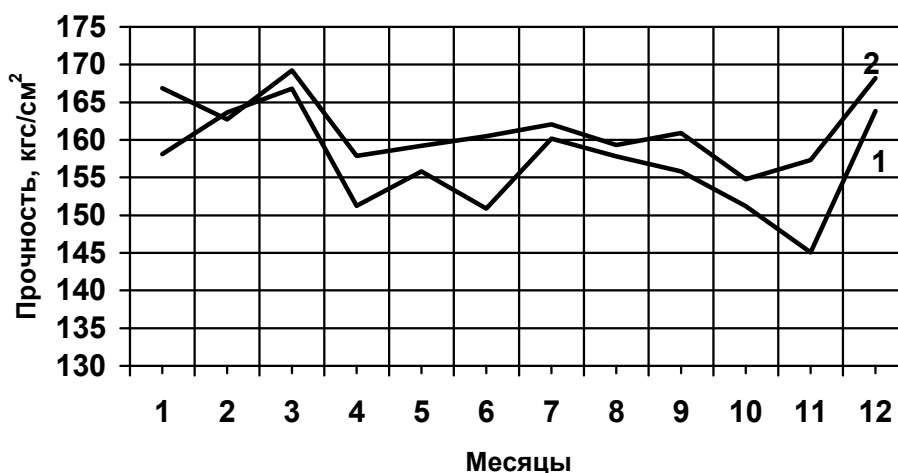


Рис. 2.22. Изменение прочности бетона по месяцам в настоящее время и прогнозные значения налаженного процесса (при исключении грубых нарушений технологии):  
1 – в настоящее время; 2 – прогнозные значения

Принимая во внимание нормальные законы распределения прочности бетона в каждом месяце (вид гистограмм позволяет предположить, что именно такое распределение имеет место), изменения уровня качества технологического процесса по месяцам (площади кривой нормального распределения между 160 и 180 кгс/см<sup>2</sup>) можно описать с помощью ломаных, представленных на рис. 2.22.

## 2.4. Приемочный контроль качества

### 2.4.1. Нормативно-техническое обеспечение в системе контроля продукции строительных материалов

Приемочный контроль качества готовых изделий и их маркировку следует производить в соответствии с требованиями нормативных документов на продукцию или технических условий на изделия конкретных видов.

Приборы и измерительные инструменты, применяемые при контроле и испытании готовых изделий, должны удовлетворять требованиям стандартов и проверяться метрологическими организациями в установленном порядке.

На изделия, принятые ОТК и поставляемые потребителю, должен быть выдан документ об их качестве. Поставляемые потребителю партии изделий должны быть сформированы из изделий, имеющих штамп технического контроля. Каждая поставляемая партия должна сопровождаться документом о качестве.

В состав партии включают изделия одного типа, изготовленные предприятием по одной технологии в течение не более одних суток из материалов одного вида.

Приемка, например, железобетонных и бетонных изделий осуществляется на основе документированных результатов:

- входного контроля покупных материалов, комплектующих изделий;
- операционного контроля, выполняемого в ходе производства;
- приемочного контроля арматурных и закладных изделий;
- периодических испытаний применяемого бетона и готовых изделий;
- приемосдаточных испытаний партий бетона и партии готовых изделий.

При приемо-сдаточных испытаниях для готовых изделий осуществляют сплошной контроль, при котором контролируются следующие параметры:

- наличие закладных и комплектующих изделий;
- наличие монтажных петель и строповочных отверстий;
- отсутствие обнажений арматуры;
- отсутствие наплывов бетона (раствора);
- отсутствие жировых и ржавых пятен;
- наличие и правильность нанесения маркировочных надписей и знаков;
- соответствие защитно-декоративных покрытий и отделки установленным требованиям и эталону.

Выборочному контролю при приемо-сдаточных испытаниях готовых бетонных и железобетонных изделий подвергаются следующие параметры:

- геометрические параметры (кроме контролируемых при периодических испытаниях готовых изделий);
- ширина раскрытия технологических трещин;
- параметры, определяющие категорию поверхности;
- толщина защитного слоя бетона;
- расположение арматуры.

Нормативная обеспеченность приемочного контроля кирпича силикатного приведена в табл. 2.12.

Т а б л и ц а 2.12

## Нормативная обеспеченность приемочного контроля кирпича силикатного

Наименование показателей	Нормативная документация	Методы испытаний	Оборудование, средства измерений	Значение контролируемого параметра
1	2	3	4	5
Предел прочности: – при сжатии – при изгибе	ГОСТ 379 – 95 Кирпич и камни силикатные	Испытание по определению предела прочности при сжатии	Пресс гидравлический, линейка измерительная металлическая, линейка поверочная, штангенциркуль, щуп, сито с сеткой, пластина металлическая или стеклянная размерами 270·150·5 мм, войлок технический толщиной 5–10 мм, пластина резиноканевая толщиной 5–10 мм, картон толщиной 3–5 мм, бумага оберточная, вода, песок кварцевый, поргланцемент, гипсовое вяжущее марки Г-16	В соответствии с технической документацией
Водопоглощение	ГОСТ 7025–91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости	Испытание на водопоглощение	Сосуд с решеткой, электрошкаф сушильный, весы, установка для определения водопоглощения под вакуумом	Не менее 6 %
Контроль морозостойкости при объёмном замораживании	ГОСТ 7025 – 91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости	Испытание на морозостойкость	Камера морозильная, контейнеры сварные, сосуд с решеткой, термостат, электрошкаф сушильный, ванна с гидравлическим загвором, весы	В зависимости от марки

О к о н ч а н и е т а б л . 2.12

1	2	3	4	5
<p>Контроль морозостойкости при одностороннем замораживании</p>	<p>ГОСТ 7025–91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости</p>	<p>Испытание на морозостойкость</p>	<p>Холодильно-дождевальная установка, аппарат для одностороннего замораживания, установка дождевальная, пластины резиновые, электрошкаф сушильный, ванна с гидравлическим затвором, весы</p>	<p>В зависимости от марки</p>
<p>Основные параметры и размеры</p>	<p>ГОСТ 379–95 Кирпич и камни силикатные. Технические условия</p>	<p>Испытания по определению линейных размеров и их отклонений, угловых размеров и их отклонений, формы профиля или поверхности</p>	<p>Штангенглубиномеры, штангенциркули, линейки измерительные металлические, угольники поверочные</p>	<p>Не должно превышать, мм: – по длине, толщине и ширине.....+2 – по непараллельности граней.....+2</p>

## 2.4.2. Статистический приемочный контроль

### 2.4.2.1. Статистический приёмочный контроль по альтернативному признаку

Суть данного метода состоит в том, что решение относительно того, принимать или браковать данную единицу продукции, контролер принимает сразу же в процессе её контроля без предварительного разнесения результатов контроля по группам, сортам, классам, категориям и т.д., как это имеет место при статистическом приемочном контроле по количественному признаку.

