

УДК 311.14

Т.В. Рябикина, О.Н. Старостина

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ И НАСТРОЕННОСТИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОРОМЫСЛО»

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексева

В работе произведена оценка показателей стабильности и настроенности технологического процесса изготовления детали «Коромысло» на основании статистических методов. Представлено сравнение данных показателей с нормативными показателями процесса. Теоретические исследования выполнялись на основе статистических методов, с использованием графического представления степени важности причин или факторов, влияющих на исследуемую проблему (диаграммы Парето), а также анализа структуры причин и результатов (диаграммы Исикавы).

*Ключевые слова:* качество, стабильность, снижение брака.

Большинство машиностроительных предприятий сталкиваются с проблемой поиска причин возникновения брака на различных этапах изготовления деталей. Установление причин экспериментальными методами экономически невыгодно. Эти методы не позволяют рассматривать данную задачу всесторонне.

Было предложено исследовать технологический процесс изготовления детали «Коромысло» статистическим методом. Деталь получена из алюминиевого сплава АЛ2 ГОСТ 2685-75. Заготовкой является отливка, полученная литьем под давлением. Технологический процесс механической обработки включает сверленные, фрезерные и слесарные операции.

Для анализа процесса необходимо не только установить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии, но и оценить его реальные возможности удовлетворять предъявляемым к нему требованиям.

В исследуемом технологическом процессе были выявлены типичные виды дефектов, связанные с теми или иными нарушениями хода процесса или неблагоприятными сочетаниями факторов.

Статистические данные по браку, собранные на ОАО «Рикор Электроникс» в период с 2007 г. по апрель 2009 г., представлены на рис. 1.

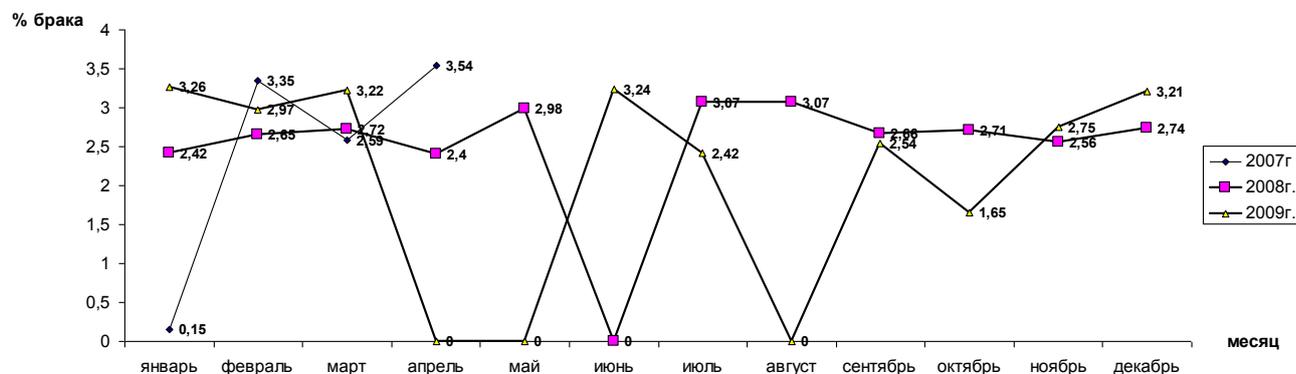


Рис. 1. Данные по браку за отчетный период

Согласно этим данным, выявлено, что наибольший процент брака появляется на заготовительной и сверлильной операциях.

Данные по браку на заготовительной операции сводились в контрольные листы, используемые при приемочном контроле заготовки, выполненные по форме, представленной на рис. 2. Эти контрольные листки удобны для последующего построения диаграммы Парето. Построение диаграммы осуществлялось в несколько этапов.

*На первом этапе:* определена проблема – большое количество брака. В результате была поставлена задача о выявлении факторов, влияющих на качество заготовок. Собраны статистические данные и определены методы и период сбора данных.

Контроль партии деталей в количестве 1045 штук осуществлялся визуальным контролем в течение месяца. Производилась разбраковка деталей и классификация по выявленным видам дефектов.

