

# Инновационные средства обеспечения управляемости технологических процессов



**Д. А. Локтев,**  
к. т. н., доцент,  
генеральный директор  
ООО «Технологические покрытия»  
d.loktev@technopolice.ru



**С. Б. Егоров,**  
к. т. н., доцент, кафедра  
автоматизированных систем  
обработки информации и управления,  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
egorovsergey@yandex.ru



**А. В. Капитанов,**  
д. т. н., профессор, доцент, кафедра  
автоматизированных систем  
обработки информации и управления,  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
av.kapitanov@stankin.ru



**В. Г. Митрофанов,**  
д. т. н., профессор, кафедра автоматизированных  
систем обработки информации и управления,  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
v.mitrofanov@stankin.ru



**Т. П. Егорова,**  
научный сотрудник, кафедра автоматизированных  
систем обработки информации и управления,  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
mag.t.egorova@gmail.com

*В статье анализируются инновационные средства и способы проверки управляемости технологических процессов изготовления деталей на основе использования современного метрологического оборудования. Исследуется необходимость учета соответствия средств измерения параметрам точности процесса. Делается вывод о том, что необходима разработка метрологического проекта, подбор соответствующих средств измерения, пригодных для данного проекта по своим точностным параметрам. Исследуются основные принятые на сегодня показатели оценки - индексы пригодности и воспроизводимости процесса. Делается вывод о необходимости внедрения статистических методов контроля и воздействия на процесс для поддержки его управляемости. Приводятся иллюстрации использования современных программных средств по статистическому анализу, а также характеристики современного метрологического оборудования.*

**Ключевые слова:** управляемость технологических процессов, метрологическое оборудование, воспроизводимость процесса, индексы пригодности, статистический анализ.

Можно ли за две недели добиться управляемости процесса или избавиться от брака?

Ответ на поставленный вопрос звучит следующим образом: «Да, если Вы применяете подходящие средства измерения, подходящее программное обеспечение для оценки параметров процесса и можете быстро влиять на технологию обработки» [1-2].

Рассмотрим три примера из производственной практики. Каждый из примеров по-своему показательен, поскольку отражает различные производственные ситуации. Объединяет эти три примера одно – приме-

няемое для оценки и визуализации процесса специализированное программное обеспечение (в данном случае ПО «qs-STAT» фирмы Q-DAS (Германия) - мирового лидера в области пакетов ПО для управления процессами) [3-11].

В первом примере обрабатывается вал, представленный на рис. 1.

Общее представление руководства предприятия о процессе достаточно четко определено – процесс выдает только годные детали (процент замеченного брака крайне мал), но есть определенные подозрения,

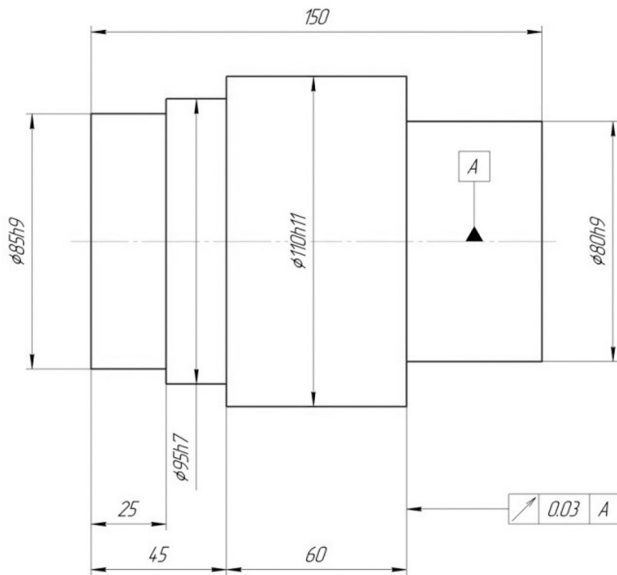


Рис. 1. Чертеж вала

что процесс недостаточно управляем. При предпроектном исследовании специалистов насторожил тот факт, что многие признаки проверяются неподходящими средствами измерения. Часть признаков контролируется жесткими калибрами, что не позволяет сделать никаких реальных выводов о качестве детали и процесса, поскольку отсутствуют количественные показатели. Эти признаки иногда проверяются на современной трехкоординатной измерительной машине, но практически только при наладке на новую партию деталей и при подозрении на брак. Другая часть признаков контролируется ручными средствами измерения, которые для ряда размеров не удовлетворяют установленным допускам и поэтому не могут быть признаны пригодными. Это относится, например, к обоим диаметрам с полем допуска  $h9$ . Они контролируются штангенциркулями, хотя для их адекватного измерения требуются цифровые микрометры. Наконец, еще одна часть признаков не контролируется вообще, поскольку должна обеспечиваться техпроцессом, инструментом и оборудованием. Применяемое заказчиком оборудование (импортные токарные станки с ЧПУ) теоретически в состоянии обеспечить эти размеры, но, как мы увидим далее, это не всегда получается [12-15].