Правила выбора планов непрерывного статистического приемочного контроля, требования к нормированию качества партий, порядок и выбор планов и схем контроля по альтернативному признаку осуществляются в соответствии со стандартами ГОСТ Р 50779.71–99, ГОСТ Р 50779.72–99.

Требования данных стандартов следует применять в тех случаях, когда поставщик в одностороннем порядке или поставщик и потребитель в договоре устанавливают критерии качества партий в виде нормативного уровня несоответствий NQL.

В ГОСТ Р 50779.71-99 приводятся планы выборочного контроля на основе приемлемого уровня качеств.

Статистический контроль по альтернативному признаку не требует высококвалифицированных специалистов, большого времени, сложных измерительных приборов, не требует большого числа записей и вычислений для определения судьбы контролируемой партии, позволяет сразу разделить единицы продукции в выборке на годные и дефектные.

Часто бывает удобно классифицировать не дефектные единицы продукции, а дефекты. Такую классификацию следует проводить тогда, когда в единице продукции встречается не один, а несколько дефектов. Ошибочная классификация дефектов может привести к неправильному выбору плана выборочного контроля.

В соответствии с ИСО и ГОСТ 15467–79 принята следующая классификация дефектов по их значимости: критические, значительные и малозначительные.

1. Критические дефекты – те, последствия которых угрожают жизни или здоровью персонала, который использует контролируемое изделие. Потребитель может поставить условие, чтобы поставщик проверил каждое изделие. Кроме того, потребитель может сам провести сплошной контроль.

2. Значительные дефекты – те, которые существенно влияют на использование продукции по назначению и её долговечность, но не являются критическими. Для таких дефектов обычно устанавливают уровень несоответствий  $AQL = 1 \dots 2,5 \%$ .

3. Малозначительные дефекты – те, которые существенно не влияют на использование продукции по назначению и её долговечность. Для таких дефектов уровень несоответствий  $AQL = 4...6,5\%$ .

Под уровнем несоответствий понимается доля дефектных единиц продукции на 100 единиц продукции. Оценку уровня дефектности в партии в каждом конкретном случае следует решать особо. Необходимо знать, что следует определить долю дефектных единиц продукции в единице продукции или число дефектов на 100 единиц продукции.

**Пример.** Партия состоит из 500 единиц силикатного кирпича. Установлено, что 480 – годных, 15 – имеет один дефект (масса), 4 – по два дефекта (масса, размеры), 1 – три дефекта (масса, размеры, прочность).

Тогда:

а) % содержания (доля) дефектных единиц продукции будет:

$$\frac{\text{Число дефектных единиц продукции}}{\text{Число проверенных единиц продукции}} \cdot 100 = \frac{20}{500} \cdot 100 = 4\%;$$

б) число дефектов на 100 единиц продукции будет:

$$\frac{\text{Число дефектов}}{\text{Число проверенных единиц продукции}} \cdot 100 = \frac{26}{500} \cdot 100 = 5,2\%,$$

т.е. в партии из 500 единиц кирпича содержится 5,2 дефекта на 100 единиц продукции.

*Объем контролируемой партии* должен, как правило, указываться в нормативно-технических документах на продукцию как одним числом, так и предельными значениями, в виде одиночных партий или последовательности партий и т.д. Объем выборки определяется по формуле  $n = k/p$ , где  $k$  – коэффициент, зависящий от риска появления одной дефектной единицы продукции в выборке и определяемый по выражению

$$k = 230,261g\left(\frac{1}{\text{риск}}\right),$$

где  $p$  – максимально допустимый процент дефектных единиц продукции в партии. Значения рисков приведены ниже:

Риск появления одной дефектной единицы продукции в выборке	$k$
1 в 10	230,26
1 в 100	460,52
1 в 1000	690,78
1 в 10 000	921,04
1 в 100 000	1151,30

**Пример.** На контроль предъявлена партия в 10000 кирпичей. Контроль разрушающий. Максимально допустимый процент кирпичей с критическим дефектом (по массе, размерам и прочности соответственно) 2 %. Риск появления дефектной единицы – одна дефектная единица в партии. Требуется определить план выборочного контроля.

*Решение.* Объем выборки определяем по формуле

$$n = k/p = k/2.$$

Пользуясь приведенными выше значениями риска в 10000, находим:  $k = 921,04$ , тогда  $n = 921,04/2 = 460,52$ . Округляя, получим  $n = 461$ .

Таким образом, план выборочного контроля имеет следующие параметры:  $n = 461$ ,  $A_c = 0$ ,  $R_e = 1$ .

Это значит, если в выборке из  $n = 461$  кирпичей, не обнаружится ни одной дефектной единицы, – партия принимается. Если будет обнаружен хотя бы один дефектный кирпич, то партия будет забракована.

Продукция со значительными и малозначительными дефектами может проверяться сплошным или выборочным контролем. В тех случаях, когда приемка предусмотрена выборочным методом контроля, её планы должны соответствовать требованиям ГОСТ 18242–72. В этом случае каждой группе дефектов должен быть назначен свой приемочный уровень дефектности:

Класс дефекта	Приемочный уровень дефектности, %
Значительный	0,4
Малозначительный	1,5

В этом случае имеются два плана выборочного контроля, соответствующие этим приемочным уровням дефектности. Если партия удовлетворяет обоим планам, она будет принята. Если партия не удовлетворяет хотя бы одному плану или обоим, она будет забракована. Схема уровней дефектности приведена на рис. 2.23.

