

Сравнительные результаты экспериментальных и аналитических исследований представлены на рисунке 4.

$$A = 553 \text{ МПа}; B = 601 \text{ МПа}; C = 0,0134; D_0 = 1; E = 1; n = 0,234; m = 1; \beta = 0^\circ; \\ \alpha = 0^\circ; \dot{\varepsilon}_0 = 1 - s; T_{\text{raum}} = 293 \text{ К}; T_{\text{schmelz}} = 1733 \text{ К}; T_b = 1 \text{ К}; k = 0. \quad (21)$$

Литература

1. К анализу механики резания упрочняемого материала. Стружкообразование / Оленин Л.Д.: Известия МГТУ «МАМИ», 2008. №1 (2) – с. 183-190.
2. К анализу механики резания цилиндрическим сверлом с перемычкой / Оленин Л.Д.: Известия МГТУ «МАМИ», 2011, № 2 (12) – с. 180-188.
3. О контактных напряжениях при внедрении плоского и скругленного пуансонов в полупространство / Оленин Л.Д.: Материалы Международного научного симпозиума. М.: МГТУ МАМИ, 2005.
4. Металловедение: учеб. для вузов. 6-е изд. / Гуляев А.П.: М.: Металлургия, 1986 – с. 544.
5. Johnson, G.R., Cook W.H.: A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. In Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics, Vol. 547, p. 541 - 547, Den Haag, 1983.

Статистическое управление производственными процессами – ключ к успеху современного промышленного предприятия

к.т.н. Локтев Д.А.

ЗАО «ИТЦ Технополис»

+7 985 764 27 89, d.loktev@technopolice.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные аспекты применения методов статистического управления процессами в современном производстве, а также основные этапы внедрения подобных систем на базе современных средств измерения и программного обеспечения.

Ключевые слова: обеспечение качества, статистическое управление процессами, SPC, пригодность процесса.

Идеальный и реальный подход к технологическим процессам

При выпуске любого изделия требования к качеству (в отличие от требований к процессу производства) предопределены на этапе конструирования изделия и не могут изменяться при изготовлении изделия. Конструктор определяет основные параметры готового изделия. Эти требования практически всегда диктуются рынком – потребителем, с одной стороны, и конкурентами, с другой. Иными словами – продукт должен полностью удовлетворять пожелания потребителя и быть при этом не хуже, а, главное, дешевле, продукта конкурента. При этом с ужесточением конкуренции на рынке, происходит постоянное ужесточение требований к продукту. После определения требований к готовому изделию, конструктор назначает требования к параметрам отдельных деталей. Эти требования превращаются в поля допусков на определенные размеры. При этом конструктор исходит из предпосылки, что технологический процесс обязательно реализует назначенные им допуски, и изделие будет иметь запланированные параметры. Назначенный конструктором допуск определяется только возможными изменениями параметров изделия и очень редко учитывает возможные сложности при изготовлении детали.

После этапа конструирования необходимо разработать технологический процесс на отдельные детали. И тут начинаются первые сложности. Технолог, планирующий технологический процесс, пытается подобрать оборудование и параметры процесса исходя из конструкторских требований. И тут появляются первые сложности. Жесткие допуски, назначенные в соответствии с требованиями рынка, могут не соответствовать возможностям оборудования или могут требовать применения современного прогрессивного более точного инструмента. В любом случае практически всегда появляется необходимость в приобретении нового обо-

рудования и оснастки. Но технолог практически всегда уверен, что эти потребности в инвестициях не будут удовлетворены. Отчасти это объясняется отсутствием оборотных средств (ведь новое изделие только ставится на производство и пока не приносит денег, следовательно, финансирование изготовления этого нового изделия должно идти из денег, заработанных на других проектах или полученных от инвестора). Другой причиной может быть ограничение по стоимости изготовления изделия. Как уже было указано выше, всегда существуют ограничения рынка по стоимости готового продукта. С учетом запланированной рентабельности проекта определяется возможный уровень себестоимости продукта, и, как следствие, предельный уровень затрат. Во многих случаях расчет показывает, что реализация указанных конструктором требований без серьезных инвестиций и, соответственно, без превышения запланированного уровня затрат невозможна. И в этом случае технолог вынужден искать компромисс с конструктором или «выкручиваться» из сложившейся ситуации различными методами, описание которых выходит за рамки данной статьи.

