

# IDENTIFICATION OF MARRIAGE FACTORS IN SMALL SCALE PRODUCTION Khasanov R.V.<sup>1</sup>, Ershova I.V.<sup>2</sup> (Russian Federation)

<sup>1</sup>Khasanov Rudamil Vildanovich – Undergraduate;

<sup>2</sup>Ershova Irina Vadimovna - Doctor of Economic Sciences, Professor,  
INSTITUTE OF NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES

FEDERAL STATE AUTONOMOUS EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION  
URAL FEDERAL UNIVERSITY FIRST PRESIDENT OF RUSSIA NAMED AFTER B.N. YELTSIN,  
YEKATERINBURG

**Abstract:** the article is devoted to the issues of quality control. The goal is to study the factors of production that affect the quality of products manufactured at an enterprise with a small-scale type of product. The article discusses quality management tools, and proposes method for determining the factors of marriage based on the construction of a regression model.

**Keywords:** quality control of products of a metalworking enterprise, quality control system, quality management system, marriage. factors.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ БРАКА В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хасанов Р.В.<sup>1</sup>, Ершова И.В.<sup>2</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>Хасанов Рудамиль Вильданович – магистрант;

<sup>2</sup>Ершова Ирина Вадимовна - доктор экономических наук, профессор,  
Институт новых материалов и технологий

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

**Аннотация:** статья посвящена вопросам организации контроля качества. Цель – исследование факторов производства, влияющих на качество продукции, выпускаемой на предприятии с мелкосерийным типом производства. В статье рассмотрены инструменты менеджмента качества, и предложен метод выявления технических факторов брака на основе построенной регрессионной модели.

**Ключевые слова:** контроль качества продукции металлообрабатывающего предприятия, система контроля качества, система менеджмента качества, брак, факторы.

УДК 658.5

### **Актуальность.**

Мировой опыт показывает, что именно качество является важнейшим фактором выхода из кризиса. Улучшение качества заключается в комплексе мер, направленных на улучшение системы качества, а именно в создании новых и совершенствовании моделей, методов и инструментов, позволяющих контролировать качество на всех этапах жизненного цикла изделия. На Российских предприятиях возникают проблемы с внедрением зарубежных систем управления качеством, связанных, с отсутствием четких требований планирования, учета и анализа брака, и сложностью решения на проблемы классификации и обоснования состава статей затрат на качество. Поэтому если предприятие и имеет сертифицированную систему качества, то она, по словам экспертов, в 3 из 4 случаях формальная [1].

Воздействие на качество оказывают две группы сил, описанных в [2], к которым относят:

1. Факторы, влияющие на качество (производственное оборудование (средства труда); профессиональное мастерство, знания, навыки, психофизическое состояние здоровья работников (способность работников к эффективному и качественному труду); сырьё, материалы (предметы труда) и т.д.), которые непосредственно преобразуют свойства исходного сырья, материала в комплекс свойств, необходимых для удовлетворения некоторой потребности;

2. Условия обеспечения качества продукции (характер производственного процесса, его интенсивность, ритмичность, продолжительность; климатическое состояние окружающей среды в производственных помещениях; производственный интерьер и дизайн; характер материальных и моральных стимулов; морально-психологический климат в производственном коллективе; формы организации информационного обслуживания и уровень оснащённости рабочих мест; социальные и материальные условия жизни работающих), которые опосредованно влияют на качество, благоприятствуя более полному и эффективному действию факторов на формирование свойств нужного качества.

Если для условий массовых и крупносерийных производств создано и создается множество инструментов системы качества, то для мелкосерийных производств разработок не так много.

Основным отличием производств является наличие в мелкосерийном производстве большой номенклатуры выпускаемых изделий и постоянной сменой уникальных технологических процессов. В этом и заключается сложность с обеспечением требуемых показателей качества.

Анализ будет происходить на примере мелкосерийного предприятия России, которое имеет проблемы с браком. На это указывают статистические данные предприятия, по которым видно, что процент брака составляет 6 %. Это приводит к существенным экономическим потерям.