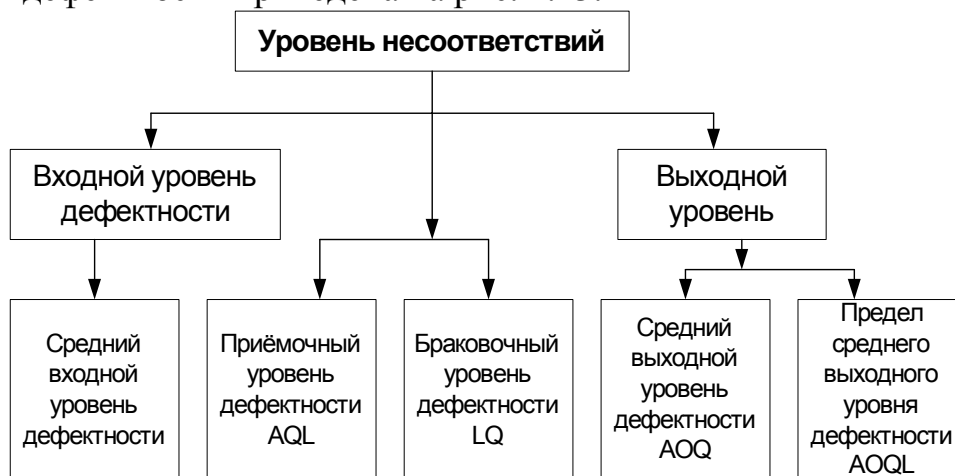


Рис. 2.23. Схема уровня несоответствий

Обоснование планов контроля, элементами которых являются объём выборки и приемочное число, связано с понятиями приемочного и браковочного уровня дефектности.

Приемочным уровнем дефектности (AQL) называется максимальный уровень дефектности (для одиночных партий) или средний уровень дефектности (для последовательности партий), который для целей приемки продукции рассматривается как удовлетворительный.

Приемочному уровню дефектности для данного плана контроля соответствует высокая вероятность приемки.

Браковочным уровнем дефектности называется минимальный уровень дефектности в одиночной партии, который для целей приемки продукции рассматривается как неудовлетворительный.

Браковочному уровню дефектности LQ для данного плана контроля соответствует высокая вероятность забракования. Для контроля последовательности партий браковочный уровень дефектности не устанавливается.

Выборочный контроль продукции сопровождается ошибками, которые появляются с вероятностями  $\alpha$  и  $\beta$ , соответственно «риск поставщика» и «риск потребителя» (табл. 2.13).

Т а б л и ц а 2.13

Значения риска потребителя в зависимости  
от степени нормативного доверия

Степень доверия	Нормативное значение риска потребителя $\beta_0$
1	2
T1 – требование сплошного контроля продукции перед поставкой потребителю	0
T2 – отсутствие надежной информации о возможностях поставщика обеспечить требуемое качество или информация о низком качестве его поставок, отрицательные отзывы других потребителей	0,1
T3 – отсутствие сертификата на продукцию и систему обеспечения качества, отсутствие собственного опыта заказов у данного поставщика, отсутствие процедур статистического управления технологическими процессами, но при учете косвенной положительной информации от других потребителей или обществ потребителей	0,25
T4 – отсутствие у поставщика сертификата на систему обеспечения качества, но при наличии сертификата на продукцию и продолжительного периода поставок продукции удовлетворительного качества, положительная оценка системы качества самим потребителем, внедрение статистического управления технологическими процессами на отдельных этапах производства.	0,5



1	2
Т5 – наличие сертификата на систему обеспечения качества по ГОСТ 40.9003, применение поставщиком процедур статистического управления технологическими процессами, долгосрочные поставки высококачественной продукции и т.д.	0,75
Т6 – наличие у поставщика сертификата на систему обеспечения качества по ГОСТ 40.9001 или ГОСТ 40.9002, применение поставщиком процедур статистического управления технологическими процессами, положительный опыт собственных заказов у данного поставщика и т.п.	0,9
Т7 – наличие у поставщика сертификата на систему обеспечения качества по ГОСТ 40.9001, сертификата на производство, безупречная репутация поставщика, применение поставщиком процедур статистического регулирования технологических процессов, длительный период поставки продукции без претензий и т.п.	1,0 (поставка готовой продукции без контроля поставщика)

**Уровень контроля.** Стандарт (ГОСТ 50779.71-99) содержит семь уровней контроля: I, II, III – общие; S-1; S-2; S-3; S-4 – специальные. Основным для применения является уровень контроля II (табл. 2.14).

Таблица 2.14

## Код объёма выборки

Объем партии	Код объёма выборки при уровне контроля						
	специальном				общем		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
От 2 до 8 включительно	A	A	A	A	A	A	B
-"-9-15-""	A	A	A	A	A	B	C
-"-16-25-""	A	A	B	B	B	C	D
-"-26-50-""	A	B	B	C	C	D	E
-"-51-90-""	B	B	C	C	C	E	F
-"-91-150-""	B	B	C	D	D	F	G
-"-151-280-""	B	C	D	E	E	G	H
-"-281-500-""	B	C	D	E	F	H	J
-"-501-1200-""	C	C	E	F	G	J	K
-"-1201-3200-""	C	D	E	G	H	K	L
-"-3201-10000-""	C	D	F	G	J	L	M
-"-10001-35000-""	C	D	F	H	K	M	N
-"-35001-150000-""	D	E	G	J	L	N	P
-"-150001-500000-""	D	E	G	J	M	P	Q
Свыше 500000	D	E	H	K	N	Q	R

Специальные уровни контроля используются тогда, когда объём выборки должен быть небольшим (например, в случае проведения разрушающего контроля или испытаний).

Уровень контроля устанавливается в нормативно-технической документации на конкретный вид продукции. Приемочный уровень дефектности  $AQL$  является основным пунктом стандарта. Предполагается, что между поставщиком и потребителем имеется договоренность, согласно которой потребитель рассматривает  $AQL$  как соответствующий его требованиям, а поставщик должен предъявлять на контроль партии продукции с фактическим уровнем дефектности не больше приемочного.

В таблицах стандарта ГОСТ 50779.71–99 приведены значения  $AQL$  от 0,1 до 10 % для доли дефектности и от 10 до 1000 дефектов для числа дефектов на 100 единиц продукции.

#### 2.4.2.2. Статистический приемочный контроль по количественному признаку

Существует несколько видов статистического приемочного контроля по количественному признаку:

- выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра неизвестна и оценивается по выборочной дисперсии ( $s$ -план);
- выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра неизвестна и оценивается по размаху ( $R$ -план);
- выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра известна ( $\sigma$ -план);
- приемочный контроль на основе нормативного уровня несоответствий  $NQL$ .

Если выбор сделан в пользу контроля по количественному признаку, то возникает вопрос, какой метод должен использоваться:  $s$ -метод или  $\sigma$ -метод ( $R$ -метод).  $\sigma$ -метод более выгоден экономически, так как требует меньшего объёма выборки, но прежде чем его принять, необходимо установить значение  $\sigma$ . По объёму выборки  $s$ -метод имеет небольшое преимущество перед  $R$ -методом, но для нахождения  $s$  требуется больший объём вычислений.  $R$ -метод прост для вычислений, но требует большого объёма выборки для одинаковых  $AQL$ . Недостатком этого метода является то, что для объёма выборки 10 и более приемлемость партии может зависеть от разбиения выборки на подгруппы.

