

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

На правах рукописи



КОЗЛОВА АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИГОДНОСТИ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ  
СИСТЕМАМИ**

Специальность: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами  
(технические системы)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент  
Капитанов Алексей Вячеславович

Москва – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	8
1.1 Анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы .....	8
1.2 Применения статистических методов при анализе технологических и производственных процессов .....	11
1.3 Формирование системного подхода к управлению качеством на основе технологий больших данных и прогнозных технологий .....	19
1.4 Использование прогнозной аналитики на производстве .....	26
1.4 Выводы по первой главе.....	29
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ ПРИГОДНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ .....	31
2.1 Алгоритм проверки пригодности процесса измерения управления технологическими процессами.....	31
2.2 Описание порядка выполнения деятельности по анализу процессов измерения .....	52
2.3 Разработка и выполнение мероприятий по улучшению процессов измерений	56
2.4 Выбор современного метрологического оборудования для реализации эффективной системы статистического управления технологическими процессами на примере оценки погрешности контура и шероховатости поверхности .....	58
2.5 Расширение метрологических возможностей систем технического контроля	62
2.5 Выводы по второй главе.....	69
ГЛАВА 3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	71

3.1 Разработка метода оценки производственного процесса на основе данных измерения с использованием цифровой системы обработки .....	71
3.2 Разработка многоуровневого программного обеспечения проектируемой системы.....	79
3.3 Выводы по третьей главе.....	94
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗАДНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТЕКОЛ.....	95
4.1 Описание процесса производства задних автомобильных стекол.....	95
4.2 Разработка автоматизированной системы для количественной оценки остаточных напряжений при процессе технического контроля задних автомобильных стекол.....	99
4.3 Выводы по четвертой главе.....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	108
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А Фрагмент исходного текста программы оценки возможностей процесса и индексов воспроизводимости.....	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Фрагмент исходного текста программы оценки пригодность технологического процесса .....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ В Фрагмент исходного текста программы оценки пригодность технологического оборудования .....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Фрагмент исходного текста программы выбора инновационного метрологического оборудования.....	160
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Фрагмент исходного текста программы статистической обработки больших данных .....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Справки о внедрении результатов исследования, полученных в диссертации.....	171

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Программа развития цифровой экономики в Российской Федерации в период до 2035 г. (распоряжение Правительства России от 28 июля 2017 г. №1632-р) определяет основные направления и содержание работ по переходу промышленных предприятий на цифровые технологии – как производственные, так и управленческие.

Конкурентным преимуществом обладают те предприятия, экономика которых основывается на наиболее продвинутых электронных технологиях и услугах, включая технологии анализа «больших данных» и прогностические технологии.

В условиях цифровизации прогнозная аналитика занимает одно из важных мест в формировании автоматизированных производственных систем. Она помогает принимать решения на основе ранее принятых решений и визуализировать отчетность собранной информации.

Необходимым элементом управления автоматизированными производственными системами является оценка функционирования технологической среды, в том числе проверка пригодности процесса измерения. Получаемые в процессе измерения значения характеристик технологического процесса являются основой оценки процесса и должны быть достаточно надежными.

В связи с этим, актуальной задачей является разработка метода идентификации пригодности измерительного оборудования в управлении автоматизированными производственными системами. Необходимость выполнения научных исследований в этой области является актуальным и отражает современный вектор развития в условиях Индустрии 4.0.

**Степень разработанности исследования.** Вопросам разработки автоматизированных систем машиностроительного производства посвящены труды Соломенцева Ю.М., Митрофанова В.Г., Схиртладзе А.Г., Феофанова А.Н.,

Бурдо Г.Б., Омельченко И.С., Черпакова Б.И., Базрова Б.М.

К вопросам разработки элементов системы управления технологическими и производственными процессами на основе методов статистического управления обращались в своих трудах ряд отечественных и зарубежных ученых: Колмогоров А. И., Смирнов Н. В., Шухарт У., Исикава К., Адлер Ю.П., Лapidус В.А., Мердок Дж., Балестрачи Д., Карей Р.Г., Азгальдов Г.Г. и др.

Однако в настоящее время остаются востребованными исследования в области управления производственными процессами на основе аналитических методов, поскольку в условиях глобальной цифровизации необходима трансформация сложившейся производственной системы с целью ее адаптации к современным информационным технологиям и инновационным техническим решениям.

**Целью работы является** повышение эффективности производственного процесса технического контроля изделий методом аналитического подхода с использованием цифровой системы обработки данных.

**Задачи исследования:**

- проведение анализа системы менеджмента качества в условиях перехода от жесткого централизованного управления процессами производства к децентрализованной модели сбора, обработки информации и принятию решений на основе прогнозной аналитики, функционального и структурного анализа технологических операций и автоматизированного оборудования, научных основ высокоэффективной эксплуатации автоматизированного оборудования;
- формирование системного подхода к управлению производственными системами на основе технологий больших данных и прогнозных технологий;
- разработка алгоритма проверки пригодности процесса измерения для реализации эффективной системы на основе аналитических методов управления технологическими процессами;
- разработка автоматизированной системы проверки пригодности измерительного оборудования и статистической обработки большого объема данных, а также совмещение во времени этих операций с процессом измерения

при реализации предложенных решений.