Таблица 1

## Контрольный листок вида дефектов

Контрольный листок		
Наименование детали: «Коромысло»		Дата: 24.04.09г.
Производственная операция: приемочный контроль		Цех 52 Участок
Тип дефекта: усадочные раковины, газовая пористость, недоливы, «мороз» или узорчатость, задиры или царапины, точечная или загрязненная поверхность		Фамилия контролера
Общее число проконтролированных изделий: 1045		Номер партии: № 122
Примечания:		Номер заказа
Тип дефекта	Результат контроля	Итоги по типам дефектов
Усадочные раковины	///	5
Газовая пористость	/// /	6
Недоливы	/// ///	10
«Мороз» или узорчатость	/// ///	8
Задиры или царапины	///	3
Точечная или загрязненная поверхность	//	2
Другие	///	3
	Итого:	37

*На втором этапе* разрабатывался контрольный листок для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

*На третьем этапе* контролерами осуществлялось заполнение контрольных листков, и подводились итоги.

*На четвертом этапе* заполнялась табл. 2, в которой отражались все проверяемые признаки (факторы): итоги по каждому признаку отдельно; накопленная сумма; проценты к общему итогу для каждого признака и накопленные проценты. При этом исследуемые признаки располагались в порядке получившейся значимости (то есть по убыванию общего числа зарегистрированных данных). При этом группу «Прочие несоответствия» всегда записывают в последнюю строку.

*На пятом этапе* производилось построение столбиков диаграмм по видам и количеству несоответствий.

*На шестом этапе* для показа накопленного влияния причин последовательно сумми-

ровалась высота всех столбиков и определялась ломаная кумулятивная кривая (кривая Парето). Диаграмма Парето по типам дефектов для процесса литья, представленная на рис. 2, позволяла выявить те причины, от которых в первую очередь зависит решение проблемы и на устранение которых следует направлять усилия прежде всего.

Таблица 2

## Исследуемые признаки

Виды несоответствий деталей	Кол-во несоответствий, шт.	Суммарное кол-во несоответствий, шт.	Процентное соотношение несоответствий по их видам	Кумулятивный процент несоответствий
1. Недоливы	10	10	27,1	27,1
2. «Мороз» или узорчатость	8	18	21,6	48,7
3. Газовая пористость	6	24	16,2	64,9
4. Усадочные раковины	5	29	13,5	78,4
5. Задиры или царапины	3	32	8,1	86,5
6. Точечная или загрязненная поверхность	2	34	5,4	91,9
7. Прочие несоответствия	3	37	8,1	100,0
	37	-	100,0	-

