

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие

Пенза 2014

УДК 674.03

ББК 88.8

А64

Разработано в рамках проекта по реализации дополнительных программ повышения квалификации, признанных победителями по результатам конкурсного отбора 2014 года, проведенного в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров на 2012-2014 годы

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.С. Демьянова (ПГУАС)

Анализ состояния производства энергоэффективных строительных материалов: учеб.-метод. пособие / В.И. Логанина. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 36 с.

Приведены сведения о методике оценки состояния производственного процесса производства энергоэффективных строительных материалов. Приведены примеры анализа.

Пособие подготовлено на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначены для слушателей курсов повышения квалификации, обучающихся по программе «Энергоэффективные строительные материалы».

©Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Логанина В.И., 2014

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В соответствии с нормативным документом Р 50-601-20-91 «Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования)» технологический процесс производства (ТП) обобщенно может быть представлен следующей моделью, включающей:

- входные параметры X_i ;
- влияющие регулируемые параметры Z_j ;
- влияющие нерегулируемые параметры V_m ;
- выходные параметры Y_k .

Под входными параметрами понимаются параметры сырья, материалов и комплектующих изделий, из которых производится продукция.

Под влияющими регулируемыми параметрами понимаются параметры и показатели состояния технологического оборудования, энергии, технологические параметры (скорость обработки, температура и влажность, время и т.н.).

Под влияющими нерегулируемыми параметрами понимаются параметры, имеющие случайную природу или принимающие таковой характер ввиду отсутствия методов и средств, фиксирующих их изменение и влияние на технологический процесс. Сюда относятся износ обрабатываемого инструмента, отклонения дисциплинарного характера в работе обслуживающего персонала при выполнении предписанных воздействий на процесс и регулировки.

Именно параметры этой группы вызывают те значительные колебания в показателях точности и стабильности технологических процессов, которые, в свою очередь, вызывают колебания в качестве производимой, продукции.

Под выходными параметрами понимаются те фиксируемые параметры, которые и определяют: качественный состав продукции, получаемой в результате произведенного процесса. Это функциональные параметры, продукции и его эксплуатационные показатели или потребительские свойства.

Основной целью статистического анализа точности и стабильности технологического процесса является получение и обработка системати-

зированной непрерывной информации о качестве продукции, необходимой для дальнейшего совершенствования технологического процесса, а также для определения оптимальных параметров его статистического регулирования.

Под точностью технологического процесса понимается его свойство обеспечивать близость действительных значений параметров к нормируемым их значениям.

Под стабильностью технологического процесса понимается его свойство обеспечивать постоянство распределения вероятностей его параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне.

Под статистическим анализом точности и стабильности технологического процесса понимается совокупность действий по установлению статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определению закономерностей их изменения во времена.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса должен проводиться при:

- определении фактической точности технологических операций;
- оценке качества проведенного ремонта оборудования;
- внедрении новых технологических процессов, средств измерений,
- технологической оснастки и приспособлений;
- уточнении требований к качеству сырья, материалов и комплектующих изделий в случае возникновения разногласий;
- экспертизе готовности производства к выпуску продукции, соответствующей требованиям чертежей, технических условий и стандартов;
- контроле соблюдения технологической дисциплины;
- внедрении статистических методов регулирования технологического процесса и приемочного контроля качества продукции;
- аттестации технологического процесса;
- аккредитации производства;
- сертификации выпускаемой продукции и систем качества.

Общее руководство проведением работ по подготовке и обследованию технологического процесса осуществляется отделом главного технолога (ОГТ) при участии технологических служб цехов, отдела технического контроля (ОТК), бюро статистических методов контроля (БСМК).

Подготовка к проведению статистического анализа включает следующие этапы:

– проведение профилактического обслуживания и ремонта на обследуемом участке с целью приведения оборудования в состояние, соответствующее техническим условиям и технологическим требованиям. Ответственные исполнители: отдел главного механика (ОГМ).

– укомплектование процесса (операций) основным, вспомогательным и измерительным инструментом и оснасткой в соответствии с действующей технологией и спецификациями. Ответственные исполнители: техническое бюро цеха, отдел главного метролога (ОГМ).

– проведение разъяснительной работы на участке с рабочими и наладчиками, доведение до них целей статистического анализа, путей и методов его проведения. Ответственные исполнители: технолог техбюро цеха, мастер участка.

– разработка методики статистического анализа (объемы выборок, периодичность их отбора, последовательность и порядок проведения замеров, оценка параметров в представлении вида распределения для этих параметров, сопоставление оценок и распределений с нормативными параметрами, допусками). Ответственные исполнители: техническое бюро цеха, ОГТ и др.

– назначение параметров, подлежащих обследованию, исходя из цели анализа и с учетом влияния всего комплекса факторов, определяющих качество производимой продукции. Ответственные исполнители: отдел главного конструктора, отдел главного технолога, отдел технического контроля.

Одним из основных факторов, определяющих выполнение эксплуатационных показателей продукции, является точность функциональных параметров. Поэтому доказательство возможности применения статистических методов в производстве заключается в определении степени

влияния функциональных параметров на эксплуатационные показатели с учетом тех допускаемых уровней дефектности, которые должны обеспечиваться, не вызывая при этом отклонений в нормальном функционировании продукции при ее эксплуатации.

Отсюда и важность выбора параметров для статического анализа с целью последующего выбора методов и средств для их контроля. Классификации подлежат геометрические, физические параметры, а также к качеству поверхностей, их внешнему виду и т.д. К геометрическим, параметрам относятся линейные и угловые размеры, параметры резьб, формы и расположения поверхностей и т.д.

К физическим параметрам относятся электрические, магнитные, механические, химические и другие характеристики физических свойств материалов, заготовок, деталей, сборочных единиц, покупных и комплектующих изделий.

В соответствии с классификацией дефектов (критический, значительный, малозначительный) устанавливается три группы нормативов. К первой группе относятся параметры продукции, деталей и сборочных единиц, несоблюдение заданных требований к которым по точности и стабильности может привести к нарушению безопасности.

Ко второй группе относятся параметры продукции, влияющие на надежность работы изделий и их внешний вид, к третьей группе – параметры, не влияющие на безопасность и надежность работы (малозначительный дефект): незначительные отклонения в габаритных параметрах, отклонения отдельных параметров, проверяемые при последующей сборке в сборочные единицы и т.д.

Как показывает анализ классификации параметров продукции к первой группе может относиться до 5 % от общего количества параметров продукции, по второй – до 15-25 %, к третьей – до 60-85 % параметров. Именно параметры первой и второй группы подлежат статистическому анализу на точность и стабильность в первую очередь.

При выборе параметров продукции, подлежащей статистическому анализу, необходимо учитывать также затратные показатели, наличие средств измерений и вычислительной техники.