Итак, технолог смог разработать технологию, по всем представлениям обеспечивающую нужные требования к изделию. Начинается процесс реализации этой технологии. Детали изготавливаются, проходят технический контроль и, в составе изделия, отгружаются потребителю. И тут опять, возможно, возникнут сложности. Неожиданно выясняется, что детали не соответствуют установленным допускам. Это может выясниться на стадии технического контроля, и тогда необходимые меры принимаются внутри производства. Худшим вариантом является получение рекламации от заказчика. Это означает, что несоответствие допускам проявилось у изделия в целом и привело к несоответствию параметров готового изделия согласованной спецификации.

В любом из этих «негативных» сценариев присутствует «разбор полетов», проведение соответствующих изменений в технологии, но результат зачастую аналогичен рассмотренному выше. Самое неприятное заключается при этом в том, что несоответствие полю допуска отдельных деталей или несоответствие всего изделия согласованной спецификации проявляется не всегда, а в произвольные моменты времени. Естественной реакцией руководства является ужесточение требований к техническому контролю под широко известным лозунгом: «Поставим заслон браку на пути к потребителю».

И здесь данный производитель встает на проверенный путь: «Обеспечить качество выпускаемой продукции за счет 100% проверки изготавливаемых деталей». Такой метод обеспечения качества, несомненно, имеет право на существование, но принципиально отличается от методов, применяемых ведущими мировыми компаниями на протяжении двух - трех последних десятилетий.

Обеспечение качества за счет 100% контроля является традиционным методом, применяемым до сих пор практически на всех предприятиях бывшего Советского Союза. При применении этого метода (рисунок 1) проблема обеспечения качества решается достаточно просто: необходимо отделить хорошие детали от плохих деталей. При этом, по большому счету, неважно, где (на какой операции) и по какой причине произведен брак. Важно только вовремя определить брак. Хорошие детали попадают на сборку и отгружаются покупателю, а плохие детали подвергаются дополнительному анализу – можно ли из них сделать хорошие детали (исправимый брак) или нет (неисправимый брак).

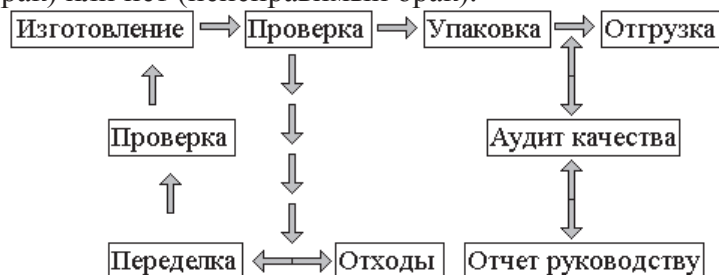


Рисунок 1. Традиционная система обеспечения качества

Достаточно очевидно, что чем больше деталей производится и чем сложнее эти детали (чем больше признаков надо подвергать контролю), тем более многочисленная армия кон-

тролеров требуется для проверки этих деталей.

Также очевидно, что выявленный брак надо компенсировать: детали надо доработать (если это исправимый брак), или выпустить новые детали взамен неисправимого брака. Необходимость компенсации брака приводит, с одной стороны, к увеличению производственного плана, с другой стороны, к увеличению производственных затрат. Увеличение плана не может происходить бесконечно. Если существуют резервы по производительности оборудования, то они используются для компенсации исправимого и неисправимого брака. Если же производительности процессов не хватает, то на сборку начинают попадать детали, находящиеся на границе между хорошими и бракованными. Если же и этих деталей не хватает, то производство обращается к конструктору за разрешением на выпуск продукции с отклонениями. Конструктор вынужден расширять допуски на изготавливаемые детали, на сборку попадает продукция, которая ранее была бы признана бракованной, но это позволяет решить проблему производительности. Через какое-то время качество деталей может улучшиться и старые конструкторские допуски могут вернуться на место. Затем ситуация может опять ухудшиться и все может повториться снова.