Первоначально необходимо начать с контроля по  $s$ -методу, но, если качество удовлетворительное, типовые правила переключения позволяют уполномоченной стороне применять ослабленный контроль и брать меньшие объёмы выборки (табл. 2.15).

Таблица 2.15

## Коды объема выборки и уровни контроля

Объем партии	Код объема выборки при уровне контроля					
	специальном		общем			
	S-3	S-4	I	II	III	
2-8	↓	↓	↓	↓	C	
9-15				B	D	
16-25			B	C	E	
26-50			C	D	F	
51-90			B	D	E	G
91-150			C	E	F	H
151-280	B	D	F	G	I	
281-500	C	E	G	H/I*	J	
501-1200	Д	F	H	J	K	
1201-3200	Е	G	I	K	L	
3201-10000	F	H	J	L	M	
10001-35000	G	I	K	M	N	
35001-150000	H	J	L	N	P	
150001-500000	I	K	M	P	↑	
Свыше 500001	J	L	N	↑		

Условные обозначения:

\* – применяют *H* для объемов партии 281–400 и *I* – для объемов 401–500;

– применяют первый код под стрелкой;

– применяют первый код над стрелкой.

В качестве оценки для неизвестного среднего значения контролируемой партии следует использовать среднее арифметическое значение  $\bar{x}$  выборки. Если среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  в контролируемой партии известно, то следует использовать  $\sigma$ -план. Если среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  неизвестно, то оно может быть оценено либо через среднее квадратическое отклонение  $s$ -выборки, либо через средний размах  $R$  выборки.

В первом случае следует принять  $s$ -план, во втором случае –  $R$ -план. Для каждого типа плана контроля задаются критерии принятия решения относительно приемки или браковки контролируемой партии продукции:

– контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра;

– контроль при двух заданных границах контролируемого параметра:

а) двум заданным границам (верхней и нижней) соответствуют различные  $AQL$  ( $AQL_B$  и  $AQL_H$ ) (табл. 2.16);

б) двум заданным границам (верхней и нижней) соответствует одинаковый *AQL*.

Т а б л и ц а 2.16

Значения *AQL*

Установленное значение <i>AQL</i> , %	Значения <i>AQL</i> , применяемые для выбора плана контроля, %
До 0,049	0,04
0,050-0,069	0,065
0,070-0,109	0,10
0,110-0,164	0,15
0,165-0,279	0,25
0,280-0,439	0,40
0,440-0,699	0,65
0,700-1,09	1,0
1,10-1,64	1,5
1,65-2,79	2,5
2,80-4,39	4,0
4,40-6,99	6,5
7,00-10,9	10,0
11,0-16,4	15,0

В стандарте установлено пять уровней контроля (три общих и два специальных), определяющих соотношение между объемом партии и объемом выборки:

- общие – I, II, III;
- специальные – S-3 и S-4 (см. табл. 2.14).

Уровни контроля отличаются друг от друга объемом выборки и требованиями к контролю. Объем выборки и требования к контролю для уровня S-3 являются наименьшими. Как правило, следует использовать уровень контроля II. Уровень контроля III применяют в том случае, если приемка партий, не соответствующих установленным требованиям, приводит к большим потерям или стоимость контроля незначительна.

Уровень контроля I применяют в том случае, если требования к контролю I меньше, чем к уровню контроля II, и необоснованное принятие партии не приводит к значительным потерям.

Специальные уровни контроля S-3 и S-4 применяют в том случае, когда требуется контроль выборок малых объемов (например, при разрушающем контроле).

Выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра неизвестна и оценивается по выборочной дисперсии (*s*-план).

Контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра.

По заданному объёму партий  $N$  и выбранному уровню контроля, как правило II, из табл. 2.15 находят код объёма выборки. По коду объёма выборки и установленному значению  $AQL$  из табл. 2.17 находят объём выборки  $n$  и контрольный норматив  $k$ . Из  $n$  значений контролируемого параметра выборки вычисляют среднее арифметическое значение:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i, \quad (2.17)$$

где  $x_i$  — значение контролируемого параметра для  $i$ -й единицы продукции выборки, и величину допуска  $Q$

$$Q_B = \frac{T - x}{s}, \quad (2.18)$$

$$Q_H = \frac{\overline{x - T}}{s}, \quad (2.19)$$

где  $s$  — выборочное среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;

$Q$  — величина допуска.

Если величина  $Q_B > k_B$ ,  $Q_H > k_H$ , то партию продукции принимают. Если величина  $Q_B < k_B$  или  $Q_H < k_H$ , или хотя бы одна из величин ( $Q_B$  или  $Q_H$ ) отрицательна, то партию продукции бракуют.

**Пример 1.** Для контроля геометрических размеров изделия проверяется его толщина. Изделие соответствует требованиям документации, если толщина не превышает 300 мм. На контроль представлена партия объёмом 25 изделий. Требуется определить план контроля. Указаны: нормальный контроль, приемочный уровень дефектности  $AQL$ , равный 1 %, и уровень контроля II.

*Решение.* Дано:  $T_B = 300$  мм,  $N = 25$ ,  $AQL = 1$  % (при неизвестном  $s$ ). Выбирается  $s$ -план. По табл. 2.15 находят код объёма выборки и по табл. 2.17 — объём выборки  $n = 4$  и контрольный норматив  $k = 1,45$ .

Выборка содержит следующие значения температуры:

$x_1 = 280$  мм,  $x_2 = 295$  мм,  $x_3 = 290$  мм;  $x_4 = 283$  мм.

Вычисляют по формулам (2.1), (2.2) и (2.3)

$$\bar{x} = 287 \text{ мм}, s = 6,8 \text{ мм}, Q_B = \frac{300 - 287}{6,8} = 1,91 \text{ мм}.$$

Так как  $Q_B > k$ , партию принимают.

Таблица 2.17

## Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля

Код объёма выборки	Объём выборки	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,5	10,00
		<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>
В	3	↓	↓	↓	↓	↓			1,12	0,958	0,756	0,566
С	4	↓	↓	↓	↓	↓	1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,617
Д	5	↓	↓	↓	↓	1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,874	0,675
Е	7	↓	↓	2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755
Ф	10	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828
Г	15	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886
Н	20	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917
И	25	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936
Ж	35	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969
З	50	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00
И	75	2,66	2,55	2,41	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03
М	100	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05
Н	150	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07
Р	200	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	2,04	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07

**Пример 2..** Контролируется прочность бетона панелей. В соответствии с действующей нормативной документацией прочность бетона должна быть не менее  $200 \text{ кгс/см}^2$ . В связи с маленьким объёмом партии ( $N = 4$  – за смену) и тем, что выход значений за верхнюю границу не будет считаться браком, наиболее подходящим является контроль по количественному признаку (*s*-план) – контроль при одной заданной границе контролируемого параметра – нижней.