Работа над проектом проводится, как правило, в несколько этапов. На первом этапе разрабатывается метрологический проект. В этом проекте сначала определяются измеряемые признаки. Затем для каж-

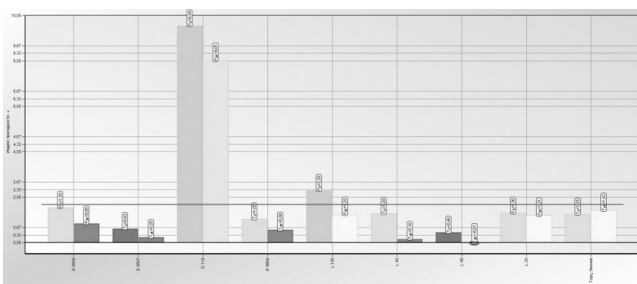


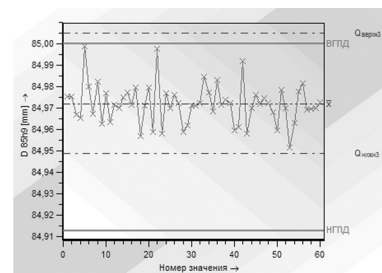
Рис. 3. Схема данных замеров признаков



Рис. 2. Система измерения валов MarShaft MAN 400

дого признака в зависимости от его важности и влияния на работоспособность изделия определяется его класс – критический, очень значимый, значимый, не очень значимый, незначимый. Это позволяет в дальнейшем определить различные требования по показателям индексов для признаков различной значимости. Например, критические признаки в автомобильной промышленности, как правило, имеют индексы воспроизводимости равные 2,00, в то время, как значимым признаком назначается требование к индексам 1,67.

Помимо назначения класса для каждого признака определяется поле допуска и рассчитывается максимально допустимая погрешность средства измерения. Это делается для дальнейшего подбора средства измерения и проверки его пригодности для решения данной метрологической задачи. Действующий в России ГОСТ 8.051-81 ограничивает погрешность средства измерения на уровне 30% от поля допуска на размер. Эта норма не учитывает влияние неопределенности измерения, поэтому для полной уверенности в том, что средство измерения пройдет проверку на пригодность, желательно выбирать средство измерения с погрешностью, в десять раз меньшей, чем поле допуска на деталь. Именно этот подход заложен в большинство



Номер детали	10.12.01.10	Обозначение дет	Вал		
Номер признака	1	Обозначение при	D 85h9		
Данные из чертежа		Измеренные значения		Статистические значения	
$T_m$	84,9565	$\bar{X}$	84,971778		
НГПД	84,9130	$X_{мин}$	84,9515	$Q_{мин}$	84,948845 [г]
ВГПД	85,0000	$X_{макс}$	84,9989	$Q_{верх}$	85,004906 [г]
T	0,0870	R	0,0474	$Q_{верх} - Q_{мин}$	0,056061 [г]
		$p_{<T}$	60	$p_{<T}$	99,57771 %
		$p_{>ВГПД}$	0	$p_{>ВГПД}$	0,42229 %
		$p_{<НГПД}$	0	$p_{<НГПД}$	0,00000 %