Применение методов 100% контроля существенно увеличивает производственные затраты. Как уже было показано выше, если решается только задача определения брака, а не предотвращения его получения, то затраты существенно увеличиваются за счет компенсации брака. Но, кроме этой статьи затрат, себестоимость детали существенно увеличивается за счет затрат на измерение деталей. Если деталь (например, блок цилиндров автомобильного двигателя) имеет около 1000 различных параметров (признаков), подлежащих контролю, и в сутки изготавливается 300 таких блоков, то группа контроля качества должна измерить и принять решение о соответствии 300.000 параметров в сутки. Такое количество замеров требует соответствующего количества персонала, соответствующего количества средств измерения, что, в свою очередь, существенно повышает затраты на производство изделий и снижает возможную прибыль данного предприятия.

Необходимость тотальной проверки изделий вызвана тем, что технологический процесс, как правило, не всегда производит бракованную продукцию. Ситуацию, когда процесс производит только бракованную продукцию, мы рассматривать не будем. Это связано либо с неправильным назначением допусков, либо с полной непригодностью процесса для выпуска данных изделий. Такие ситуации встречаются достаточно редко. В остальных случаях определенную часть времени процесс производит годную продукцию, затем бракованную, затем опять годную, затем на границе брака и так далее. Система контроля качества действует в каждый момент времени по-разному, либо принимая продукцию, либо направляя её на доработку, либо обращаясь к конструктору за разрешением.

При таком традиционном подходе менеджмент предприятия вынужден постоянно принимать решения, связанные с необходимостью реагировать на отсутствие годных деталей и нести дополнительные затраты, иногда существенные, на контроль изделий и восполнение брака.

Современная система качества направлена не на предотвращение попадания на сборку деталей с отклонениями, а на создание такого процесса, который производил бы детали без отклонений. На самом деле, если процесс в определенные промежутки времени производит годные детали, потом начинает производить детали с отклонениями, потом опять годные, и такой переход происходит неоднократно, значит, существуют какие-то причины, заставляющие процесс поступать таким образом. Отсюда можно сделать вывод, что если найти и устранить эти причины, то процесс всегда будет давать годную продукцию.

Такой современный, подход принципиально отличается от рассмотренного выше традиционного подхода к обеспечения качества за счет 100% контроля изделий. Он также требует нового отношения менеджмента предприятия и производства к вопросам обеспечению качества. Для реализации этого подхода надо собрать в течение определенного времени данные о параметрах продукции, проанализировать их, найти источники изменений и устранить их. Затем поддерживать процесс в этом состоянии, периодически контролируя параметры

изделий. Если процесс остается в устойчивом состоянии, то можно быть уверенным, что на сборку будут попадать только годные детали. Решение проблемы качества изделий будет сопровождаться значительным увеличением прибыли за счет сокращения затрат на стопроцентный технический контроль, доработку исправимого брака и изготовление дополнительных деталей взамен неисправимого брака. В то же время внедрение нового метода потребует определенных затрат, иногда значительных, которые достаточно быстро компенсируются увеличением прибыли.

Реализовать анализ имеющихся проблем, влияющих на качество изделий, можно с помощью методов математической статистики. И в этом случае говорят о применении статистического управления процессами. Само понятие статистического управления процессами определяется как использование статистических методов для достижения качества продукции или услуги путем защиты процесса от нежелательных изменений.

Само понятие «статистика» вызывает у большинства из нас негативные эмоции. Это связано, на наш взгляд, с двумя фактами. Первый – многие сразу вспоминают про недостоверность статистики, ставшей уже притчей во языцех. Достаточно вспомнить приписываемую Уинстону Черчиллю фразу: «Я верю только в ту статистику, которую сам фальсифицировал». И известную цитату из Марка Твена: «Существует три вида лжи: ложь, гнусная ложь и статистика». Справедливости ради отметим, что это относится к так называемой описательной статистике, оперирующей глобальными данными, которые потом легко подвергаются неверной интерпретации политиками и журналистами.