Уровень контроля – II, уровень несоответствий (определяемый в виде процента несоответствующих единиц продукции)  $NQL = 6,5 \%$  (устанавливается в нормативной документации или в договоре на поставку).

По объёму партии и уровню контроля в таблице 2.15 находим код объёма выборки – В. По коду объёма выборки и установленному значению *AQL* из табл. 2.17 находим объём выборки *n* и контрольный норматив *k*:  $n = 4$  и  $k = 0,756$ . Из *n* значений контролируемого параметра выборки вычисляют среднее арифметическое значение:

$$\bar{x} = \frac{214 + 219 + 231 + 200}{4} = 216.$$

Рассчитаем среднее квадратическое отклонение *s*:

$$s = 13.$$

Тогда величина допуска по нижней границе:

$$Q_n = \frac{\bar{x} - T_n}{S} = \frac{216 - 200}{13} = 1,2.$$

Поскольку  $Q_n > k$   $1,2 > 0,756$ , то партия принимается.

**Контроль при двух заданных границах контролируемого параметра.**

Верхней и нижней заданным границам контролируемого параметра соответствуют различные  $AQL$  ( $AQL_B$  и  $AQL_n$ ).

По заданному объёму партии  $N$  и выбранному уровню контроля из табл. 2.15 находят код объёма выборки. По коду объёма выборки и установленным значениям  $AQL_B$  и  $AQL_n$  из табл. 2.17 находят объём выборки  $n$  и контрольные нормативы  $k$ .

С помощью значений  $\bar{x}$  и  $s$  определяют величины  $Q_B$  и  $Q_n$ . Если величина  $Q_B < k_B$  и  $Q_n < k_n$  или хотя бы одна из величин  $Q_B$  или  $Q_n$  отрицательна, то партию продукции бракуют.

**Пример 3.** Прочность при сжатии кирпича марки 75 должна составлять от 7,5 до 10,0 МПа. Произведенная продукция контролируется партиями по 1000 изделий: уровень контроля II, нормальный контроль:  $AQL = 0,1\%$  – для нижнего предела допуска и  $AQL = 2,5\%$  – для верхнего предела. Объем выборки для  $s$ -метода составляет 35. Код  $J$ . Из табл. 2.17 находим контрольные нормативы  $k$ .

Значение прочности при сжатии в выборке распределяется следующим образом, кг/см<sup>2</sup>:

6,95; 6,04; 6,44; 7,15; 6,40; 6,44; 6,35; 6,80; 6,52; 6,29; 7,17; 5,84; 6,59;  
6,63; 6,68; 6,34; 6,70; 6,83; 6,15; 6,86; 6,70; 6,63; 6,04; 6,59; 6,25; 6,25; 6,57;  
6,67; 6,65; 6,15; 6,51; 6,96; 6,57; 6,91; 6,67.

Требуется определить соответствие критериям приемки.

*Необходимая информация*

*Полученные значения*

Объём выборки	$n$	35
Среднее значение выборки	$\bar{x}$	6,55
Стандартное отклонение	$s$	0,31
Верхнее предельное значение	$T_B$	10,0
$Q_B = \frac{T_B - \bar{x}}{s}$		7,90
Контрольный норматив	$k_B$	1,57
Нижнее предельное значение	$T_n$	7,5
$Q_n = \frac{\bar{x} - T_n}{s}$		8,23
Контрольный норматив	$k_n$	2,54

Критерий приемки  $Q_B < k_B$  и  $Q_n < k_n$   $7,9 > 1,57$  и  $8,23 > 2,54$

Данная партия отвечает критериям приемки и может быть принята.

**Контроль при двух заданных границах контролируемого параметра.** Верхней и нижней заданным границам контролируемого параметра соответствуют одинаковые  $AQL$  ( $AQL_B$  и  $AQL_H$ ).

**Пример 4.** Требуется разработать план статистического выборочного контроля по количественному признаку для партии бетонных блоков, составляющей 200 штук. Используем  $s$ -метод, уровень контроля II, нормальный контроль с  $AQL = 2,5$ .

Из табл. 2.15 находим код – G. Затем из табл. 2.17 определяем требуемый объём выборки, равный  $n = 15$  и контрольный норматив  $k = 1,47$ .

Получены следующие значения прочности, кгс/см<sup>2</sup>:

168,4; 174,6; 191,8; 198,4; 183,4; 178,4; 175,0; 183,4; 185,4; 178,6; 179,8;  
191,6; 175,7; 180,3; 185,2.

Далее вычисляем нижнее предельное значение  $Q_B = 4,12$  и  $Q_H = 2,32$ . Так как  $Q_L = 4,12 > k = 1,47$  и  $Q_U = 2,32 > k = 1,47$ , то можно сделать вывод о том, что данная партия отвечает критериям приёмки и может быть принята.

Выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра неизвестна и оценивается по размаху ( $R$ -план)

В стандартных планах для  $R$ -метода объёмы выборок кратны пяти. Выборку разбивают на подгруппы по пять изделий, определяют размах в каждой подгруппе и получают средний размах  $R$ . Если в выборке менее 10 изделий, её не разбивают на подгруппы. Для этого метода используют следующие показатели:

- коэффициент масштабности  $c$  для определения  $\sigma$  по  $R$  (табл. 2.18);
- коэффициент  $F$ , представляющий собой отношение максимального среднего размаха к разности ( $T_B - T_H$ ) (табл. 2.19).

Контрольный норматив  $k$  для каждого плана контроля вычисляют так, что критерии приемлемости имеют вид:

- для верхнего предела одностороннего допуска партия принимается, если

$$Q_B = \frac{T_B - \bar{x}}{R} \geq k,$$

- для нижнего предела одностороннего допуска партия принимается, если

$$Q_H = \frac{\bar{x} - T_H}{R} \geq k.$$

В других случаях партия не принимается. Если задан двусторонний допуск, критерии приемлемости таковы: партия принимается, если и  $Q_B \geq k_B$ , и  $Q_H \geq k_H$ ; партия не принимается, если либо  $Q_B < k_B$ , либо  $Q_H < k_H$ .