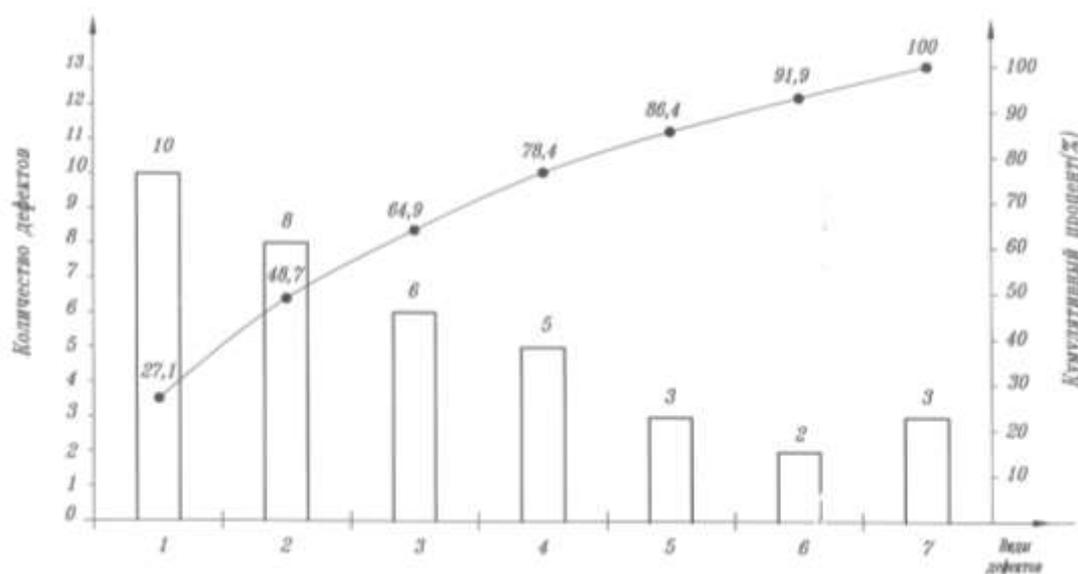


Рис. 2. Диаграмма Парето

Диаграмма Парето не дает возможности расслоения данных, то есть разбивки их на группы. Для более полного анализа возможных причин, приводящих к каким-то следствиям, целесообразно данную диаграмму применять совместно с причинно-следственной диаграммой Исикавы (рис. 2). Это диаграмма показывает отношение между показателями качества и воздействующими на него факторами. Многочисленные факторы влияют друг на друга, т.е. связаны отношением «причина-результат». Знание структуры этих отношений, т.е. выявление цепочки причин и результатов, позволяет успешно решать проблемы управления качеством.

Для составления диаграммы Исикавы были проранжированы факторы по их значимости и установлена структура взаимовлияний. При построении диаграммы выявлены категории и подобраны причины для каждой из них. В этом случае сначала определяют главные категории. Их обычно берут от четырех до шести. Диаграмма типа 5M рассматривает такие категории, как:

- персонал;

- оборудование;
- материал;
- технологический метод;
- средства измерения.

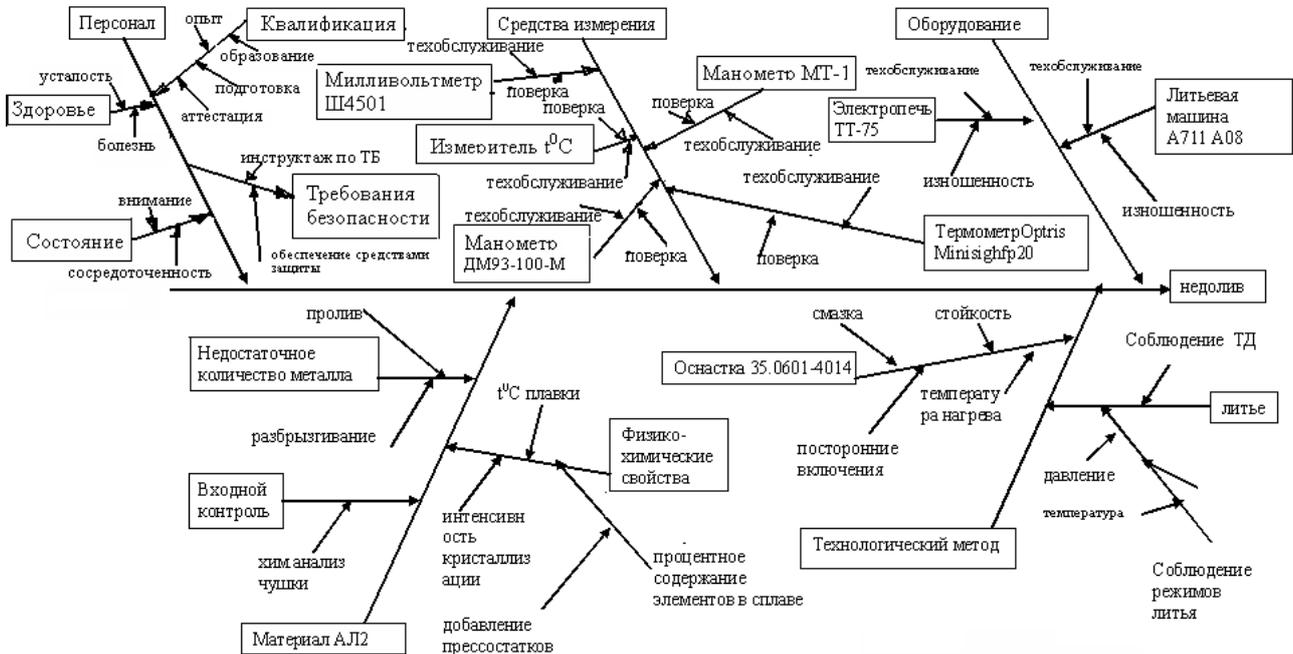


Рис. 3. Диаграмма Искиавы

Диаграммы позволили определить наиболее значимый вид брака на заготовительной операции – недолив, а на сверлильной операции - смещение отверстия диаметром 2,8 мм и необеспечение размера  $9,75 \pm 0,15$  мм.