В случае статистического управления процессами речь идет о математической статистике. И здесь вступает второй фактор негативных эмоций. Само это понятие ассоциируется у многих с теоретическими курсами высшей школы, вызывающими смертельную скуку и не имеющими ничего общего с практическим производством.

Попробуем в следующем разделе показать, что статистическое управление процессами, хоть и основано на методах математической статистики, все равно не требует от инженерных работников глубоких математических знаний и обеспечивает достоверность получаемых результатов.

Реализация системы статистического управления процессом

Любому процессу в природе свойственна изменчивость. В ходе процесса на него воздействует огромное количество различных факторов, меняющих сам процесс и его результат. Рассматривая обработку резанием, можно найти десятки причин, воздействующих на процесс. Например, твердость заготовки не является величиной постоянной и даже у самых хороших поставщиков колеблется в диапазоне 10...30 единиц HB. Даже самый хороший станок обладает повторяемостью позиционирования не лучше 1...5 мкм. И таких примеров множество. Это означает, что изменение таких факторов неминуемо приведет к изменениям в параметрах обрабатываемых деталей.

Однако все эти факторы влияют на процесс в очень малой степени и в большинстве случаев очень сложно выделить влияние одного из таких факторов. Такие причины изменения процесса называются обычными. Благодаря тому, что обычных причин очень много и каждая из них оказывает небольшое влияние, часто компенсируемое другими обычными причинами, процесс остается стабильным. Со статистической точки зрения стабильный процесс имеет стабильное распределение (рисунок 2, а).

Если процесс становится нестабильным, это всегда связано с появлением особых причин или с изменением совокупности обычных причин. Особыми называются такие причины изменения процесса, которые можно обнаружить и идентифицировать. Любая особая причина может привести к выходу процесса из стабильного состояния. Тогда процесс, с точки зрения статистики, имеет непостоянное распределение (рисунок 2, б).

Тогда задачей статистического управления процессом является обнаружение и устранение особых причин изменения свойств продукта, приводящих к появлению продукта, несоответствующего заданным параметрам.

Реализация системы статистического управления процессами происходит в несколько

этапов.

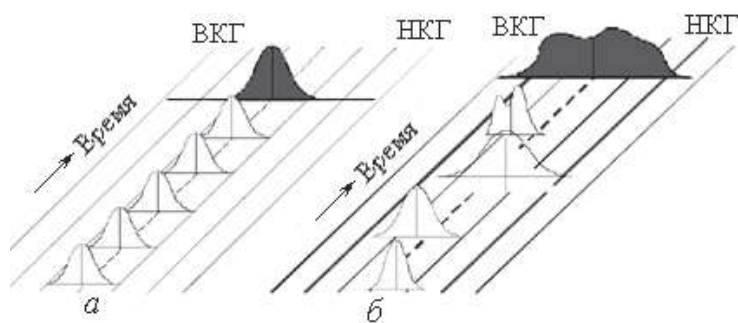


Рисунок 2. Стабильный (а) и нестабильный (б) процессы

В основе всего статистического управления процессами лежит анализ и интерпретация исходных данных, полученных от различных источников. Если оцениваются геометрические параметры изделия, то исходные данные получаются от различных средств измерения. Также могут использоваться дискретные признаки, имеющие два состояния (например, наличие или отсутствие дефекта).

Поэтому сначала определяют набор признаков, по которым контролируется годность детали. Этими признаками являются размеры и параметры детали с определенными допусками. В зависимости от роли, которую выполняют контролируемые признаки в обеспечении функций готового изделия, они могут разделяться на критические, очень значимые, значимые и малозначимые. В зависимости от вида признака могут быть сформулированы разные требования к стабильности его реализации.