Рис. 4. График хода процесса и данные статистики для первого признака

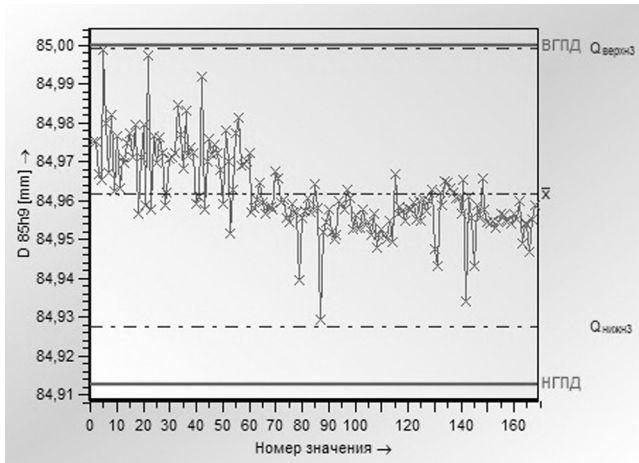


Рис. 5. График процесса для признака 1

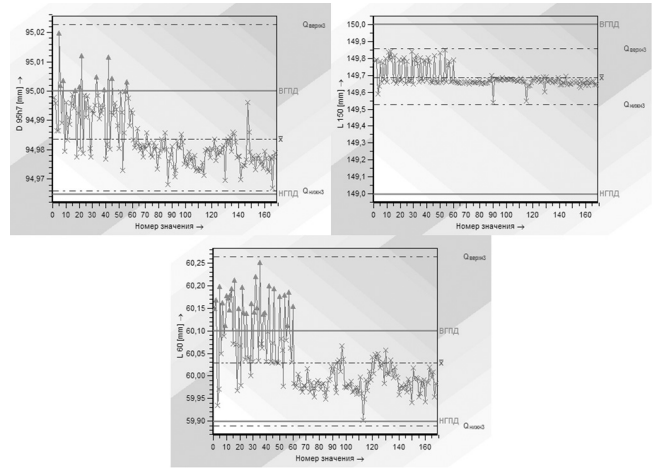


Рис. 6. Ход процесса для признаков 2

имеющихся на сегодня директив по качеству ведущих мировых концернов. Кроме того, разрешение системы измерения не должно превышать 5% (по нормам Немецкого Союза Автомобилестроителей) или 10% (по требованию ГОСТ Р 51814.5-2005) от поля допуска измеряемого признака [16-19].

После разработки метрологического проекта производится подбор средств измерения. При этом надо руководствоваться многими требованиями, среди основных – соблюдение требований по точности (погрешность и разрешение), возможность реализации метрологической задачи, оптимальное соотношение цены и возможностей системы, простота в обращении и т. д.

В данном примере в качестве средства измерения была выбрана специализированная система измерения валов MarShaft MAN 400 (рис. 2)

Данная система имеет погрешность измерения диаметральных размеров  $0,5+(L/100)$  мкм ( $L$  в мм). Для линейных размеров погрешность составляет  $3+(L/100)$  мкм ( $L$  в мм). Разрешение измерительной системы 0,0001 мкм. Этих показателей абсолютно достаточно для применения данной системы измерения для решения указанных метрологических задач. Система измерения сохраняет данные измерения в файле формата AQDEF. Этот формат обмена статистическими данными разработан фирмой Q-DAS и является признанным стандартом в промышленности всего мира. Этот формат напрямую читается программой оценки статистики qs-STAT.

После того, как выбрана и поставлена система измерения можно приступать к реализации проекта

внедрения статистического управления процессом. Статистическое управление процессом имеет два контура управления – малый и большой. Малый контур работает непосредственно на рабочем месте, основным инструментом являются контрольные карты Шухарта. Обработанные детали измеряются выборками по 3...5 штук, по результатам измерения выборки строится точка на контрольных картах среднего и размахов. По положению точки на карте относительно контрольных и предупреждающих границ принимается решение о продолжении процесса, корректировке процесса или его остановке. Решение в большинстве случаев принимает сам рабочий.

Большой контур управления основан на статистических показателях процесса в целом. Основными принятыми на сегодня показателями являются индекс пригодности и воспроизводимости процесса. Решение о воздействии на процесс по результатам оценки индексов принимается менеджментом предприятия. Индексы воспроизводимости  $C_p$  и пригодности  $P_p$  показывают, как соотносятся фактический размах процесса и допустимый размах, определяемый границами поля допуска. Индекс меньше единицы означает, что фактический размах превышает допустимые границы. Такой процесс является неуправляемым. Во всем мире принято минимальное значение индексов 1,33 для неответственных размеров и 1,67 для ответственных размеров. Для критических размеров принимают индексы не меньше 2,00. На практике такое значение индекса означает 0,002 бракованных деталей на миллион изготовленных. Индексы  $C_p$  и  $P_p$  учитывают размах, но не учитывают центрирование процесса, поэтому возмож-