Оценка показателей стабильности и настроенности технологического процесса осуществлялась определением следующих индексов и коэффициентов [2.6.7]:

- индексы, отражающие изменчивость процесса по отношению к техническим требованиям,  $C_p$  и  $P_p$ ;
- индексы, отражающие изменчивость и настроенность процесса на центр поля допуска по отношению к техническим требованиям,  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ ;
- коэффициенты воспроизводимости и пригодности (коэффициенты точности процесса)  $CR$  и  $PR$ .

Для определения показателей процесса производились замеры деталей в количестве 80 штук (рис. 4).

После расчета показателей процесса, проводилось их сравнение с нормативными показателями процесса в соответствии с табл. 3.

Уровень дефектной продукции (доля брака) зависит от возможностей процесса. Доля брака в зависимости от  $C_{pk}$  составит 0,046482. Количество несоответствующей продукции на миллион -  $p_{pm}$  46482.

Следует отметить, что вычисление индексов воспроизводимости, а также оценка процента или доли брака значительно зависели от контролируемости и прогнозируемости процесса и нормального распределения результатов измерений. Поэтому очень важно располагать данными контрольных карт и гистограмм. Эти два инструмента явились базовыми для демонстрации воспроизводимости процесса.

Параметр	Геометрический размер 9,75±0,15 мм	Цех	52	Оборудование (модель, инв. №)	ГС 2116М
Верхняя граница допуска(USL)	9,9	Изделие (наименование, №КД)	Модуль педальный	Оснастка (наименование, КД, дублир)	КДБА 7346-4105
Нижняя граница допуска(LSL)	9,6	Деталь (наименование, №КД)	Королышко	Средство измерения (наименование, КД)	Микроскоп ММИ-2
Количество групп	16	№КД	7614989.10141.00093	Наименование процесса(операция)	сверлильная

Измерения образцов

Дата изготов-	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	16.05.09	
№ подгрупп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
n	1	9,81	9,85	9,74	9,8	9,77	9,81	9,92	9,78	9,81	9,83	9,83	9,82	9,86	9,87	9,81	9,78
	2	9,85	9,87	9,82	9,72	9,83	9,86	9,78	9,78	9,75	9,77	9,73	9,77	9,82	9,85	9,85	9,82
	3	9,88	9,9	9,78	9,86	9,89	9,85	9,82	9,82	9,8	9,78	9,81	9,87	9,88	9,82	9,83	9,8
	4	9,89	9,82	9,81	9,88	9,83	9,8	9,8	9,91	9,76	9,84	9,82	9,93	9,76	9,74	9,84	9,75
	5	9,84	9,76	9,84	9,81	9,79	9,75	9,79	9,79	9,84	9,79	9,8	9,83	9,86	9,77	9,9	9,79

Хср	9,854	9,84	9,798	9,814	9,822	9,814	9,822	9,816	9,792	9,802	9,798	9,844	9,836	9,81	9,846	9,788
R	0,08	0,14	0,1	0,16	0,12	0,11	0,14	0,13	0,09	0,07	0,1	0,16	0,12	0,13	0,09	0,07

Общее число деталей	Общее выборки	Хср	Rср	Индексы воспроизводимости				Индексы прогодности				Смещение	
				Ср		Срк		Рр		Ррк		абсолютное	относительное
80	5	9,819	0,113	1,028	удовл.	0,559	неудовл.	1,08	удовл.	0,59	неудовл.	0,0685	22,83%

Индексы возможностей	0...1	1...1,33	1,33... ∞	Фактические возможности процесса	46482 ppm
Критерии	неудовл	удовл.	хор.	Потенциальные возможности процесса	2080 ppm