При серийном изготовлении строительных материалов и изделий в заводских условиях обеспечение соответствия показателя качества установленным требованиям должно являться основной целью при организации и подготовке производства и контроля. Вместе с тем, чрезвычайно важно не просто добиваться высоких показателей в отдельно взятые моменты времени, но таким образом организовать технологический процесс и его мониторинг, чтобы получать «стабильно» высокое качество на протяжении долгого и непрерывного периода времени.

Производство строительных материалов и изделий, как и любой технологический процесс, подвержен изменчивости, характер которой определяется влиянием множества случайных и неслучайных факторов. Сюда можно отнести изменчивость в качестве исходного сырья от партии к партии, износ технологического оборудования, несовершенство технологических приёмов, различная квалификация исполнителей и прочие. Для решения вопроса получения «стабильно» высокого качества, необходимо, в первую очередь, установить степень влияния, выявить и устранить те факторы, которые создают систематическое ухудшение качества изделия.

Вместе с тем, практика показывает, что существующая система контроля на предприятиях стройиндустрии не содержит процедур статистического регулирования технологического процесса, приемки готовых изделий. Исходя из этого, в обязанности службы качества на предприятиях стройиндустрии необходимо дополнительно включить проведение статистического анализа процесса производства.

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.

Статистическое регулирование технологического процесса – это корректирование значений параметров технологического процесса по результатам выборочного контроля контролируемых параметров, осу-

ществляемое для технологического обеспечения требуемого уровня качества продукции.

Статистический приемочный контроль качества продукции – это контроль, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям и принятия продукции.

Статистический метод оценки качества продукции – это метод, при котором значения качества показателей качества продукции определяют с использованием правил математической статистики.

Область применения статистических методов в задачах управления качеством продукции чрезвычайно широка и охватывает весь жизненный цикл продукции (разработку, производство, эксплуатацию, потребление и т.д.).

В первой четверти 20-го века знаменитый американский статистик Уолтер Шухарт создал инструментарий статистического регулирования процессов производства и качества продукции. В современной интерпретации его инструменты значительно развились и находят широчайшее применение как «статистическое управление процессами» (SPC).

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.1).

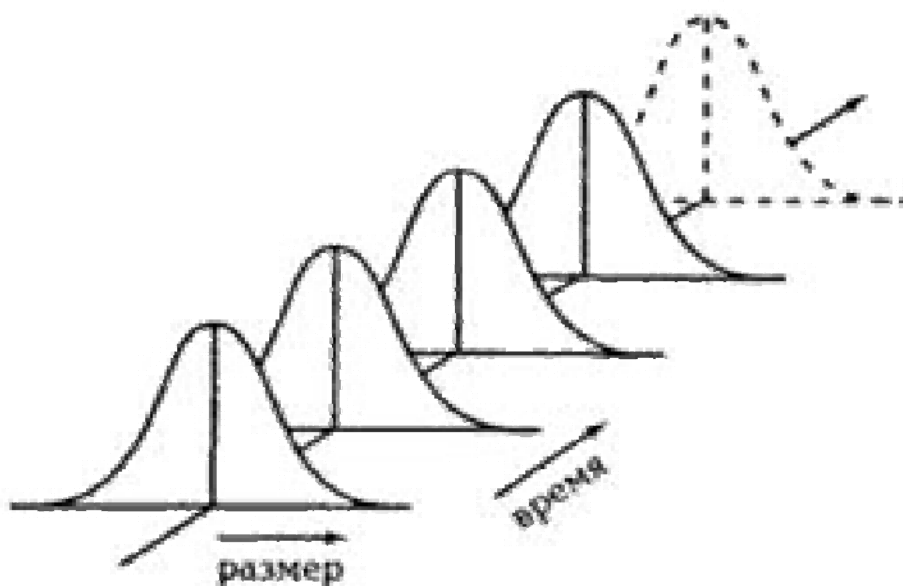


Рис. 1. Вид распределения стабильного процесса

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).

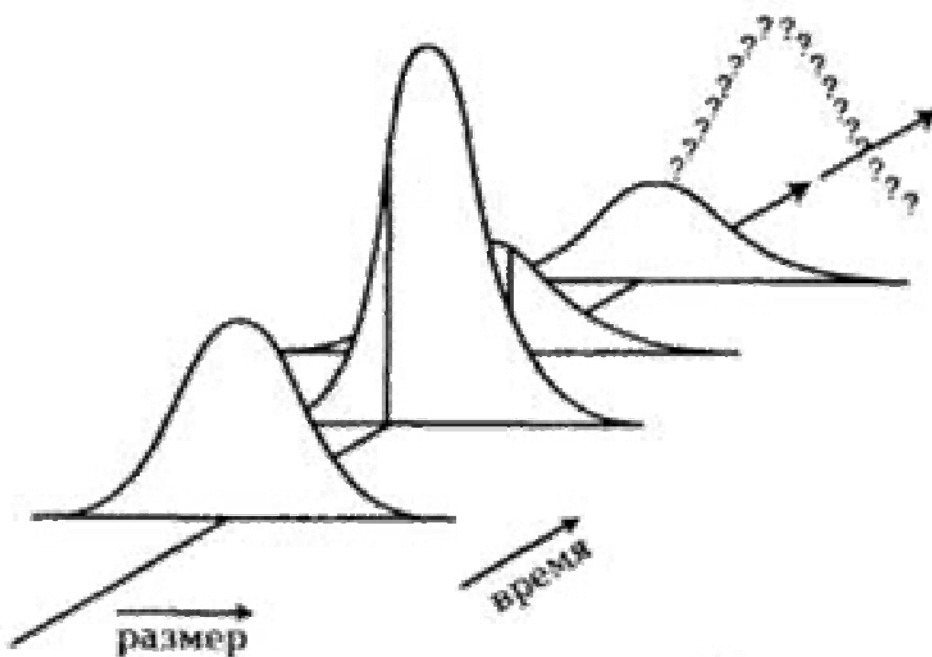


Рис. 2. Вид распределения нестабильного процесса

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.

Инструмент разделения причин вариаций на общие и специальные – это контрольные карты, изобретенные У. Шухартом в 1924 г. Контрольная карта – это временной график, показывающий расположение последовательных значений некоей характеристики/параметра процесса относительно центральной линии и одной или двух контрольных границ (рис.3).

Контрольная карта нужна для определения того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии (т. е. присутствуют только общие причины вариаций), и для поддержания этого состояния. Существует набор определенных правил, позволяющих по контрольной карте процесса обнаруживать присутствие специальных причин вариаций.

Правило Шухарта заключается в том, что действия, соответствующие наличию особых причин вариаций, должны предприниматься в тех случаях, когда наносимые точки выходят за любую из контрольных границ.