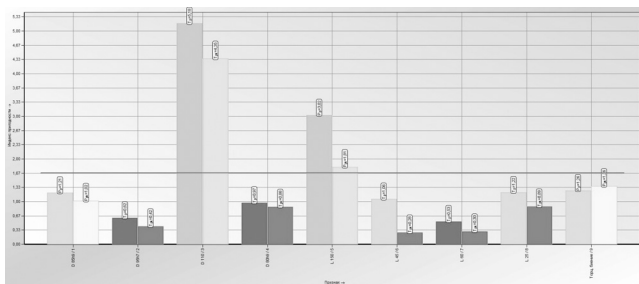


Рис. 7. Измененные значения индексов процесса

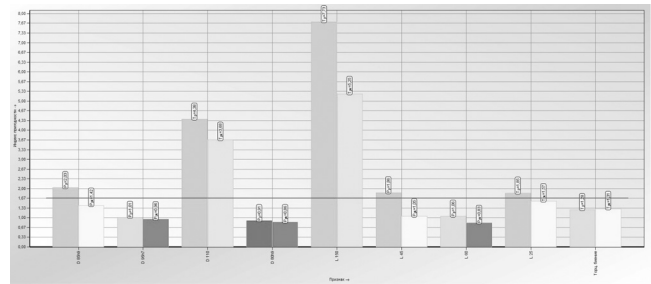


Рис. 8. Измененные значения индексов процесса после корректировки

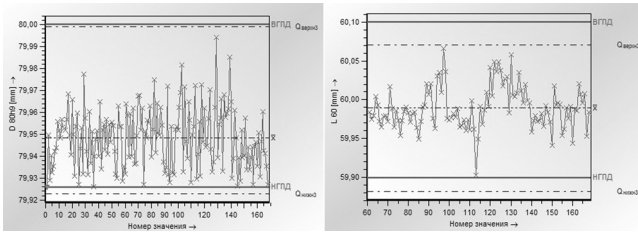


Рис. 9. График хода процесса для признаков 4 и 7

ны ситуации, когда при удовлетворительном размахе процесс может производить брак. Поэтому применяют вторую пару индексов –  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ , которые учитывают смещение среднего значения процесса. Метод «шесть сигма» допускает смещение среднего значения процесса, но предъявляет более высокие требования к индексам  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  (2,00 вместо 1,67). Индексы  $P_p$  и  $P_{pk}$  позволяют оценить пригодность статистически неуправляемого процесса или пригодность процесса при малом объеме данных.

Полное внедрение статистического управления процессами обязательно включает наличие обоих контуров управления. В данном случае, поскольку целью проекта было определение управляемости процессами, была выбрана промежуточная стратегия – текущее состояние процесса оценивалось по графику хода процесса, а управляемость и пригодность процесса – по индексам. Непосредственное управление процессом по контрольным картам не проводилось.

Для получения относительно достоверных значений индексов необходимо получить не менее 50 замеров по всем оцениваемым признакам. Такая серия замеров была сделана на следующем этапе проекта. Полученные данные представлены на рис. 3. Для каждого из девяти признаков, получаемых в ходе данного процесса, рассчитывается актуальный индекс  $P_{pk}$  (правый столбик для каждого признака) и потенциальный индекс  $P_p$  (левый столбик), показывающий, как изменится процесс после центрирования, т.е. после совмещения среднего значения получаемого размера с серединой поля допуска на этот размер.

Как видно из диаграммы (полученной в программе qs-STAT фирмы Q-DAS) только один признак (диаметр 110 мм) является в настоящий момент пригодным. Для этого признака актуальный индекс больше принятого предельного значения 1,67 (показано на

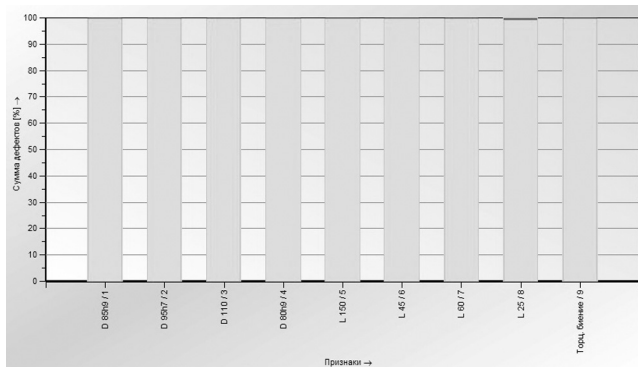


Рис. 11. Представление о количестве бракованных деталей после корректировки

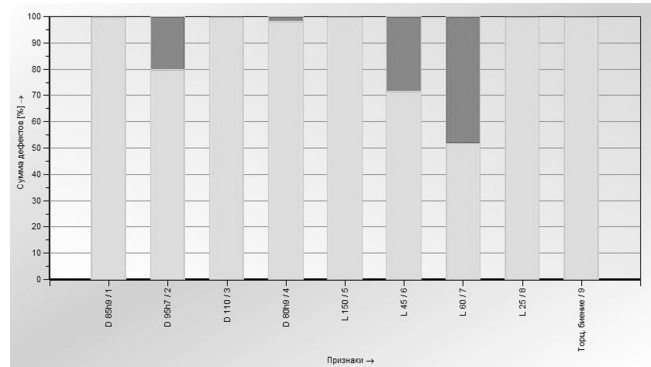


Рис. 10. Наглядное представление о количестве бракованных деталей

графике горизонтальной красной линией). Для пяти признаков процесс является неуправляемым (актуальный индекс меньше единицы). Для остальных признаков процесс является управляемым, но не является пригодным (индекс больше 1, но меньше, чем 1,67). Программа qs-STAT позволяет свободно настраивать графические представления результатов, поэтому в данном случае на графике неуправляемые процессы отображаются красным цветом, управляемые, но непригодные процессы – желтым, и пригодные процессы – зеленым цветом.