Рис. 4. Карты оценки возможностей процесса

Таблица 3

Нормативные показатели процесса

$C_p, P_p, C_{pk}, P_{pk}$	< 0,67	0,67 ... 1,00	1,00 ... 1,33	1,33...1,67	≥ 1,67
Возможности процесса	неудовлетворительные		удовлетворительные	хорошие	
Состояние процесса	Процент брака превышает 4,56%	Вероятность появления брака 4,56%	Вероятность появления брака 0,27%	Идеальное состояние процесса	Появление брака не угрожает

Наиболее эффективным методом контроля состояния процесса во времени является построение и анализ контрольных карт. Контрольные карты позволяют воздействовать на процесс до того, как он выйдет из-под контроля, и тем самым предупреждать отклонения процесса от предъявляемых к нему требований. Они являются основным инструментом статистического управления качеством и применяются для сравнения получаемой по выборкам информации о текущем состоянии процесса, с контрольными границами, представляющими пределы собственной изменчивости (разброса) процесса.

Количественные данные представляют собой наблюдения, полученные с помощью измерения и записи значений характеристик для каждого фактора, рассматриваемого в подгруппе.

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

- карты среднего ( $\bar{X}$ ) и размахов ( $R$ ) или выборочных стандартных отклонений ( $s$ );

- карта индивидуальных значений ( $X$ ) и скользящих размахов ( $MR$ );
- карта медиан ( $Me$ ) и размахов ( $R$ ).

Построение контрольных карт осуществлялось для средних арифметических отклонений и размахов ( $\bar{X}$  - и  $R$ -карты) и начиналось с подготовки бланка контрольных карт.  $\bar{X}$  - и  $R$ -карты строятся одна над другой:  $\bar{X}$  -карта над  $R$ -картой и выше указывается блок данных. Значения  $\bar{X}$  и  $R$  откладывались на вертикальных осях, номера подгрупп - на горизонтальных осях [7].

Наносимые на карту характеристики – средние выборок  $\bar{X}$  и размахи выборок  $R$  для каждой подгруппы показали поведение среднего значения и его разброс соответственно. Для каждой подгруппы вычислялись  $\bar{X}$  и  $R$ . Для начального периода обследования и вычисления контрольных границ находили средние значения размахов и процесса  $\bar{\bar{X}}$ .

Для построения на контрольных картах, среднего размаха и среднего процесса, проводились сплошные горизонтальные линии со значениями  $\bar{R}$  и  $\bar{\bar{X}}$  соответственно. Контрольные границы наносились штриховыми линиями. На период начального обследования их рассматривали как пробные контрольные границы.

Оценка возможности и стабильности процесса представлена на рис. 5.