При изготовлении изделия различные признаки (параметры качества) формируются на различных стадиях технологического процесса. Поэтому на втором этапе реализации системы статистического управления процессами надо определить, где, как и когда будут производиться измерения выбранных признаков. Под словом «где» надо понимать и операцию технологического процесса, и организацию места измерения. «Как» подразумевает назначение необходимых средств измерения (об этом чуть далее) и реализацию самого процесса измерения. «Когда» в данном случае касается, в первую очередь, определения объема выборки деталей для измерения и периодичности измерения данной выборки.

При выборе места измерения и средств измерения обязательно надо учитывать необходимость обеспечения достоверности данных, передаваемых в систему статистического анализа. Достоверность данных связана с двумя основными факторами – однозначностью получаемых данных и независимостью передачи данных от субъективных факторов. Первый фактор связан с применением определенных средств измерения. На сегодняшний день применение цифровых средств измерения является практическим требованием при создании системы статистического управления процессами. Действительно, трудно говорить о достоверности данных при считывании информации с нониуса обычного средства измерения, поскольку каждый оператор видит немного другие значения и это ставит под сомнение однозначность получаемых данных. Второй фактор также связан с применением цифровых средств измерения и требует прямой связи средства измерения с системой фиксации передаваемых значений. При вмешательстве человеческого фактора в этот процесс (оператор считывает показания со средства измерения и затем вручную заносит их в систему фиксации значений) возникает опасность преднамеренного или случайного искажения данных.

Заканчивая краткое описание этого этапа создания системы управления процессами, отметим, что для дальнейшего анализа управляемости процесса и для отражения текущей статистики передаваемые данные должны сопровождаться всем набором информации об измеряемом изделии и показателях процесса, при которых это изделие было изготовлено. Только в этом случае можно эффективно провести соответствующий анализ возникающих особых причин.

После определения признаков и методов их измерения, необходимо убедиться в том, что применяемые средства измерения позволяют объективно оценивать качество выбранных признаков. Иными словами, средство измерения должно быть пригодно для измерения дан-

ной величины. При этом речь идет не о физической пригодности (например, о невозможности измерить параметры шероховатости с помощью средств измерения линейных размеров), а о соответствии максимальной погрешности и неопределённости измерения необходимой точности измерения, связанной с полем допуска измеряемого параметра. Существуют различные нормы, определяющие соотношение между полем допуска измеряемого признака и максимально допустимой погрешностью средств измерения. Это всегда является первым этапом определения пригодности средства измерения. Если максимально допустимая погрешность средства измерения превышает 30% (это требование ГОСТа) поля допуска измеряемого признака, то практически во всех случаях средство измерения будет признано непригодным. Кроме того, разрешение измерительной системы не должно превышать 5% поля допуска измеряемого признака. Если эти два требования выполнены, то производят проверку пригодности системы измерения в реальных условиях измерения с участием реальных контролеров. Для оценки пригодности средств измерения на практике применяются различные методы. Определяются индексы пригодности C_g и C_{gk} , показатели $G R\&R$ (сходимость и воспроизводимость), а в некоторых случаях и другие показатели пригодности средств измерения. Весь комплекс оценки средств измерения нормируется и относится к области статистических методов. В европейской автомобильной промышленности применяется стандарт *VDA 5*, а американская автомобильная промышленность применяет комплекс норм, носящих название *MSA (Measuring System Analysis* – анализ измерительных систем). Совсем недавно появился стандарт ИСО, регламентирующий проверку пригодности средств измерения – *ISO 22514-7:2012*.

После того, как подобраны и определены оцениваемые признаки, проверена пригодность соответствующих средств измерения, переходят к реализации следующего этапа создания системы управления процессами – проверяют пригодность оборудования к изготовлению деталей изделий определенной точности.

Для этого на применяемом оборудовании обрабатывают сначала одну деталь. По результатам измерения производят соответствующие коррекции для получения признаков в середине заданного поля допуска. Затем обрабатывают последовательно пять деталей, производят полный замер выбранных признаков и оценивают разброс результатов. На этом уровне можно провести необходимые коррекции. Например, если обработка пяти деталей выявит тренд изменения размера из-за износа инструмента, то можно предусмотреть соответствующие средства программной или аппаратной компенсации станка для устранения этого тренда. И затем на станке обрабатывается пятьдесят деталей. По результатам этой обработки можно определить краткосрочные индексы воспроизводимости. Поскольку выборка мала, международные стандарты устанавливают достаточно высокие требования к этому параметру. Если эти требования выполнены, то можно говорить о том, что данное оборудование пригодно для реализации требуемых полей допусков обрабатываемого изделия.