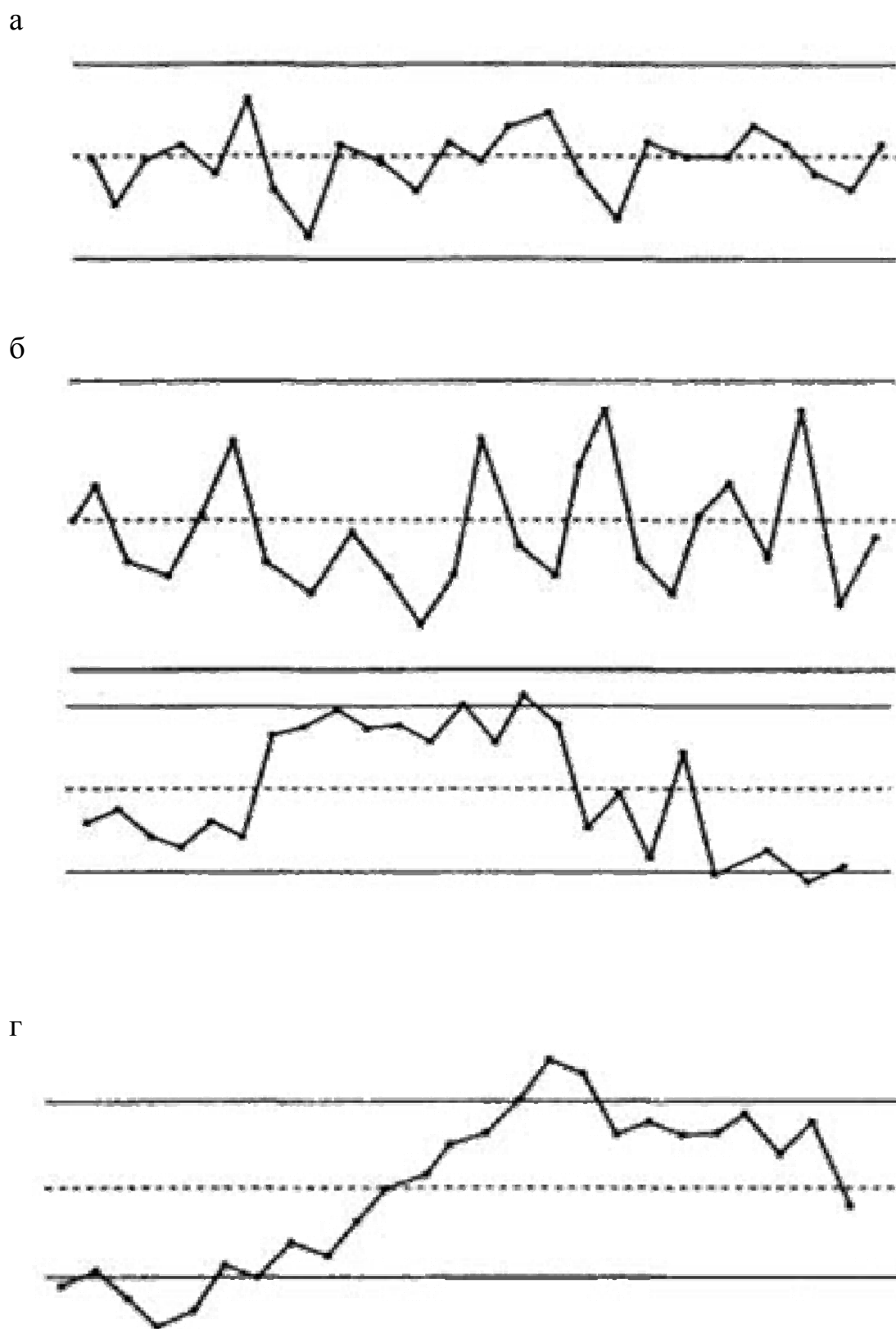


Рис.3. Контрольные карты стабильного (а,б) и нестабильного (в,г) процесса

Цель контрольных границ — выявление того, как процесс протекает сейчас и как он может протекать.

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.

Эффективное управление процессом связывается с принятием оптимальных воздействий на процесс. Необходимо избегать как излишнего, так и недостаточного управления. Формирование воздействий на процесс существенно зависит от того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии (работает ли процесс под статистическим контролем) или вышел из под контроля.

Разделение причин вариаций на общие и специальные принципиально для принятия правильных управленческих решений, поскольку

уменьшение вариаций в этих двух случаях требует различного подхода. Специальные причины вариаций требуют локального вмешательства в процесс, тогда как общие причины вариаций требуют вмешательства в систему и принятия решений высшим менеджментом, в том числе и по вопросам выделения ресурсов на улучшение процесса. В связи с этим весьма актуальным является организация на производстве процесса мониторинга, направленного на постоянную диагностику ситуации. Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы было ясно, какие решения следует принимать на ее основе.

Локальное вмешательство обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему (т.е. это линейный персонал, линейные руководители и т.д.). Вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента.

С другой стороны, излишнее вмешательство в стабильный процесс будет ошибочным решением (излишней регулировкой), которое чаще всего приводит к ухудшению характеристик процесса.

С практической точки зрения ситуация сводится к диагностике стабильности и воспроизводимости процессов. Возможна следующая ситуация, когда процесс:

- 1) стабилен и воспроизводим;
- 2) стабилен, но невоспроизводим;
- 3) нестабилен, но воспроизводим;
- 4) нестабилен и невоспроизводим.

В первом случае вмешательства со стороны руководства и линейного персонала не требуется, во втором случае требуется вмешательство высшего руководства. В третьем случае требуется безотлагательное вмешательство в процесс со стороны линейного персонала с целью обнаружения этой специальной причины вариабельности и её скорейшего устранения. В четвертом случае так как процесс не стабилен, и не воспроизводим, то требуется вмешательство линейного персонала для обнаружения причин специальных вариаций и приведение процесса в статистически управляемые условия. Затем можно проводить мероприятия, направленные на изменение системы со стороны высшего руководства

1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ

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.

Индексы были впервые внедрены японскими фирмами, а в 1986 году применены в США фирмой «Форд моторс» во взаимоотношениях с поставщиками и с тех пор успешно применяются во всем мире.

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 зна-

чение параметра не указано, то значения C_p , C_{pk} , P_p и P_{pk} следует рассчитывать по формулам:

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_I} = \frac{\Delta}{6\sigma_I}, \quad (1)$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_I}; \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_I}\right), \quad (2)$$

$$P_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_T}, \quad (3)$$

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

$$P_{pk} = \min\left(\frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_T}\right). \quad (4)$$

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

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_I}, \quad (5)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества НГД, то

$$C_p = \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_I}; \quad (6)$$

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

$$P_p = \frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_T}, \quad (7)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества НГД, то

$$P_p = \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_T} \quad (8)$$

Связь индексов воспроизводимости с показателями процесса иллюстрирует рис.4.