Т а б л и ц а 2.18

Коды объёма выборок и коэффициент масштаба (*R*-метод)

<i>R</i> -метод			
Код	Объём выборки	Число подгрупп	Коэффициент масштабности <i>c</i>
B	3		1,910
C	4		2,234
D	5		2,470
E	7		2,830
F	10	2	2,405
Q	15	3	2,379
H	25	5	2,358
I	30	6	2,353
J	40	8	2,346
K	60	12	2,339
L	85	17	2,335
M	115	23	2,333
N	175	35	2,331
P	230	46	2,330

Стандартная процедура для выбора плана по *R*-методу такова:

а) исходя из заданных уровней контроля (как правило, уровень контроля II) и объёма партии, необходимо определить по табл. 2.15 код объёма выборки;

б) используя заданный *AQL*, необходимо определить по табл. 2.21 объём выборки *n* и контрольный норматив *k*.

**Порядок осуществления плана контроля.** Отбирают в случайном порядке отдельные единицы выборки и измеряют в них контролируемый параметр. Результаты измерений записывают в том же порядке .

Найдя сумму  $\sum x$  всех измеренных значений *x* и поделив её на *n* (количество изделий в выборке), получают выборочное среднее:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}.$$

Определение значения величины  $\bar{R}$ :

а) если изделий 10 или более, разбивают данные в порядке выполнения измерений на подгруппы по 5 (это всегда возможно, так как по стандартным планам количество изделий в выборках большого объёма кратно пяти). Путем вычитания наименьшего измерения из наибольшего получают размах измерений в каждой подгруппе, а затем подсчитывают средний размах  $\bar{R}$ ;

б) выборки менее чем из 10 изделий на подгруппы не делят, разность наибольшего и наименьшего значений дает размах, который затем используют как средний размах  $\bar{R}$ .

Таблица 2.19

Значения  $F$  для максимального среднего размаха (MAR): R-метод

Объем выборки	Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)											
	0,01	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
3								0,833	0,865	0,907	0,958	1,028
4						0,756	0,788	0,836	0,981	0,965	1,056	1,180
5			0,695	0,727	0,730	0,764	0,801	0,857	0,923	1,011	1,118	1,263
7		0,529	0,553	0,579	0,610	0,642	0,677	0,730	0,793	1,086	1,347	
10										0,876	0,97	1,112
15	0,460	0,493	0,517	0,542	0,572	0,602	0,637	0,688	0,748	0,830	0,928	1,058
20	0,432	0,463	0,486	0,509	0,537	0,567	0,600	0,649	0,707	0,785	0,879	1,004
30	0,426	0,457	0,480	0,503	0,531	0,560	0,593	0,642	0,699	0,776	0,870	0,933
40	0,417	0,447	0,469	0,492	0,519	0,548	0,580	0,628	0,684	0,761	0,852	0,968
60	0,403	0,434	0,455	0,478	0,505	0,533	0,564	0,608	0,666	0,740	0,830	0,949
85	0,398	0,427	0,448	0,470	0,479	0,525	0,555	0,602	0,656	0,729	0,818	0,934
115	0,392	0,421	0,442	0,464	0,491	0,517	0,548	0,594	0,648	0,720	0,808	0,923
175	0,384	0,413	0,434	0,455	0,481	0,508	0,538	0,584	0,637	0,708	0,794	0,908
230	0,384	0,412	0,432	0,454	0,480	0,507	0,536	0,582	0,633	0,706	0,792	0,906
0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,0		
Приемлемые уровни качества (усиленный контроль)												
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
Приемлемые уровни качества (ослабленный контроль)												

Примечание. MAR получают путем умножения коэффициента  $F$  на разность между верхним  $T_v$  и нижним  $T_n$  пределами поля допуска, то есть  $MAR = F \cdot (T_v - T_n)$ . MAR указывает наибольшее допустимое значение среднего размаха выборки при использовании R-метода для двустороннего допуска при неизвестной дисперсии. Если средний размах выборки меньше, чем MAR, нет гарантии, что партия будет принята.

Таблица 2.20

Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля (*R*-метод)

Код объёма выборки	Объём выборки	Приемлемые уровни качества <i>AQL</i> (нормальный контроль)															
		0,10	0,15	0,25	0,40	0,25	0,40	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
		<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	
B	3													0,587	0,502	0,401	0,296
C	4									0,651	0,598	0,525	0,450	0,364	0,276		
D	5								0,663	0,614	0,565	0,498	0,431	0,352	0,272		
E	7			0,702	0,659	0,702	0,659	0,613	0,569	0,525	0,465	0,405	0,336	0,266			
F	10		0,916	0,863	0,916	0,863	0,811	0,755	0,703	0,650	0,579	0,507	0,424	0,341			
Q	15	0,999	0,958	0,903	0,958	0,903	0,850	0,792	0,738	0,684	0,610	0,536	0,452	0,368			
H	25	1,05	1,01	0,951	1,01	0,951	0,896	0,835	0,779	0,723	0,647	0,571	0,484	0,398			
I	30	1,06	1,02	0,959	1,02	0,959	0,904	0,843	0,787	0,730	0,654	0,577	0,490	0,403			
J	40	1,08	1,04	0,978	1,04	0,978	0,921	0,860	0,803	0,746	0,668	0,591	0,503	0,415			
K	60	1,11	1,06	1,00	1,06	1,00	0,948	0,885	0,826	0,768	0,689	0,610	0,521	0,432			
L	85	1,13	1,08	1,02	1,08	1,02	0,962	0,899	0,839	0,780	0,701	0,621	0,530	0,441			
M	115	1,14	1,09	1,03	1,09	1,03	0,975	0,911	0,851	0,791	0,711	0,631	0,539	0,449			
N	175	1,16	1,11	1,05	1,11	1,05	0,994	0,929	0,868	0,807	0,726	0,644	0,552	0,460			
P	230	1,16	1,12	1,06	1,12	1,06	0,996	0,931	0,870	0,809	0,728	0,646	0,553	0,462			

Примечание. Все значения *AQL* выражены в процентах несоответствующих единиц продукции.

Если заданы односторонний или двусторонний допуски, рассчитывают статистику качества  $Q$  по формулам:

$$Q_B = \frac{T_B - \bar{x}}{\bar{R}}$$

и (или)

$$Q_H = \frac{\bar{x} - T_H}{\bar{R}}.$$

Сравнивают статистику качества [ $Q_B$  и (или)  $Q_H$ ] с контрольным нормативом  $k_B$  и (или)  $k_H$ , взятого из табл. 2.20 для нормального контроля. Если статистика качества больше или равна значению  $k$ , партия принимается, если меньше – нет. Таким образом, при заданном только верхнем пределе поля допуска  $T_B$  партия принимается, если  $Q_B \geq k$ ; партия не принимается, если  $Q_B < k$ . При заданном только нижнем пределе поля допуска  $T_H$ , партия принимается, если  $Q_H \geq k$ ; партия не принимается, если  $Q_H < k$ .