На этом же графике видно, что для некоторых процессов потенциальные индексы существенно выше, чем актуальные. Поэтому есть возможность улучшить показатели процесса за счет центрирования. Этот достаточно простой путь, не требующий больших затрат времени и существенных изменений в технологии.

Для центрирования процесса воспользуемся данными, которые нам предоставляет программа qs-STAT. На рис. 4 показан график хода процесса и данные статистики для первого признака.

В настоящий момент среднее значение признака равно 84,971 мм. Середина поля допуска находится на величине 84,957 мм. Достаточно ввести соответствующую коррекцию на величину -0,014 мм и показатели процесса улучшатся.

Аналогичный расчет был проведен для признаков 2, 4, 5, 6, 7 и были проведены соответствующие коррекции управляющих программ. После этого был сделан еще один достаточный цикл измерений и заново оценены показатели процессов.

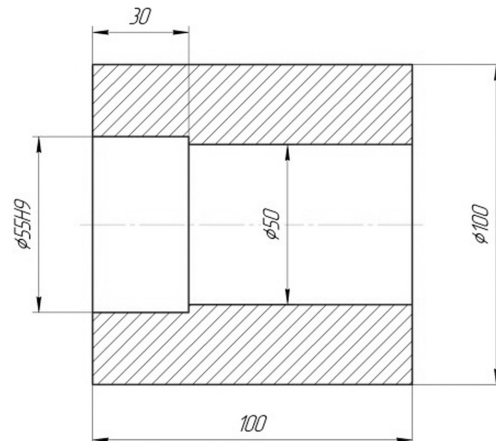


Рис. 12. Чертеж измеряемой детали



Рис. 13. Цифровой трехточечный нутромер фирмы Maht

Для признака 1 (диаметр 85h9) график процесса отчетливо показал смещение среднего (рис. 5).

Аналогично повел себя процесс и для других признаков. На рис. 6 показан ход процесса для признаков 2 (диаметр 95h7), 5 (общая длина L 150) и 7 (ширина буртика 60 мм).

В результате проведенных корректировок изменились и значения индексов процесса (рис. 7).

Изменения привели к тому, что для большинства признаков показатели процесса улучшились. Тем не менее, график на рис. 7 вызвал у заказчика некоторое разочарование – заказчик ждал более явных изменений после корректировки процесса. На самом деле, после корректировки процесс действительно улучшился более существенно, чем это отражает рис. 7. В данном случае индексы показывают состояние процесса в целом, т. е. как до корректировки, так и после нее. Если рассчитать индексы воспроизводимости и пригодности для процесса после корректировки, то картина будет существенно лучше (рис. 8). Небольшая дальнейшая доводка процесса приведет к тому, что для пяти признаков процесс станет пригодным, а еще для двух - управляемым.

В то же время, остаются некоторые признаки, для которых индексы остаются низкими даже после корректировки. Это означает, что процесс в этих случаях имеет достаточно большую собственную изменчивость. Это наглядно видно на графике хода процесса для признаков 4 и 7 (рис. 9).

Это не очень хорошее состояние процесса. Для устранения возможных причин надо очень внимательно изучить технологию данных процессов и понять, какие причины вызывают такой разброс