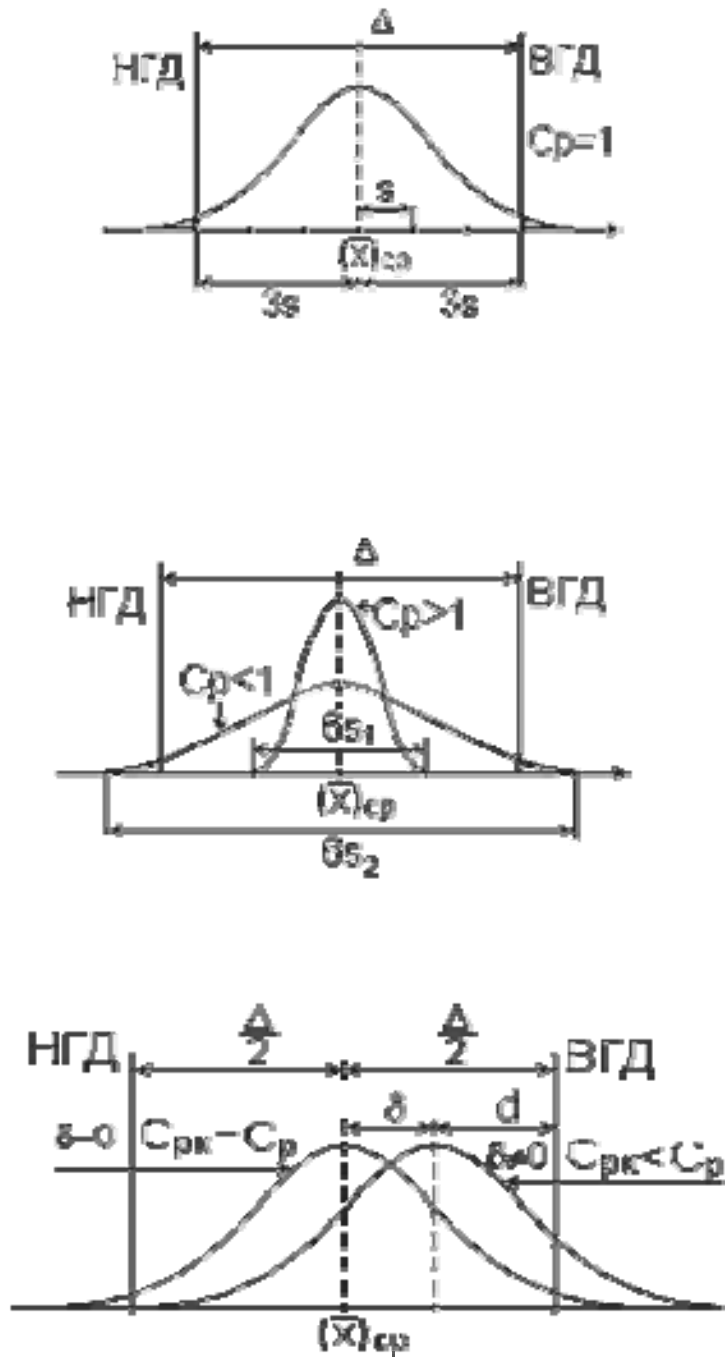


Рис. 4. Иллюстрация связи величин индексов с параметрами процесса

Если индивидуальные значения (результаты измерения отдельных единиц продукции) подчиняются нормальному распределению, то по табл. 1 для стабильного процесса можно оценить ожидаемый уровень несоответствий. Значение ожидаемого уровня несоответствий в этом случае равно половине значения (в процентах несоответствующих единиц продукции % или ppm), указанного в таблице для полученного по формуле (7) или (8) значения .

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}

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 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, можно определить интервал, в котором находится ожидаемый уровень несоответствий. По значению из табл.2 определяют максимально возможное зна-

чение ожидаемого уровня несоответствий, по значению – минимально возможное.

Т а б л и ц а 2

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

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. 6σ) 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 $\pm 3\cdot\sigma$. 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 $\pm 3\cdot\sigma$, то 2700 деталей из миллиона будут бракованными.

Если допустимый разброс равен $\pm 4\cdot\sigma$, 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 $\pm 5\cdot\sigma$, то индекс воспроизводимости C_p такого процесса равен 1,67. В этом случае процент годных деталей составит 99,99994266 %, что соответствует 0,5 бракованных деталей на миллион.

Наконец, если допустимый разброс равен $\pm 6\cdot\sigma$, то индекс C_p равен 2. Процент годных деталей равен 99,999999803 % и брак укладывается в 0,00197 деталей на миллион. Очевидно, что такой индекс воспроизводимости C_p гарантирует практически абсолютное качество выпускаемых деталей.

Для обеспечения индекса воспроизводимости C_p равного 1 используется 100 % поля допуска детали, для получения $C_p = 1,33$ необходимо ограничиваться 75 % поля допуска и для обеспечения $C_p = 2$ надо использовать только 50 % поля допуска (рис. 5).

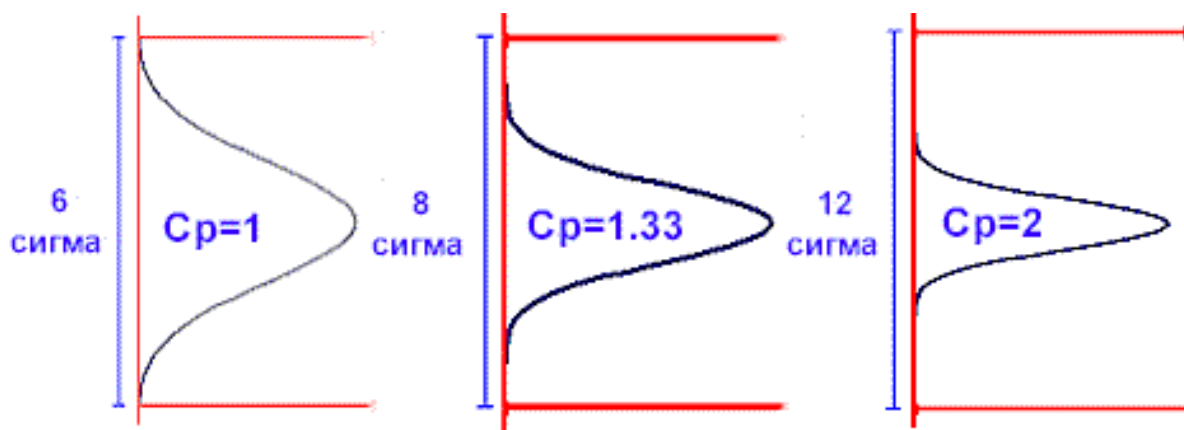


Рис.5. Индексы C_p для различных диапазонов распределения процесса

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.