Таким образом, проверив пригодность обрабатывающего оборудования и пригодность применяемых средств измерения, мы можем переходить непосредственно к реализации управления процессом.

Нас интересует всего два вопроса – находится ли процесс в стабильном (управляемом) состоянии и, если да, насколько устойчиво это управляемое состояние. Иными словами, может ли процесс после соответствующей настройки, производить годные изделия и насколько надежно он может это делать. Для оценки возможностей процесса оставаться в управляемом состоянии применяются показатели процесса - индексы воспроизводимости и пригодности процесса.

Если процесс находится в статистически управляемом состоянии, то по показателям процесса с заданной вероятностью можно предсказать дальнейшее поведение процесса и, как следствие, возможную долю дефектных продуктов. В зависимости от этого можно принимать решения о периодичности контроля изделий. Однако показатели процесса эффективно работают только в том случае, если процесс находится в статистически управляемом состоянии, т.е. отсутствуют специальные причины изменчивости процесса. Этот факт сначала надо

подтвердить.

Для оценки стабильности процесса и выявления наличия особых причин применяют контрольные карты. Теория и практика применения контрольных карт была разработана к середине прошлого века и с тех пор постоянно улучшается. Для контроля процесса строятся две контрольные карты (рисунок 3) – средних значений и стандартных отклонений (или размахов). Первая карта позволяет оценивать стабильность положения среднего значения наблюдаемого параметра. Вторая показывает рассеивание (разброс) значений рассматриваемого параметра. Контрольные карты надо применять только в паре, иначе возникает опасность принятия ложного решения.

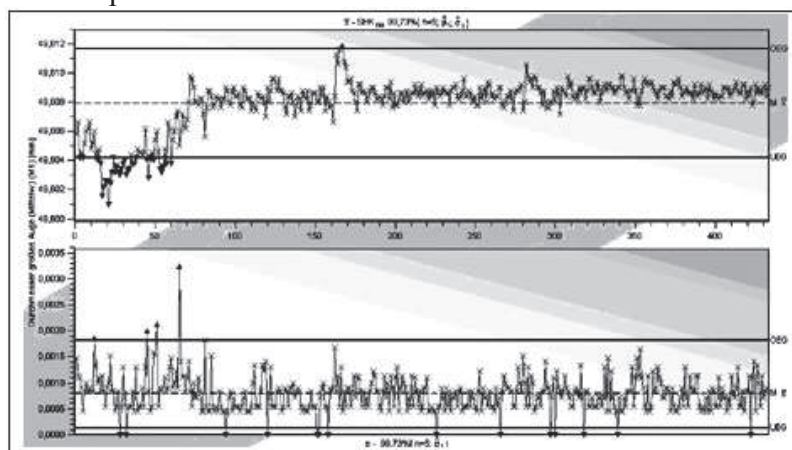


Рисунок 3. Контрольные карты Шухарта

В начале эпохи применения контрольных карт все необходимые расчеты производились вручную. Хотя в основе контрольных карт лежит достаточно серьезная теория математической статистики, сами расчеты для построения точек на карте достаточно просты. По мере развития вычислительной техники расчет контрольных карт был полностью автоматизирован.

При создании каждой контрольной карты сначала рассчитывают значения верхней и нижней контрольных границ на основе набора данных измеряемой величины. Затем для выборки данных производится оценка текущего состояния процесса, которая фиксируется в виде точки на контрольной карте. Основным признаком выхода процесса из статистически устойчивого состояния является попадание одной из точек за контрольные границы. Существуют и другие критерии оценки управляемости процесса по контрольным картам (наличие определенных трендов в расположении точек).