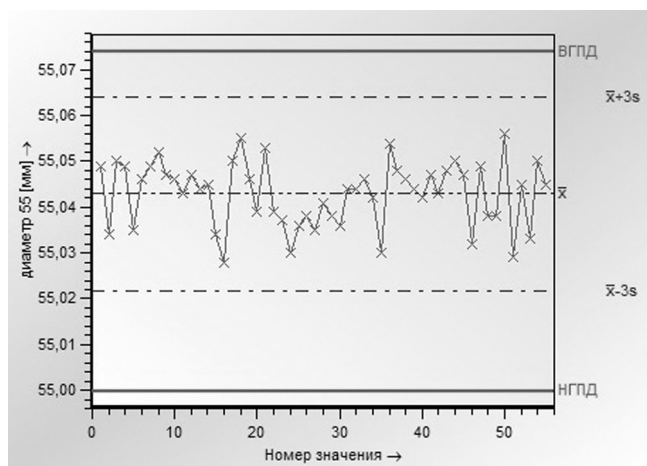


Рис. 15. Иллюстрация хода процесса

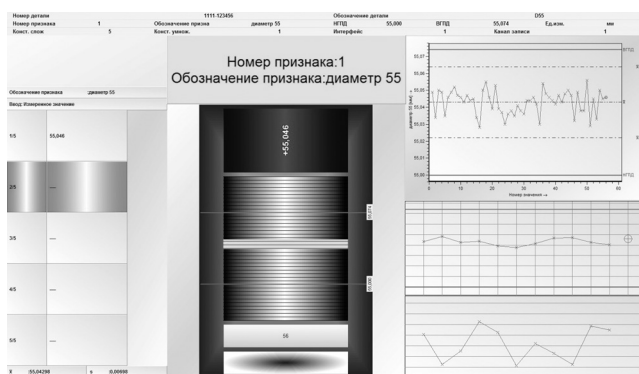


Рис. 14. Визуализация интерфейса получения данных с помощью специализированной программы «procella»

процесса. Например, недостаточная жесткость резца, который обрабатывает диаметр 80h9, подрезает торец справа, формируя размер 60 и обеспечивая торцовое биение 0,03 мм. Тогда, решив одну технологическую проблему, мы сможем сразу улучшить показатели трех признаков. Для облегчения поиска проблем во многих случаях целесообразно построить диаграмму причинно-следственных связей (диаграмму Исикавы или «рыбий скелет»).

Положительный эффект от второго этапа внедрения системы управления процессами не ограничивается улучшением управляемости процесса. Из графиков хода процесса на рис. 6 видно, что для некоторых признаков процесс все-таки производит бракованные детали (несмотря на заверения заказчика, что брак в производстве отсутствует). Эти детали отмечены на графике процесса красными треугольниками. Программа qs-STAT позволяет также получить наглядное представление о количестве бракованных деталей (рис. 10). Наглядно видно, что для некоторых признаков доля брака значительна (по размеру 60 практически половина деталей бракованная).

После корректировки процесса картина качественно изменилась (рис. 11). Одна бракованная деталь изготовлена по размеру 25. И это все.

Номер детали		1111-123456		Обозначение дет		D55	
Номер признака		1		Обозначение при		диаметр 55	
Данные из чертежа		Измеренные значения		Статистические значения			
$T_m$	55,037			$\bar{X}$	55,04293		
НГПД	55,000	$X_{мин}$	55,028	$\bar{X}-3s$	55,02183		
ВГПД	55,074	$X_{макс}$	55,056	$\bar{X}+3s$	55,06403		
T	0,074	R	0,028	6s	0,04220		
		$p<T$	55	$p<T$	99,99950 %		
		$p>ВГПД$	0	$p>ВГПД$	0,00050%		
		$p<НГПД$	0	$p<НГПД$	0,00000%		
		Пэф	55				
		Побщ	56				
Класс признака		Незначимый					
Модель распределения		Нормальное распределение					
Вид вычисления		M4; Процентиль (0.135%-50%-99.865%) (0.135%- $\bar{X}$ )					
Пригодность (потенциальная)	$P_p$	1,33 ≤ 1,75 ≤ 2,19		0		1,67	
Пригодность (актуальная)	$P_{pk}$	1,09 ≤ 1,47 ≤ 1,86		0		1,67	
↓ Требования НЕ выполнены ( $P_p, P_{pk}$ ) ↓							
Требование Пригодность (потенциальная)	$P_p$ задано					1,67	
Требование Пригодность (актуальная)	$P_{pk}$ задано					1,67	
test_struzka_1							

Рис. 16. Показатели индексов



Рис. 17. Зубоизмерительная машина GMX

Подводя итог первому примеру отметим, что всего несколько дней эксплуатации системы статистического управления процессами привели к существенным улучшениям:

- Число управляемых процессов увеличилось с четырех до шести, а небольшая дальнейшая доводка увеличит это количество до восьми.
- Число пригодных процессов увеличилось с одного до двух, а после небольшой дальнейшей юстировки увеличится до четырех.
- Практически полностью исключен брак.

Во втором примере объем измерений и количество признаков совсем мало. Но этот пример наглядно демонстрирует возможности программных продуктов Q-DAS не только по оценке, но и по сбору данных.

Измеряемая деталь представлена на (рис. 12).

Измеряется внутренний диаметр  $\varnothing 55H9$ . Для этого измерения используется цифровой трехточечный нутромер фирмы Mahr (рис. 13).