Оценка точности технологических процессов. После того как были выяснены форма и ширина распределения на основании сопоставления с допуском, исследуют, возможно ли по данному технологическому процессу производить качественные изделия. Другими словами, появляется возможность по результатам обследования количественно оценить точность технологических процессов. С этой целью можно использовать следующую формулу:

$$K_T = \frac{6S}{T},$$

где K_T – коэффициент точности технологического процесса;

$T = T_B - T_H$ – допуск изделия;

$S = \sigma$ – среднее квадратическое отклонение.

Точность технологического процесса оценивают исходя из следующих критериев:

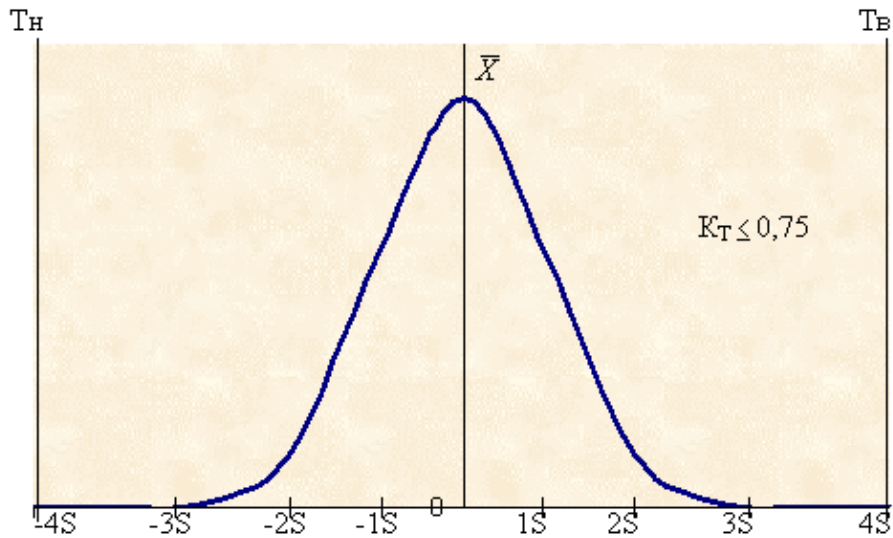
$K_T \leq 0,75$ – технологический процесс точный, удовлетворительный;

$K_T = 0,76 - 0,98$ – требует внимательного наблюдения;

$K_T > 0,98$ – неудовлетворительный. В этом случае необходимо немедленно выяснить причину появления дефектных изделий и принять меры управляющего воздействия.

Зависимость коэффициента точности технологических процессов от его параметров иллюстрирует рис.6.

а



б

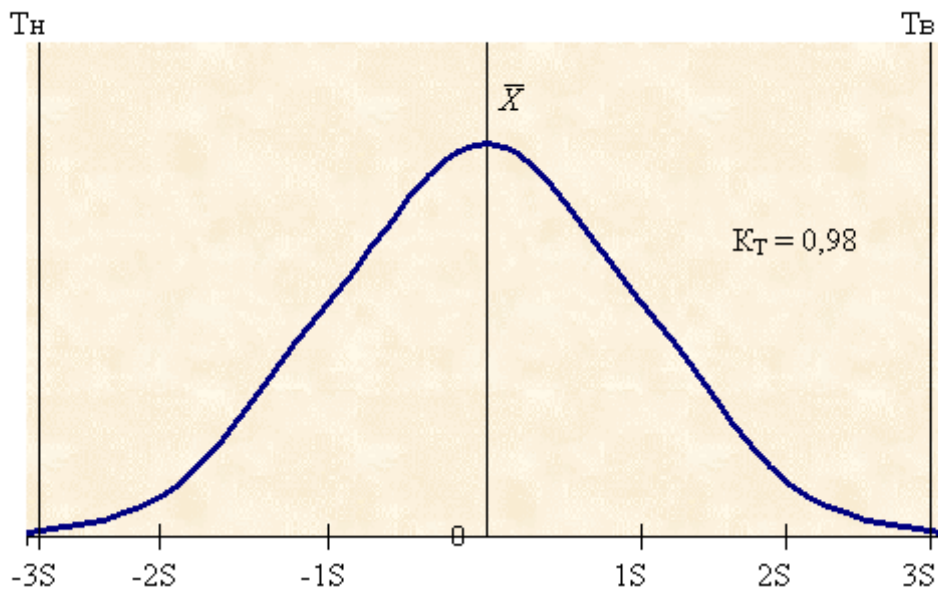


Рис. 6. Зависимость коэффициента точности технологических процессов от его параметров (начало):
а – точность стабильна, поскольку имеет запас точности; б – целиком заполнено поле допуска, имеется опасение, что появятся дефектные изделия

В

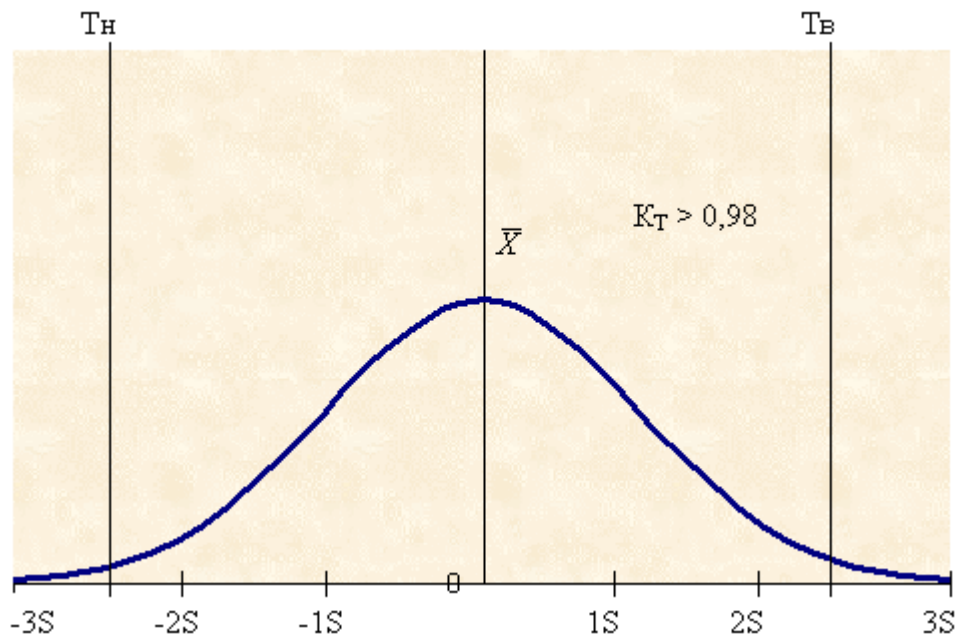


Рис. 6. Зависимость коэффициента точности технологических процессов от его параметров (окончание):
в – по обе стороны допуска появляются дефектные изделия

2. ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА

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 (рис. 7):

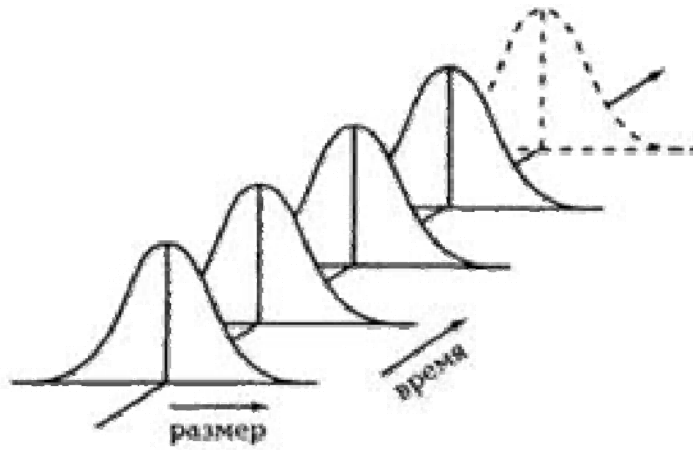
- стабилен и по разбросу и по положению среднего арифметического (состояние А);
- стабилен по разбросу, но нестабилен по положению
- нестабилен по разбросу (состояние В).

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

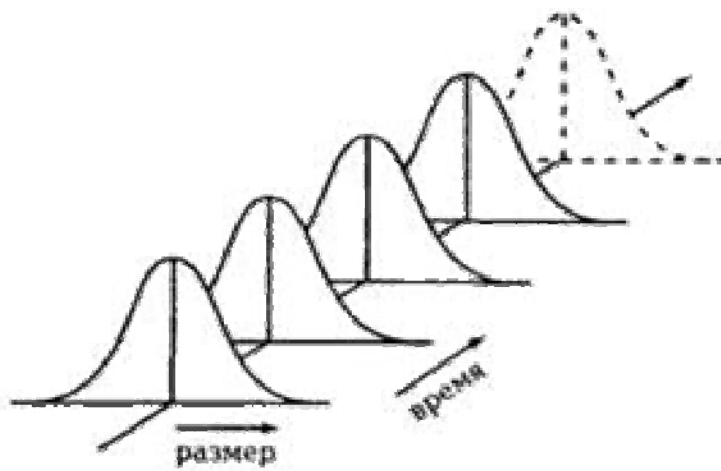
Состояние В характеризуется отсутствием признаков особых причин соответственно на MR -, R - или S -карте, но и наличием таких признаков на X - или \bar{x} -карте.

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

Состояние А



Состояние Б (изменить)



Состояние В

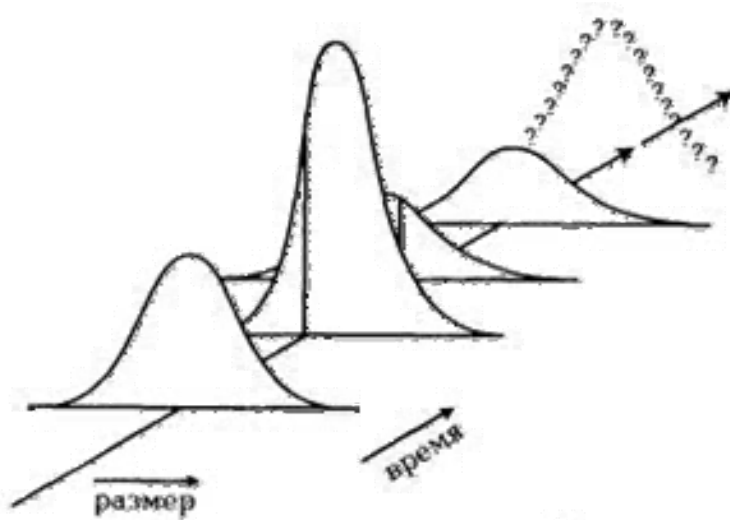


Рис. 7. Графическая иллюстрация типичных состояний процесса

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 σ_I , по одному из следующих способов в зависимости от вида контрольной карты Шухарта по ГОСТ Р50779.42 :

– при использовании X - и MR -карт Шухарта

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (9)$$

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

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (10)$$

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

$$\sigma_I = \frac{\bar{S}}{c_4}, \quad (11)$$

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. 3.

Т а б л и ц а 3

Значения коэффициентов для расчета оценок стандартного отклонения

n	d_2	c_4
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
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

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, \quad (12)$$

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.

3. НОМИНАЛЫ (ЦЕЛЕВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)

Усилия по обеспечению качества изделий проходят четыре фазы. На первой фазе надо просто “делать деталь, как предписано”, причем проверка обычно используется для отбраковки по принципу “годно – не годно”, чтобы удостовериться, что все детали попали внутрь заданных на чертеже границ допуска. Вторая фаза – применение контрольных карт для установления стабильности процессов. Третья фаза – минимизация изменчивости для достижения однородности изделий. Идеи предупреждения дефектов (то есть предотвращение брака в процессе изготовления) и постоянное усовершенствование – часть этой фазы. Четвертая фаза – реализация улучшенной воспроизводимости процесса в более точной настройке средних на оптимальное значение показателя качества изделия или более традиционно – в минимизации затрат (то есть времени сборки). Последняя фаза не менее важна, чем предшествующие. Инженеры-разработчики концентрируются на вопросе “сколь многофункциональное изделие было бы лучше всего” вместо того, чтобы выяснить, сколько характеристик надо учитывать, чтобы изделие могло функционировать. Таким образом, инженеры-производственники должны теперь добиваться требуемого среднего (то есть целевого) значения, а также сохранять низкую изменчивость, чтобы процесс оставался между границами допуска.

Наиболее распространенное целевое значение, которое применяется на сегодняшний день, – середина между пределами допуска. Это значение часто выбирается как целевое (номинал) для снижения затрат, так как при этом минимизируется вероятность производства бракованного изделия. Сегодня эксцентричные номиналы чаще всего применяются для целенаправленного подбора размеров пар деталей, чтобы облегчить сборку, или для целевого подбора таких размерных цепей на операциях сборки, которые минимизировали бы трудности при проведении разборки. На рис. 8 показано соотношение целевого значения (T), воспроизводимости процесса и затрат.