Решение вопроса качества имеет огромное практическое значение для всех металлообрабатывающих предприятий, занимающихся мелкосерийным и серийным производством.

**Постановка задачи и существующие методы решения.**

Предметом исследования является менеджмент качества на предприятии. А объектом технологические процессы предприятия.

Задача исследования – анализ возникшего ранее брака и выявления факторов, наиболее влияющих на качество продукции.

На предприятии действует система менеджмента качества и закреплена нормативными документами, регламентирующими контроль качества изделий и учет брака.

Процедуры контроля качества увязаны с требованиями клиентов и требованиями нормативных документов. Так же на предприятии действуют четкие правила по управлению несоответствующей продукцией. Контроль качества на предприятии классифицируется по различным признакам. Классификация представлена в таблице 1.

*Таблица 1. Классификация контроля качества [3]*

По месту контроля:	1. Внутренний: – Входной; – Операционный; – Приемочный; – Летучий. 2. Внешний.
По требованиям к точности:	– Значимая операция; – Другие операции.
По степени охвата:	– Сплошной контроль; – Выборочный контроль.
По времени выполнения:	– Непрерывный; – Периодический.
По возможности последующего использования:	– Разрушающий контроль; – Неразрушающий контроль.
По принимаемым решениям:	– Активный (корректирующий) контроль; – Пассивный (констатирующий) контроль.
В зависимости от используемых средств:	– Измерительный; – Регистрационный; – Органолептический; – Контроль по образцу (эталону); – Технический осмотр
По участникам:	– Комиссия – Исполнитель – Отдел технического контроля – Заказчик

Статистическое управление же заключается в сборе статистики по результатам контроля и разработке плана мероприятий по качеству. Но данные мероприятия недостаточно хорошо исправляют сложившуюся ситуацию. Это обусловлено тем, что мероприятия не учитывают понесенных потерь и составляются на основании субъективных оценок.

Для решения этой задачи существует множество методов. Например, в концепции «Шесть сигм» широко применяется анализ статистических данных. Так же применяются карты Шухарта и улучшенные карты Хотеллинга.

Это не применимо в условиях мелкосерийного производства. Данный вывод сделан в работе [4] и подтвержден российскими исследователями [5]. В условиях неопределенности мелкосерийного производства сложно определить причины брака по выборке продукции. Авторы [6] предлагают использовать сочетание статистического и байесовского подходов. Это требует использования априорных суждений о причинах брака.

Технические причины брака, связанные с износом инструмента и оборудования, сложностью конструкции, человеческий фактор, связанный с мотивацией, человеческий фактор при сборке уже были рассмотрены в работах авторов. Кроме того, были рассмотрены организационные причины брака в [7].

Инструментов выявления технических причин в условиях мелкосерийного производства нет. Из-за их отсутствия невозможно полноценно управлять качеством и прогнозировать его. А это является неотъемлемой частью современных систем обеспечения качества.

#### *Данные и моделирование.*

Для решения задачи предлагается проанализировать возникающий ранее брак по технологическим процессам и выявить факторы, влияющие на его возникновение, вне зависимости от его вида, так это в любом случае приводит к экономическим потерям.

Анализ проведен путем создания математической модели, ее рассмотрения и анализе операций влияющих на качество

За характеристику  $Y$  взят коэффициент брака, отражающий потери производства от возникшего несоответствия. За  $X$  взяты различные технологические операции в нормо-часах.

Поскольку технологических процессов очень много, для построения математической модели проведен ABC анализ. По результатам анализа выбрано 31 изделие, которые наиболее сильно влияют на количество брака. По этой выборке процент брака составляет 7,9%.

За факторы приняты следующие операции технологических процессов:

X1	– токарная ЧПУ;
X2	– гальваническая;
X3	– токарная;
X4	– гравировальная;
X5	– фрезерная;
X6	– электроэрозионная;
X7	– термическая.