Нутромер подключен к компьютеру для непосредственного сбора данных. Интерфейс получения данных визуализирован с помощью специализированной программы «procella» фирмы Q-DAS (рис. 14). Получаемые данные сразу отображаются на экране относительно границ поля допуска. Одновременно строятся графики хода процесса и контрольные карты.

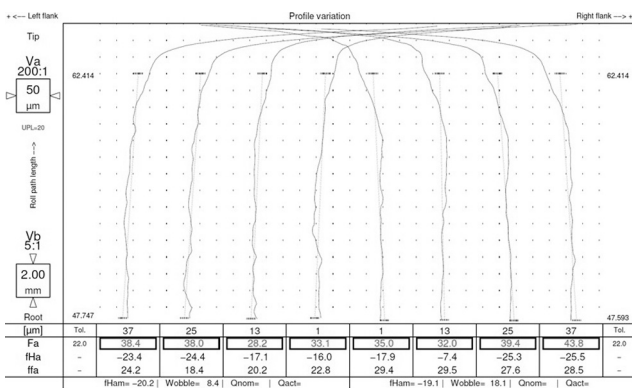


Рис. 19. Протокол зубоизмерительной машины

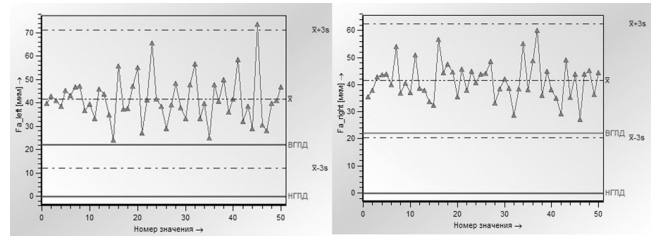


Рис. 18. График хода процесса для профиля зуба справа и слева

Анализ процесса в этом случае достаточно прост. Ход процесса и показатели индексов (рис. 15 и 16) показывают, что процесс в данный момент находится в управляемом состоянии, но текущий индекс пригодности ниже установленной границы. Потенциальный индекс показывает пригодность процесса после корректировки. Величину коррекции можно взять из итоговой формы программы qs-STAT. Это разница между серединой поля допуска  $T_m$  и средним значением процесса  $\bar{x}$ .

Третий пример реализации первого этапа внедрения показывает, что в ряде случаев для корректировки процесса по результатам статистического анализа требуется достаточно глубокий технологический анализ. Этот заказчик изготавливает зубчатые колеса. Для измерения параметров зуба применяется зубоизмерительная машина GMX фирмы Mahr (рис. 17).

График хода процесса для профиля зуба справа и слева (рис. 18) показывает, что процесс абсолютно неуправляем, более того, все реальные значения находятся за пределами поля допуска.

Для понимания, почему это происходит, необходимо обратиться к протоколу зубоизмерительной машины (рис. 19).

Из приведенного протокола видно, что у всех зубьев головка «обнижена». Такую форму зуба можно получить практически только в трех случаях – если применяется ошибочно спроектированная червячная фреза, если червячная фреза ошибочно изготовлена или переточена (создан положительный передний угол), или фрезерная головка станка установлена на неправильный угол поворота. Измерение червячной фрезы на этой же зубоизмерительной машине позволит исключить первые два случая, а контроль наладки станка – третий. После этого можно будет рассчитывать на существенное улучшение процесса.

Из приведенных трех примеров достаточно четко видно, что даже за очень короткий срок эксплуатации системы статистического управления процессами можно добиться существенного улучшения показателей процесса, сделать процессы управляемыми и исключить появление брака.

\*\*\*

Информация и данные ПО были использованы в рамках прикладного научного исследования проводимого при финансовой поддержке Министерства образования РФ в рамках соглашения № 14.574.21.0127 от 28 ноября 2014 г. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57414X0127.