Если точка выходит за контрольные границы, то ответственный персонал принимает решение о необходимости регулировки процесса. Определяется специальная причина, повлиявшая на стабильность процесса, и предпринимаются действия, направленные на ликвидацию «ущерба» от этой специальной причины. После этого осуществляется дальнейший контроль процесс до тех пор, пока контрольные карты не покажут полную управляемость процесса.

Контрольные карты позволяют качественно оценить наличие особых причин и эффективность проводимых мероприятий по их устранению. Если контрольная карта показывает, что процесс статистически управляем (не нарушается ни один критерий управляемости процесса), то можно оценивать, насколько стабилен процесс. Для количественного определения стабильности процесса применяются специальные индексы воспроизводимости и индексы пригодности процесса. Индекс воспроизводимости C показывает соотношение допустимого разброса процесса (т.е. ширины поля допуска) к фактическому разбросу процесса (рисунок 4). Величина $C = 1$ соответствует границе воспроизводимости процесса (это соответствует контрольным границам на контрольных картах). В абсолютном большинстве случаев минимальной величиной воспроизводимости процесса принимается значение больше единицы (обычно 1,33). В этом случае фактический разброс процесса не должен превышать 75% от поля допуска и процесс гарантирует при сохранении устойчивости получение не более 84

бракованных деталей на миллион изготовленных деталей.

Индекс воспроизводимости C_p отражает потенциал процесса, но не учитывает расположение границ фактического разброса относительно номинала рассматриваемой величины. Для учета центрирования процесса применяют индекс воспроизводимости C_{pk} , который оценивает расстояние между средним значением процесса и ближайшей границей поля допуска. Чем выше этот показатель, тем лучше центрирован процесс. Для абсолютно центрированного процесса C_p совпадает с C_{pk} .

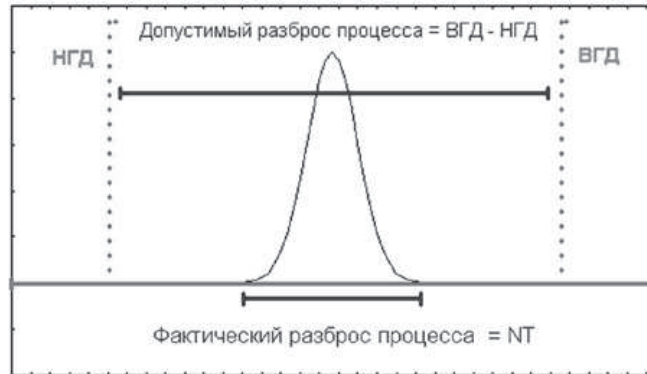


Рисунок 4. Индекс воспроизводимости

В определенных случаях вместо индекса воспроизводимости C_p и C_{pk} рассчитывают индекс пригодности P_p и P_{pk} . Отличие этих групп индексов заключается в методе оценки фактического разброса процесса. В общем, все четыре индекса объединяются общим названием показателей возможности процессов.

Таким образом, сочетание анализа контрольных карт и расчета показателей возможности процессов дает возможность качественно и количественно определить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии. Если ответ на этот вопрос отрицателен, то существует определенный алгоритм действий по приведению процесса в управляемое состояние и определенные инструменты для этой работы. Не вдаваясь в подробности, упомянем среди таких инструментов диаграмму причинно-следственных связей (диаграмму Исикавы, «рыбий скелет») и диаграмму Парето.

Комплексное решение

У читающего эту статью к данному моменту может возникнуть ощущение, что реализация статистического управления процессами требует значительных затрат как умственных, так и материальных. На самом деле это не так. С помощью квалифицированных консультантов реализация системы статистического управления процессами может быть осуществлена в сжатые сроки с оптимальными вложениями.

Для этого нужно выполнить всего два базовых условия – оснастить производство современными средствами измерения, позволяющими реализовать надежное получение и передачу данных процесса, и реализовать саму систему управления. Это проще всего сделать с помощью специализированного программного обеспечения, например, фирмы *Q-DAS*. Фирма *Q-DAS*, которую на территории России и Украины представляет Группа Технополис, предлагает полный набор программных средств для реализации статистического управления производством и является мировым лидером в этом направлении.