При заданных и  $T_B$ , и  $T_H$  (значения  $k$  и  $AQL$  для двустороннего допуска различны) партия принимается, если и  $Q_H \geq k_H$  и  $Q_B \geq k_B$ ; партия не принимается, если  $Q_H < k_H$  или  $Q_B < k_B$ .

**Пример 5.** Контролю подвергается партия силикатного кирпича из 15000 изделий. Нижний предел поля допуска составляет 100 кг/см<sup>2</sup>. Уровень контроля II, нормальный контроль с  $AQL = 2,5$  %. По табл. 2.20 находим код  $M$ , требуемый объём выборки – 115, контрольный норматив  $k = 0,594$ . Значения прочности, полученные в выборке, описаны в табл. 2.21.

Т а б л и ц а 2.21

Номер подгруппы	$R_{сж}$ , кг/см <sup>2</sup>	Размах, $R$
1	2	3
1	137,139,144,144,148	11
2	140,145,146,146,146	6
3	146,140,140,129,133	17
4	137,144,146,130,135	16
5	146,146,140,146,137	9
6	130,146,139,144,145	16
7	140,136,129,144,140	15
8	138,129,145,141,146	17
9	129,144,138,130,130	15
10	145,145,146,141,129	17
11	134,139,140,138,147	13
12	146,140,129,135,138	17
13	143,143,143,130,146	16
14	139,144,145,130,147	17
15	130,146,129,145,145	17
16	134,144,144,131,130	14

## Окончание табл. 2.21

1	2	3
17	145,146,139,135,146	11
18	140,144,135,139,140	9
19	145,146,129,129,129	17
20	140,135,132,146,146	14
21	141,138,145,147,130	17
22	129,140,140,144,135	15
23	136,131,144,145,145	9

Необходимая информация	Полученные значения
Объем выборки $n$	115
Выборочное среднее $\bar{x}$ , кгс/см <sup>2</sup>	143,15
Средний размах $R$ , кгс/см <sup>2</sup>	14
Нижнее предельное значение $T_n$	100
$Q_n = [(x - T_n)/R]$	3,1
Контрольный норматив $k$	0,594
Сравниваем $Q_n$ с $k$	$3,1 > 0,594$

Партия соответствует критерию приемки, т.к.  $Q_n > k_n$ .

Выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра известна ( $\sigma$ -план)

Контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра

По заданному объёму партии  $N$  и выбранному уровню контроля из табл. 2.15 находят код объёма выборки. По коду объёма выборки и установленному значению  $AQL$  из табл. 2.22 находят объём выборки и контрольный норматив  $k$ . Из  $n$  значений контролируемого параметра выборки вычисляют его среднее арифметическое значение  $\bar{x}$ , а также величину

$$Q = \frac{T - \bar{x}}{\sigma}.$$

В зависимости от того, какая граница контролируемого параметра задана. Если  $Q_b > k_b$ , критерий приемки для верхнего предела имеет вид  $\bar{x} < T_b - k_b \sigma$ .

Среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра предполагается известным на основании обработки предшествующего статистического материала. Так как  $T_b$ ,  $k_b$  и  $\sigma$  известны заранее, приемочное число  $\bar{x} = T_b - k_b \sigma$  должно быть указано до начала контроля. Критерий приемки для верхнего поля допуска имеет вид: партия принимается, если  $\bar{x} < \bar{x}_b$ .

Аналогично для нижнего предела допуска: партия принимается, если  $\bar{x} > \bar{x}_n$ .

Таблица 2.22

Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля ( $\sigma$ -метод)

Код объёма выборки	Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)																				
	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>	
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,65	10,00										
<i>B</i>						2	1,36	2	1,25	2	1,09	2	0,936	3	0,755	3	0,573				
<i>C</i>					2	1,58	2	1,42	2	1,33	3	1,17	3	1,01	3	0,825	4	0,641			
<i>D</i>			1,94	2	1,81	3	1,69	3	1,44	3	1,28	4	1,11	5	0,919	5	0,728				
<i>E</i>				2	1,91	4	1,80	4	1,53	4	1,39	5	1,20	6	0,991	7	0,797				
<i>F</i>		3	2,19	3	2,07	4	1,88	6	1,78	6	1,62	7	1,45	8	1,28	9	1,07				
<i>G</i>	4	2,39	4	2,30	5	2,05	7	1,95	8	1,68	9	1,49	10	1,31	12	1,11	14	0,906			
<i>H</i>	5	2,46	5	2,34	6	2,08	7	1,96	9	1,70	11	1,51	13	1,34	15	1,13	17	0,924			
<i>I</i>	6	2,49	6	2,37	7	2,25	8	1,96	10	1,75	15	1,56	18	1,38	20	1,17	24	0,964			
<i>J</i>	8	2,54	9	2,45	9	2,29	11	2,01	12	1,88	14	1,75	15	1,56	18	1,38	20	1,17			
<i>K</i>	11	2,59	12	2,49	13	2,35	14	2,21	16	1,93	19	1,79	22	1,61	25	1,42	29	1,21	33	0,995	
<i>L</i>	16	2,65	17	2,54	19	2,41	21	2,27	23	2,12	25	1,97	28	1,84	32	1,65	36	1,46	42	1,24	49
<i>M</i>	22	2,69	23	2,57	25	2,43	27	2,29	30	2,14	33	2,00	36	1,86	42	1,67	48	1,48	55	1,26	64
<i>N</i>	31	2,72	34	2,62	37	2,47	40	2,33	44	2,17	49	2,03	54	1,89	61	1,69	70	1,51	82	1,29	95
<i>P</i>	42	2,73	45	2,62	49	2,48	54	2,34	59	2,18	65	2,04	71	1,89	81	1,70	93	1,51	109	1,29	127

**Пример 6.** Контролируется партия из 500 образцов. Образец соответствует требованиям документации, если его минимальный показатель прочности не ниже  $400 \text{ кг/см}^2$ . Известно, что  $\sigma = 21 \text{ кг/см}^2$ . Указаны значения  $AQL = 1,5 \%$ , уровень контроля II, нормальный контроль. Требуется определить план контроля.