## Список использованных источников

1. Grigoriev S. N., Teleshevskii V. I., Glubokov A. V., Ped S. E., Glubokova S. V. The problems of metrological support for the preparation of production in machine construction. *Measurement Techniques*. 2012. Т. 55. № 5. С. 526-529.
2. Grigoriev S. N., Masterenko D. A., Teleshevskii V. I., Emelyanov P. N. Contemporary state and outlook for development of metrological assurance in the machine-building industry. *Measurement Techniques*. 2013. Т. 55. № 11. С. 1311-1315.
3. Инновационный учебно-производственный комплекс на основе современного технологического оборудования с ЧПУ и интегрированной системы подготовки производства в области механообработки. Егоров С. Б. // Вестник МГТУ «СТАНКИН». - № 3 (30), 2014, С. 31-35.
4. Инновационное инженерное образование. Егоров С. Б. Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-61908-3, Copyright/© 2014 OmniScriptum GmbH & Co. KG
5. Интегрированный учебно-методический комплекс по изучению технологического программирования, систем ЧПУ и разработке управляющих программ. Егоров С. Б. // Фундаментальные исследования. - № 8, часть 1, 2014, С. 26-31.
6. Техническое образование молодежи – центры технологической поддержки дополнительного образования детей. Егоров С. Б. // Фундаментальные исследования. - № 6, часть 5, 2014, С. 920-927.
7. Учебно-методический комплекс-центр высокотехнологичного оборудования с ЧПУ и технологической подготовки производства. Егоров С. Б. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 3. URL: www.science-education.ru/117-13240.
8. Инновационное инженерное образование. Учебно-методические комплексы. Методические указания. Российская академия естествознания, Москва, 2014, гриф УМО по классическому университетскому и техническому образованию Российской академии естествознания, 11.11.2014, протокол № 484.
9. Современные средства измерения валов. Локтев Д. А., Егоров С. Б., Капитанов А. В., Митрофанов В. Г., Егорова Т. П. // СТИН, 2015, №9, с. 13-19.
10. Обеспечение точности измерения погрешностей формы и расположения поверхностей в производственных и лабораторных условиях. Локтев Д. А., Егоров С. Б., Капитанов А. В., Митрофанов В. Г., Егорова Т. П. // Инновации, 2015, № 8 (202), с. 85-90.
11. Статистическое управление процессами как способ снижения производственных затрат и повышения качества продукции. Локтев Д. А., Егоров С. Б., Капитанов А. В., Митрофанов В. Г., Егорова Т. П. Материалы XIV международной научно-практической конференции Евразийского союза ученых, Технические науки, часть 3, #5, 2015, Москва, 29-30 мая, с. 51-55.
12. Мастеренко Д. А. О возможностях применения методов анализа сильно дискретизованных наблюдений при статистическом управлении процессами. Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 4 (23). С. 104-107.
13. Мастеренко Д. А. Исследование оценок параметров линейной статистической модели по сильно дискретизованным наблюдениям. Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 3. С. 89-93.
14. Фролов Е. Б., Крюков В. В., Крюков А. В. Интеграция системы автоматизированного проектирования технологических процессов и исполнительной производственной системы на основе модуля формирования базы данных результатов контроля. Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 4 (31). С. 133-139.
15. Гришина Т. Г. Факторы, влияющие на оперативность управления технологическими системами. Вестник МГТУ Станкин. 2011. № 3. С. 167-170.
16. Коршунова Е. Д., Попова О. В. Адаптация операционной деятельности промышленного предприятия в условиях выхода из кризиса: применение инструментов процессного управления. Вестник МГТУ Станкин. 2011. № 2. С. 102-105.
17. Григорьев С. Н. Решение задач технологического перевооружения машиностроения // Вестник МГТУ Станкин. 2008. № 3. С. 5-9
18. Еленева Ю. Я., Просвирина М. Е., Можаровская А. А., Волкова А. В. Основные результаты и направления развития мониторинга подготовки кадров для организаций ОПК // Вестник «МГТУ «СТАНКИН». - 2014. - № 4 (31). - С. 229-233.

## Innovative means of ensuring controllability of technological processes

**D. A. Loktev**, PhD of Technical Sciences, Associate professor, The Head of «Technologicheskies pokrytiya» LLC

**S. B. Egorov**, PhD of Technical Sciences, Docent, associate professor of the Department «Automated Information Processing and Management», MSTU «STANKIN».

**A. V. Kapitanov**, Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Professor of the Department «Automated Information Processing and Management», MSTU «STANKIN».

**V. G. Mitrofanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Automated Information Processing and Management», MSTU «STANKIN».

**T. P. Egorova**, Researcher of the Department «Automated Information Processing and Management», MSTU «STANKIN».

The article analyzes the innovative tools and methods for the verification of controllability of technological processes of manufacturing parts based on the use of modern Metrology equipment. Examines the need for matching of measurement parameters the accuracy of the process. It is concluded that it is necessary to develop metrological project, selection of appropriate measuring tools suitable for this project in terms of its accuracy parameters. Examines the major adopted so far by the performance evaluation indices of suitability and reproducibility of the process. The conclusion about necessity of introduction of statistical control methods and the impact on the process to support its handling. Provides illustrations of the use of modern software tools for statistical analysis, and characteristics of modern Metrology equipment.

**Keywords:** controllability of technological processes, metrology equipment, the reproducibility of the process, the indexes of fitness, statistical analysis.