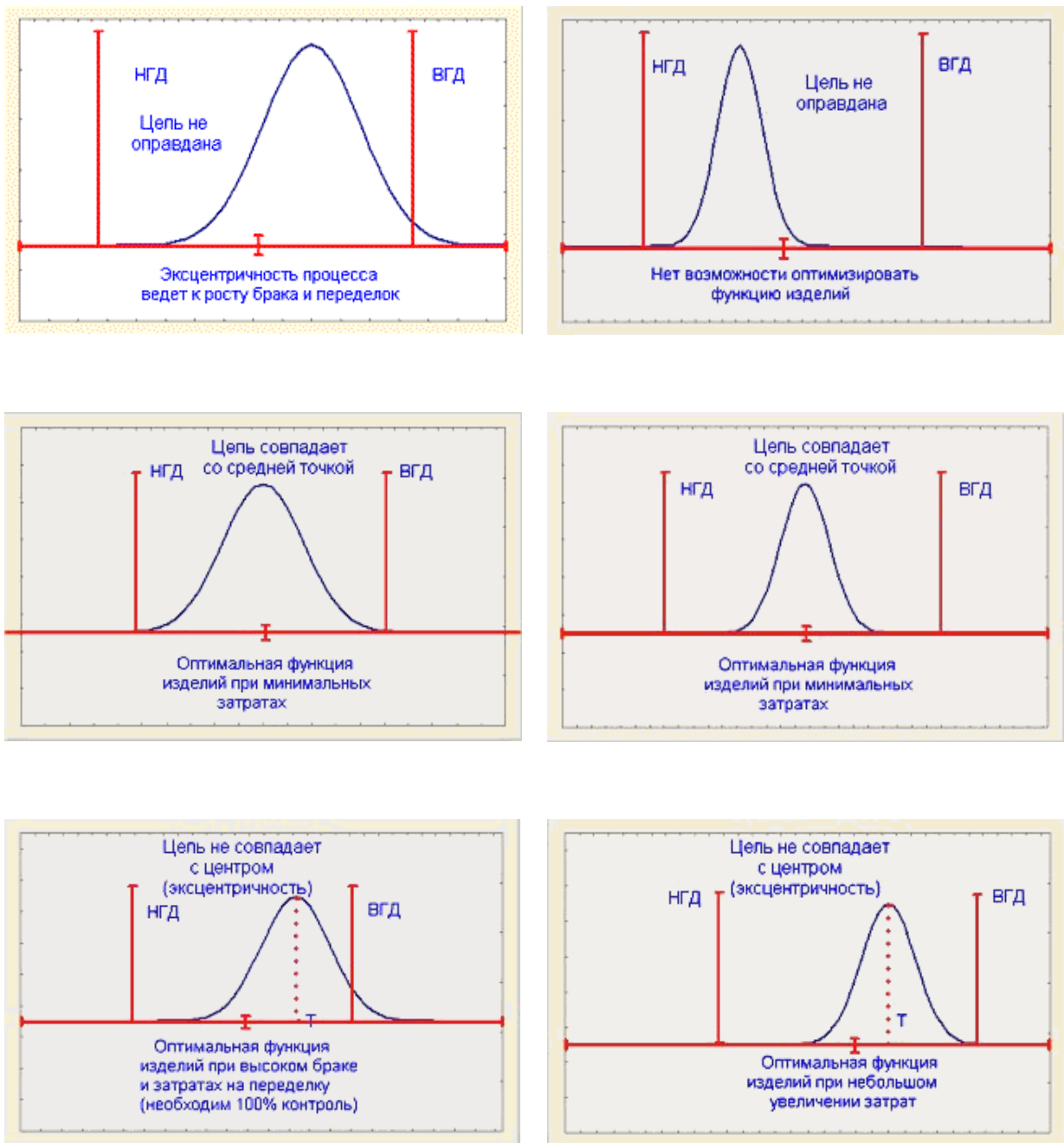


Рис.8. Воспроизводимость процесса в случае использования целевых значений (номиналов)

Пример применения статистических методов при анализе процесса . Система контроля качества предусматривает использование индексов воспроизводимости и пригодности процесса. Используются данные производства бетона марки 200 на одном из предприятий стройиндустрии г.Пензы (значения прочности при сжатии бетона плит покрытий, кгс/см² табл. 4).

Значение средней прочности составляет $\bar{x} = 155,56$ кгс/см², Отпускная прочность бетона в летний период составляет 70 % от проектной: нижняя граница допуска 140кгс/см², верхняя граница допуска – 175кгс/см².

Т а б л и ц а 4

№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	R	\bar{x}
1	150	155	155	160	140	20	152,0
2	153	156	162	157	146	16	154,8
3	158	149	151	159	161	12	155,6
4	162	152	154	161	147	15	155,2
5	164	158	168	168	163	10	164,2
6	144	152	161	147	154	17	151,6

Стабильность процессов оценивали на основе выборок с использованием контрольных карт Шухарта (на рис. 11 приводится контрольная \bar{x} -R карта). Как видим, что на \bar{x} -карте имеются точки вне границ регулирования: процесс стабилен по разбросу, но не стабилен по положению среднего. Это свидетельствует о возможности действия некоторых особых причин вариаций.