*Таблица 2. Данные для анализа выбросов брака*

Наблюдение	Y1	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Наблюдение 1	249,25	1113,87	55,86	339,86	75,55	0	0	0
Наблюдение 2	195,43	615,97	91,32	620,48	9,4	172,44	532,22	11,52
Наблюдение 3	184,36	1665,44	143,57	642,94	0	0	731,63	30,6
Наблюдение 4	137,47	779,49	29,27	270,65	78,7	0	169,65	0
Наблюдение 5	134,29	567,05	79,76	36,72	27,8	72,18	0	56,12
Наблюдение 6	85,04	365,45	13,73	19,12	79,7	0	0	0
Наблюдение 7	83,36	160,6	17,44	80,06	4,06	104,36	107,75	2,72
Наблюдение 8	64,85	270,79	31,58	146,53	0	17,7	225,52	7,44
Наблюдение 9	64,55	703,29	74,40	217,97	5,82	5,09	314,22	12,96
Наблюдение 10	56,84	123,67	47,90	99,02	13,65	0	0	0
Наблюдение 11	51,45	489,56	40,25	21,61	3,08	0	0	33,04
Наблюдение 12	51,12	284,16	64,80	39,32	0	0	0	28,22
Наблюдение 13	47,25	343	61,92	121,41	31,42	0	0	0
Наблюдение 14	45,3	374,07	45,80	170,68	4,45	27,62	184,18	9,36
Наблюдение 15	40,67	587,69	63,08	165,98	3,88	0	0	13,68
Наблюдение 16	37,6	130,09	7,00	29,84	8,92	0	0	0
Наблюдение 17	36,35	94,22	8,13	57,13	3,73	15,46	0	1,2
Наблюдение 18	35,2	129,2	8,13	56,4	11,84	0	0	0
Наблюдение 19	32,74	95,13	34,75	2,13	32,4	0	0	20
Наблюдение 20	32,6	238,45	48,68	0	40,5	0	0	26,3
Наблюдение 21	31,8	265,65	26,14	5,21	0	0	0	9,03
Наблюдение 22	26,93	110,026	4,16	6,44	0	29,1	0	6,9
Наблюдение 23	26,62	149,74	35,56	64,74	13,3	0	0	0

Наблюдение 24	25,8	133,62	20,05	54,72	10,2	0	0	6,95
Наблюдение 25	24,88	174,44	8,94	29,62	14,4	60,28	0	4,8
Наблюдение 26	22,34	172,53	15,28	19,44	16,84	0	39,5	0
Наблюдение 27	18,64	19,92	1,47	1,33	0	14,12	0	0
Наблюдение 28	18,14	185,35	47,40	104,69	12,98	0	0	9,9
Наблюдение 29	17,22	132,3	7,28	68,04	0	0	0	0
Наблюдение 30	16,77	120,81	18,42	89,14	0	0	0	0
Наблюдение 31	15,15	89,81	2,97	18,88	2,7	0	20,89	0

Обработка данных производилась с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

### **Результаты.**

Построенная многофакторная регрессионная модель с учетом влияния всех 7-ти факторов демонстрирует высокий уровень коэффициента детерминации ( $R^2=0,91$ ). Но при этом оценка статистической значимости коэффициентов многофакторной модели показывает, что два фактора из рассматриваемого набора - ( $X_2$ ) и ( $X_7$ ) имеют неприемлемо высокий уровень Р-значений (существенно выше нормативного уровня 0,05) и, следовательно, не являются статистически значимыми. Данные факторы исключаются из многофакторной модели.

В результате модель принимает вид:

$$Y = -3,04 + 0,1 \cdot X_1 + 0,14 \cdot X_3 + 0,66 \cdot X_4 + 0,56 \cdot X_5 - 0,11 \cdot X_6$$

Коэффициенты модели статистически значимы. Коэффициент детерминации сохраняет высокое значение. Значение критерия Фишера улучшается.