*Решение.* Дано:  $N = 500, AQL = 1,5 \%, \sigma = 3000$ . Выбирают  $\sigma$ -план. По табл. 2.15 находят код объёма выборки. По коду из табл. 2.22 находят объём выборки  $n = 10$  и контрольный норматив  $k = 1,70$ . Выборка содержит следующие значения:

$$x_1 = 431, x_2 = 417, x_3 = 469, x_4 = 407, x_5 = 452, x_6 = 427, \\ x_7 = 421, x_8 = 476, x_9 = 400, x_{10} = 445.$$

По этим величинам вычисляют  $\bar{x} = 434,5$ . Приемочное значение  $T_n + k\sigma = \bar{x}_n = 435,7$ . Так как критерий приемки  $\bar{x} > \bar{x}_n$ , то партию бракуют.

Контроль при двух заданных границах контролируемого параметра

Верхней и нижней границам контролируемого параметра соответствуют различные  $AQL$  ( $AQL_B$  и  $AQL_H$ ).

Процедура вычисления аналогична вышеописанной. Партия принимается, если  $\bar{x} < \bar{x}_B$  и  $\bar{x} > \bar{x}_H$ .

Верхней и нижней заданным границам контролируемого параметра соответствует одинаковый  $AQL$

Если заданы верхний и нижний предельные значения с общим уровнем качества, необходимо использовать графический метод (если значение  $\sigma$  не выше максимального выборочного стандартного отклонения  $MPSD$ , взятого из табл. 2.23, то партия сразу должна быть отклонена без взятия выборки).

Рекомендуется следующая процедура:

а) с учётом объёма партии и заданного уровня контроля необходимо найти код по табл. 2.15 и объём выборки по табл. 2.24, используя код объёма выборки и  $AQL$ ;

б) из множества карт для разных кодов объёма выборки следует выбрать кривую приёмки для  $AQL$ , установленного для данного плана;

в) вычислить значение  $\frac{\sigma}{T_B - T_H}$  и через эту точку провести вертикальную прямую;

г) если эта прямая пересекает кривую приёмки, надо определить значения

$\frac{x - T_H}{T_B - T_H}$  в точках пересечения. Они образуют верхние и нижние нормированные приёмочные значения выборочного среднего.

д) критерий приёмки заключается в следующем: если среднее попадает между верхним и нижним приёмочными значениями для  $\bar{x}$  (то есть, если  $\bar{x}_H \leq \bar{x} \leq \bar{x}_B$ ), то партия принимается, в других случаях – отклоняется.

Т а б л и ц а 2 . 23

Значения коэффициента  $f_{\sigma}$  для максимального выборочного стандартного отклонения:  $\sigma$ -метод

Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)										
0,01	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00
0,147	0,157	0,165	0,174	0,184	0,194	0,206	0,223	0,243	0,271	0,304
0,10	0,25	0,40	0,65	1,00	1,5	2,5	4,00	6,50	10,00	
Приемлемые уровни качества (усиленный контроль)										
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50
										10,00
Приемлемые уровни качества (ослабленный контроль)										

П р и м е ч а н и е .  $MPSD$  получают путем умножения коэффициента  $f_{\sigma}$  на разность между верхним  $T_v$  и нижним  $T_n$  пределами поля допуска, то есть  $MPSD = f_{\sigma} \cdot (T_v - T_n)$ .  $MPSD$  указывает наибольшее допустимое значение выборочного стандартного отклонения при использовании планов с двусторонним допуском в случае с известной дисперсией. По решению уполномоченной стороны значения  $f_{\sigma}$  для усиленного контроля можно использовать при нормальном и ослабленном контроле, в этом случае выбор между  $\sigma$ -методом и  $s$ -методом не зависит от правил переключения.



Таблица 2.24

Код	σ-метод											
	<i>s</i> -метод	<i>AQL</i>										
	объём выборки	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
В	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
С	4	↓	↓	↓	↓	↓	2	2	2	2	3	3
Д	5	↓	↓	↓	↓	2	2	2	3	3	3	4
Е	7	↓	↓	2	2	3	3	3	4	4	5	5
Ф	10	↓	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7
Г	15	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	11
Н	20	5	5	6	6	7	7	8	9	10	12	14
І	25	6	6	7	8	8	9	10	11	13	15	17
Ј	35	8	9	9	10	11	12	14	15	18	20	24
К	50	11	12	13	14	16	17	19	22	25	29	33
Л	75	16	17	19	21	23	25	28	32	36	42	49
М	100	22	23	25	27	30	33	36	42	48	55	64
Н	150	31	34	37	40	44	49	54	61	70	82	95
Р	200	42	45	49	54	59	65	71	81	93	109	127

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из главных условий выхода поставщика на рынок с конкурентоспособной продукцией (услугой) является ее качество. Покупатели, выбирая продукцию, чаще всего ориентируются на имидж предприятия-производителя. Особенности предприятий стройиндустрии и сложившегося рынка услуг, безусловно, оказывают влияние на применение стандартов ИСО серии 9000:2000. Авторы монографии сочли необходимым оказать помощь специалистам предприятий стройиндустрии, занимающимся вопросами организации качества, в разработке системы менеджмента качества. Предложены планы статистического приёмочного контроля некоторых видов строительной продукции, описаны некоторые процессы СМК на предприятиях стройиндустрии, приведено нормативно-техническое обеспечение контроля качества и методы обеспечения стабильности технологического процесса и готовой продукции, даны основные методы оценки уровня качества продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 50779.71–99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
2. ГОСТ Р 50779.72–99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного качества AQL [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
3. ГОСТ Р 50779.51–95. Статистические методы. Непрерывный приёмочный контроль качества по альтернативному признаку [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
4. ГОСТ Р 50.779.41–96. Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
5. ГОСТ 50.779.40–96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1996.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ .....	5
1.1. Причинно-следственный анализ качества продукции.....	5
1.2. Контрольные листки .....	9
1.3. Диаграмма рассеяния .....	13
1.4. Статистические характеристики выборки .....	14
1.5. Полигон и гистограмма .....	17
1.6. Кумулятивная кривая.....	19
1.7. Диаграмма Парето.....	20
2. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	24
2.1. Классификация видов контроля.....	24
2.2. Входной контроль .....	27
2.3. Технологический контроль .....	35
2.3.1. Операционный контроль .....	35
2.3.2. Статистическое регулирование технологических процессов. Контрольные карты .....	39
2.4. Приемочный контроль качества .....	65
2.4.1. Нормативно-техническое обеспечение в системе контроля продукции строительных материалов.....	65
2.4.2. Статистический приемочный контроль .....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	91

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

В авторской редакции

Верстка               Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 15.08.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 5,35. Уч.-изд.л. 5,75. Тираж 80 экз.

Заказ № 515.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.