Концепция программного продукта для статистического управления производством на основе современных средств измерения носит название *CAMERA* и реализована на шести уровнях (рисунок 5).

На первом уровне осуществляется сбор данных с помощью различных средств измерения, пригодных для измерения рассматриваемых величин и создающих значения параметров процесса в достаточном объеме и с достаточным уровнем достоверности. Для связи средств измерения с системами оценки параметров процесса и для получения данных в нужном формате применяются специализированные программные продукты (*procella My.SPC* и *O-QIS*). Отметим, что созданные фирмой *Q-DAS* форматы данных поддерживаются практически всеми поставщиками измерительных систем.

На втором уровне полученные данные подвергаются первичной оценке с помощью этих же программных продуктов. Результатом оценки являются параметры (показатели) процесса – ход процесса, гистограммы, контрольные карты, индексы воспроизводимости и пригодности и т.д. Эти результаты оценки могут быть представлены в различной форме в зависимости от получателя этих результатов.

На третьем этапе данные передаются в центральную базу данных.

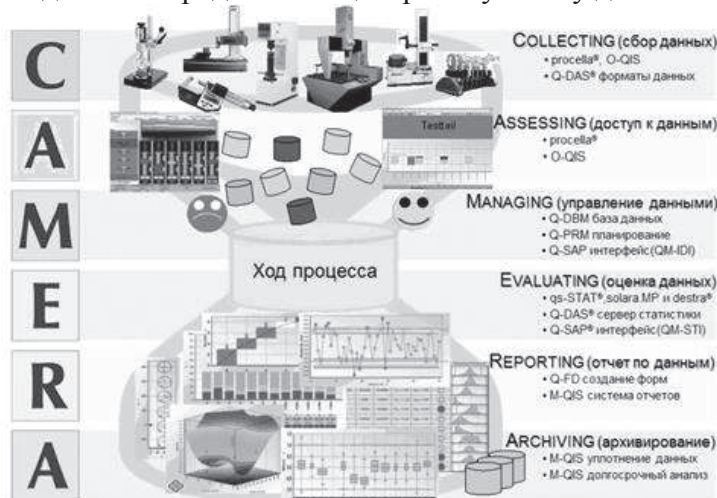


Рисунок 5. Схема концепции CAMERA

На четвертом этапе при необходимости производится более глубокий анализ полученных данных. С помощью программного продукта *solara.MP* реализуется анализ пригодности средств измерения. Программный продукт *qs-STAT* предназначен для получения практически любых статистических оценок процесса, а программный продукт *destra* позволяет с применением статистических методов (например, регрессионного и вариационного анализа) оптимизировать изучаемый процесс.

На пятом уровне происходит составление отчетов по проведенным оценкам. Формы и наполнение отчетов можно изменять в зависимости от адресата получения отчета.

Наконец, шестой уровень обеспечивает архивацию полученных данных для дальнейшего хранения и проведения долгосрочного анализа.

Литература

1. Эванс Дж. Управление качеством: учебн. Пособие / Дж. Эванс.-М.: Юнити-Дана, 2007.
2. Статистические методы повышения качества. Монография / пер. с англ. Ю.П. Адлера, Л.А. Конарева; под ред. Кумэ.-М.: Финансы и статистика, 1990.
3. Экономический контроль качества произведенного продукта. У.А. Шухарт: Вэн Нострэнд К., Нью-Йорк, 1931 – с. 50.
4. ГОСТ Р 50779.40-96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
5. ИСО 7966-93 Приемочные контрольные карты.

Совершенствование процесса обработки винтовых поверхностей

Щавелев П.А., д.т.н. Клепиков В.В., к.т.н. Солдатов В.Ф.
Московский государственный индустриальный университет
8(495)620-39-59 mcgrendel@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обработки винтовых поверхностей, а также автоматизация производства за счет использования САПР систем. Рассматривается проблема базирования заготовок, и приводится зависимость способа базирования от способа обработки и формы заготовки.

Ключевые слова: винтовые поверхности, САПР система, обрабатывающие центры с ЧПУ