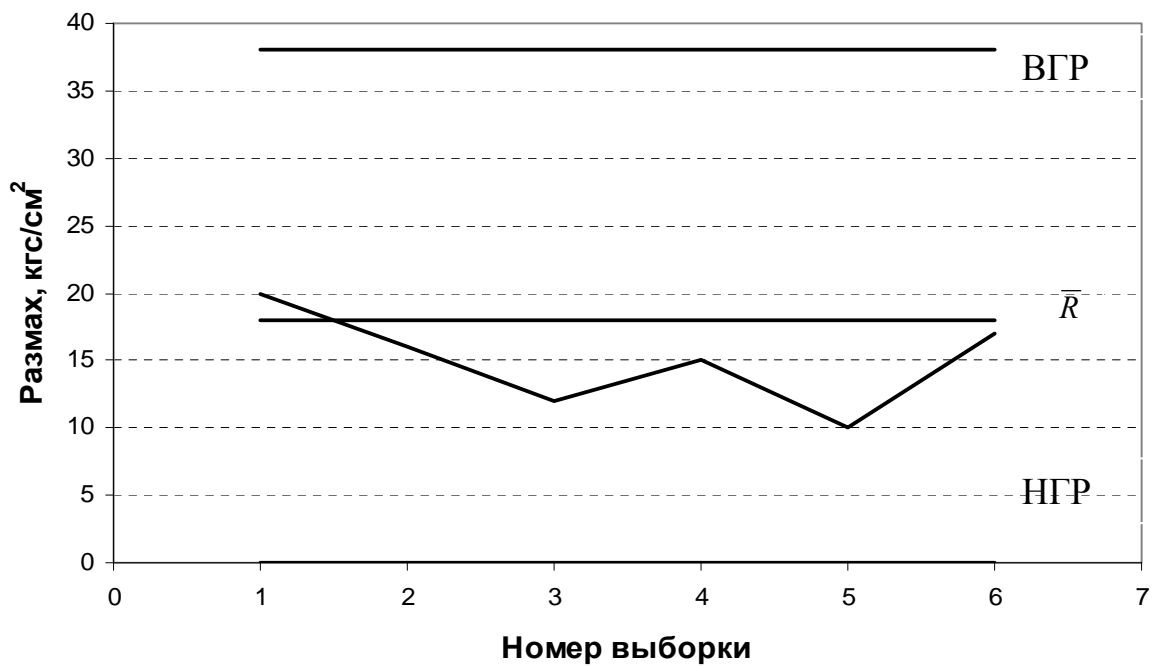
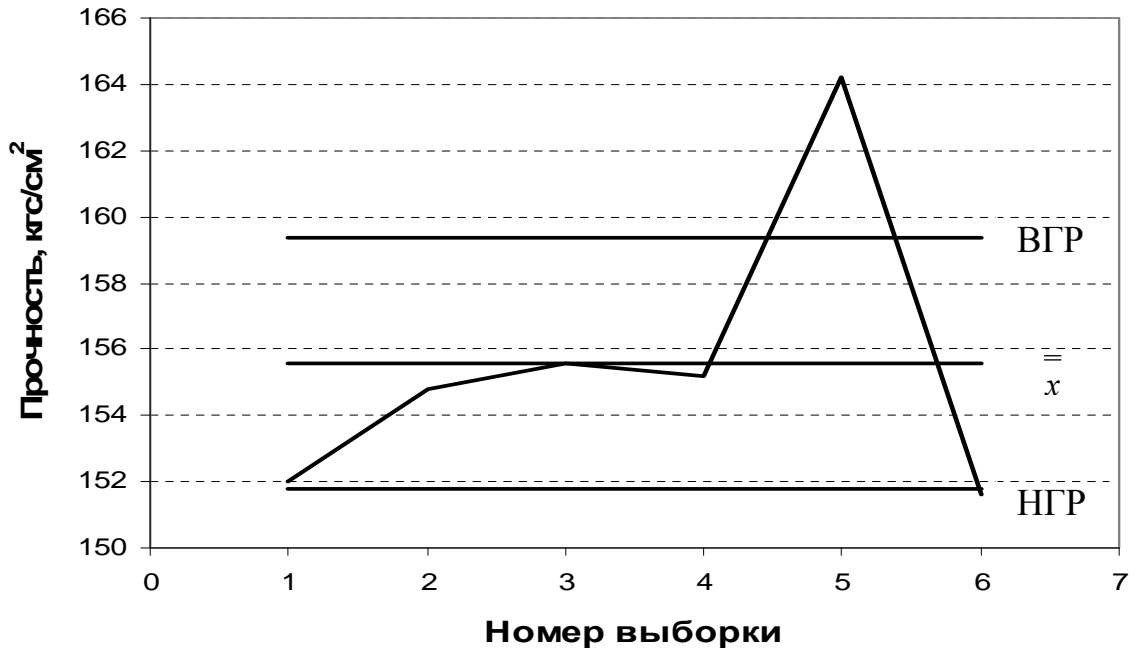


Рис. 11. \bar{x} -R карта

По собственной и полной изменчивости (вариабельности) процесса оценивали индексы воспроизводимости и пригодности (по данным, которые использованы для построения контрольных карт Шухарта). Собственная изменчивость зависит от влияния только обычных (общих)

причин вариаций, которые легко определялись по выборочным стандартным отклонением:

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{15}{2,32} = 6,44 \text{ кгс/см}^2.$$

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

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

Полная изменчивость процесса оценивалась по выборочным стандартным отклонениям:

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = 6,946 \text{ кгс/см}^2,$$

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.

Показатели процесса равны:

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_I} = \frac{\Delta}{6\sigma_I} = \frac{175 - 140}{6 * 6,44} = 0,905,$$

$$P_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6\sigma_T} = \frac{175 - 140}{6 * 6,946} = 0,8398,$$

$$P_{pk} = \min\left(\frac{\text{ВГД} - \bar{x}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{x} - \text{НГД}}{3\sigma_T}\right) = \min\left(\frac{175 - 155,56}{3 * 6,946}; \frac{155,56 - 140}{3 * 6,946}\right) = 0,7467.$$

Как видно, процесс стабилен по разбросу и $C_p = 0,905$. Однако процесс не стабилен по настройке и среднее значение показателя качества смещено относительно центра поля допуска. Значения P_p и P_{pk} малы: процесс следует считать процесс неприемлемым. Требуется корректирующие меры для настройки процесса на середину поля допуска, устраняя влияние особых причин вариации. Если процесс оставить без улуч-

шений, то уровень несоответствий такого процесса прогнозируется ориентировочно не более 2,63 %, но не менее 0,64 %. При стабильной настройке процесса на середину поля допуска уровень несоответствия составит 0,64 %.

Применение индексов воспроизводимости и пригодности процесса в системе контроля качества продукции позволяет наглядно оценить возможность снижения процента несоответствующей продукции за счет снижения и устранения влияния неслучайных (особых) причин изменчивости (обеспечение стабильности процессов), а также снижения влияния случайных (обычных) причин изменчивости (повышение возможностей процессов удовлетворять установленные требования).

Таким образом, применение более совершенной системы контроля качества позволяет своевременно принять предупреждающие и корректирующие действия, что позволит выявить резервы повышения качества продукции, снизить финансовые затраты на исправление брака, повысить конкурентоспособность предприятия.

Задание

По данным, приведенным в табл.5, оценить стабильность процесса производства кирпича керамического марки 100.

Т а б л и ц а 5

№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	125	103	115	122	114
2	113	106	122	117	126
3	108	129	111	119	101
4	112	112	124	111	117
5	104	118	128	108	103

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Какой процесс считается стабильным?
2. Как оценить воспроизводимость процесса?
3. Назовите причины вариаций.
4. От чего зависит полная изменчивость процесса?
5. Как можно регулировать процесс производства, чтобы он стал стабильным и воспроизводимым?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 50779.70-1999. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL (IDT).

2. ГОСТ Р 50779.71-1999. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL (IDT).

3. ГОСТ Р 50779.72-1999. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного уровня качества LQ (IDT).

4. ГОСТ Р 50779.73-1999. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Планы выборочного контроля с пропуском партий (IDT).

5. ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980). Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.

6. ГОСТ Р 50779.21-2004. Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.

7. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993). Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

О Г Л А В Л Е Н И Е

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ	14
2. ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА	23
3. НОМИНАЛЫ (ЦЕЛЕВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)	28
Задание	34
Вопросы для самоконтроля знаний	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	35

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 10.12.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 80 экз.
Заказ №473.

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