Модель отражает зависимость количества брака при определенном техпроцессе от операций, входящих в этот процесс, и позволяет выявить критические точки в технологических процессах предприятия, на которых несоответствия наносят самый большой экономический вред. Поэтому предупреждение несоответствий на данных операциях принесет наибольшую выгоду. Ниже представлены рекомендации по данным операциям, основанные на анализе документов регистрации несоответствий.

### **Анализ и рекомендации.**

Очевидно, что токарная обработка на станках с ЧПУ имеет самый большой вес во всех технологических процессах. При этом качество выполнения этой операции низкое.

Для гравировки установлены жесткие требования по шрифту, размеру шрифта, глубине маркировке. Для предупреждения несоответствий необходимо строгое соблюдение технологии, если нет возможности упростить требования.

Фрезерная обработка на станках ЧПУ низкого качества. Вес в этой операции мал, но поскольку она находится в середине технологического процесса ошибка в этом месте сильно влияет на потери.

Операции электроэрозионной обработки отличаются высокой технологической стабильностью. Они не выполняются разными инструментами и режимы обработки подобраны хорошо.

Анализ документации, регистрирующей несоответствия на данных операции, показал, что качество анализа крайне низкое. Были выявлены следующие недостатки:

- многие несоответствия не регистрируются сразу, поскольку характер несоответствия позволяет его устранить (доработать деталь). Если этого не удастся сделать, последующий анализ становится малоэффективным. Поскольку определить изначальную причину несоответствия установить становится невозможным.

- некоторые несоответствия не регистрируются и не дорабатываются вовсе, а деталь отправляется дальше по технологическому процессу. Это существенно снижает эффективность анализа. Поскольку установить причину нельзя, так как нельзя определить место возникновения.

- так же замечено частое нарушение требований технологической документации, поскольку некоторые сотрудники, опираясь на свой опыт, производят обработку не по технологическому процессу, невзирая на то, что на предприятии установлена процедура, предусматривающая возможность улучшения технологической документации.

Из изложенного выше рекомендуется разработать план мероприятий по повышению качества выполнения работ на операциях, представленных в математической модели, поскольку это принесет наибольший экономический эффект. В первую очередь необходимо устранить нарушения технологий, требований нормативной документации и инструкций по работе.

### *Список литературы / References*

1. *Круглов М.Г.* Менеджмент качества как он есть / М.Г. Круглов, Г.М. Шишков. Москва: ЭКСМО, 2007. 544 с.
2. Горбунова А.В. Комплексный усовершенствованный механизм управления качеством на предприятии // Евразийское Научное Объединение, 2018. № 5-2 (39). С. 84-87.
3. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст]. ВЗАМЕН ГОСТ 16504-74; Введ. 01.01.1982. Москва: Изд-во стандартов, 1982. 24 с.
4. Design and management of manufacturing systems for production quality Colledani, M., Tolio, T., Fischer, A., (...), Schmitt, R., Váncza, J., 2014 CIRP Annals - Manufacturing Technology. № 63(2). Pp. 773-79.
5. Юдин С.В. Проблемы управления качеством и надежностью мелкосерийных изделий вооружений и военной техники // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2019. № 12. С. 88-92.
6. Юдин С.В., Протасьев В.Б., Подкопаев Р.Ю., Юдин А.С. Методика расчета информационных планов статистического приемочного контроля на основе байесовского подхода // Современные наукоемкие технологии, 2018. № 11. С. 90-94.
7. Ershova I.V., Baranchikova S.G., Cherepanova E.V., Chistyakov N.N. / Organizational factors for manufacturing defects reduction in small batch production. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. Vol. 966. № 1.
8. Адамова М.Е. Международный опыт управления качеством проекта в целях соответствия его результатов требованиям потребителей / М.Е. Адамова // Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей: Сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 30 сентября 2019 года / Под редакцией Е.А. Горбашко. Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Редакционно-издательский центр "КУЛЬТ-ИНФОРМ-ПРЕСС", 2019. С. 240-243.
9. Алютин Д.С., Лаврухина Н.В. Методы быстрого реагирования на проблемы с качеством продукции // Russian Economic Bulletin, 2020. № 6. С. 83-87.