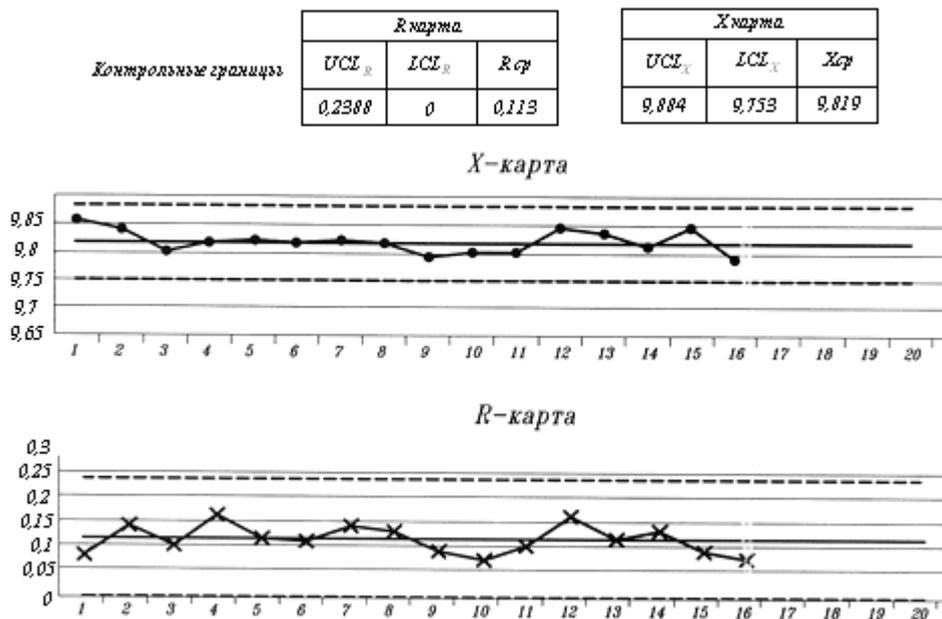


Рис. 5. Оценка стабильности процесса

Согласно полученным данным по гистограмме частот, контрольным картам и расчетам индексов воспроизводимости и пригодности можно сделать вывод, что возможности процесса хорошие, так как  $C_p > 1$ , но настройка на центр поля допуска смещена, так как  $C_{pk} < 1$ . Необходимо добиться смещения среднего значения поля допуска ближе к центру. По гистограмме частот видно, что есть выход за верхнюю границу - имеет брак. Брак составляет  $ppm = 46482$ , а потенциальные возможности процесса  $ppm = 2080$ . Средние значения и размахи не выходят за контрольные границы и на карте отсутствуют тренды, это свидетельствует о том, что процесс стабилен.

В технологическом процессе размер  $9,75 \pm 0,15$  мм обеспечивается оснасткой, по результатам исследований получилось, что  $ppm$  завышено. Для повышения эффективности процесса при механической обработке и снижения уровня  $ppm$  предлагается спроектировать кондуктор с гидроприводом. Это обеспечит точное базирование, постоянство сил, закрепленные детали, обеспечит настроенность процесса на центр поля допуска и снизит уровень де-

фектной продукции. Данная методика апробирована на ОАО «Рикор Электроникс» и может быть применена на любом машиностроительном предприятии с целью выявления и исключения брака в технологических процессах механической обработки.

#### Библиографический список

1. **Тартаковский, Д.Ф.** Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учебник для вузов / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребова. – М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.
2. **Круглов, М.Г.** Управление качеством: учеб. пособие / М.Г. Круглов, Г.М. Шишков. – М.: МГТУ Станкин, 1999. – 234 с.
3. **Биктимиров, Р.Л.** Управление качеством и персоналом на промышленных предприятиях / Р.Л. Биктимиров [и др.]. – М.: Изд-во Глобус, 2004. – 522 с.
4. **Кирдеев, Ю.П.** Обеспечение надежности машин: учеб. пособие для вузов / Ю.П. Кирдеев, А.В. Корнилова. – М.: ИЦМГТУ Станкин, 2002. – 148 с.
5. **Суслов, А.Г.** Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 376 с.
6. **Старостина, О.Н.** Исследование причин появления брака в отливках при изготовлении детали «Коромысло» / О.Н. Старостина, Т.В. Казарина // Прогрессивные технологии в машино- и приборостроении: межвуз. сб. ст. по материалам Всероссийской научно-технической конференции / НГТУ-АПИ НГТУ. – Нижний Новгород. – Арзамас. 2007. С. 216–220.
7. **Казарина, Т.В.** Оценка показателей стабильности и настроенности технологического процесса изготовления детали «Коромысло» / Т.В. Казарина, О.Н. Старостина // Будущее технической науки: тез. докл. VII Международной молодежной научно-технической конференции. 2008. №7. С. 230-231.

*Дата поступления  
в редакцию 08.02.2011*

**T.V. Ryabikina, O.N. Starostina**

#### **RESEARCH OF STABILITY AND ATTITUDE OF PROCESS OF MARRING OF DETAIL «YOKE»**

The estimation of indexes of stability and attitude of technological process of making of detail is in-process produced "Yoke" on the basis of statistical methods. Comparing of these indexes is presented to the normative indexes of process. Theoretical researches were executed on the basis of statistical methods, with the use of graphic presentation of degree to importance of reasons or factors, influencing on the prospected problem (Pareto charts) and analysis of structure of reasons and results (diagrams of Ishikava).

*Key words:* quality, stability, decline of marriage.