**Научная новизна:**

- определены межуровневые связи элементов автоматизированной производственной системы, особенностями которой являются децентрализация сбора и обработки информации в условиях использования современного метрологического оборудования в области контроля качества технологического процесса;
- сформировано расширение понятия «Качество 4.0» как системы управления производственными процессами в условиях цифровых технологий;
- разработан алгоритм проверки пригодности процесса измерения для реализации эффективной системы аналитического управления технологическими процессами, реализующего элементы системы управления производственными системами на основе многоуровневого программного обеспечения;
- предложены методы оценки пригодности производственного процесса на основе данных измерения с использованием цифровой системы обработки информации.

**Объект исследования** – автоматизированная система оценки производственного процесса на основе данных измерений с использованием цифровой обработки информации.

**Предмет исследования** – совокупность организационно-методических и управленческих моделей и алгоритмов, модель автоматизированной системы управления производственными процессами и многоуровневое программное обеспечение.

**Методы исследования.** В работе использовались методы системного анализа, математической статистики, объектно-ориентированного проектирования программных систем и программирования и методы аналитического управления.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в формировании подхода к моделированию многоуровневой системы для управления производственными процессами на основе аналитических методов с

использованием алгоритма для сбора, анализа и хранения необходимых данных о процессах, а также в визуализации аналитики и организации взаимодействия.

**Практическая значимость исследования** состоит в:

- разработанном комплексе научно-технических решений в области создания системы статистического управления производственными процессами обработки деталей, а также ее адаптация к условиям серийного производства на базе использования метрологического оборудования;
- разработанной автоматизированной системе производственного процесса контроля качества задних автомобильных стекол.

**Положения, выносимые на защиту:**

- расширение понятия «Качество 4.0» как системы управления производственными процессами в условиях цифровых технологий;
- алгоритм проверки пригодности процесса измерения для реализации эффективной системы аналитического управления технологическими процессами;
- алгоритм цифровой обработки данных с целью осуществления анализа полученных результатов, прогнозирования качества и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией.

**Достоверность и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается соответствием теоретических и экспериментальных итогов исследований, а также созданием исследовательского прототипа системы с разработкой соответствующего программного комплекса.

Основные результаты научного исследования представлены на российских и международных конференциях: Управление качеством в образовании и промышленности, Севастополь, 21–22 мая 2020 года; Качество в производственных и социально-экономических системах, Курск, 17 апреля 2020 года; Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности, Вологда, 11 декабря 2019 года; XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых), Казань, 07–08 ноября 2019 года; International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment 2019, ICMTME 2019, Sevastopol, 09–13 сентября 2019

года; 2018 International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment, ICMТMTE 2018, Sevastopol, 10–14 сентября 2018 года.

Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019667751 от 26 декабря 2019г., № 2017614035 от 05 апреля 2017г., 2017613820 от 03 апреля 2017г., 2017613821 от 03 апреля 2017г., 2017614198 от 07 апреля 2017г.

Научные исследования проводились при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» (Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного контракта: 14.574.21.0127).

**Соответствие паспорту специальности.** Научная работа соответствует формуле научной специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» в пунктах 6, 19.

**Публикации по теме работы.** По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ 2 научные работы, в изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science 2 научные работы, включая 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 174 страницы сквозной нумерации, включая 43 страницы приложений, 65 рисунков и 8 таблиц. Список литературы содержит 192 наименования.



# ГЛАВА 1. ОСНОВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

## 1.1 Анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы

Одним из эффективных инструментов анализа и сбора информации о качестве технологического процесса являются статистические методы – методы, базирующиеся на использовании математической статистики. Использование этих методов не несет больших материальных затрат и дает возможность с заданной степенью точности и достоверностью сделать вывод о состоянии исследуемых объектов и процессов в системе обеспечения технологического качества.

Кроме того, использование статистических методов позволяет производить прогноз возникновения проблемы на всех стадиях производственного процесса, осуществлять их коррекцию, а также обеспечивать повышение эффективности принимаемых управленческих решений.

Впервые в 1930-х идею применения статистических методов на производственных предприятиях предложили У. Шухарт и Р. Фишер. У. Шухарт предложил использование статистических методов для контроля качества выпускаемой продукции на серийном производстве, а Р. Фишер для экономического обоснования экспериментов.

Во время Второй мировой войны статистические методы получили широкое распространение на промышленных производствах в Великобритании и США, стандарты которых основывались на работах К.Пирсона.

После войны большой прогресс в развитии производства с внедрением статистических методов показала промышленность Японии и до настоящего времени их применение является обязательным.

В последние десятилетия статистические методы, методы статистического анализа, контроля и обеспечения качества эффективно и повсеместно применяются в Германии, Франции, Италии, Голландии, США, Японии, Великобритании, Дании и других странах.

Российские ученые, такие как А. И. Колмогоров, Н. В. Смирнов, А. Я. Хинчин, Я. Б. Шор и другие внесли значительный вклад в развитие теории математической статистики. В послевоенные годы наблюдался определенный прогресс в широком применении этих методов в нашей стране. Однако, практически до настоящего времени, несмотря на научные обоснования их использования, статистические методы не получили должного распространения. Лишь отдельные предприятия отдельных отраслей используют их в производстве.

В России статистические методы не получили должное распространение. [1] Методы статистического контроля качества рассматривались до сих пор только с точки зрения работы отдела технического контроля. Их внедрение было делом исключительно контрольных служб. В связи с этим произошло практическое свертывание использования статистических методов в промышленности. Основными причинами этого стали:

- слабая экономическая заинтересованность предприятий во внедрении этих методов,
- технологическая дисциплина, отстающая от международных стандартов,
- сложность с практической точки зрения использования имеющихся методических работ в этой области,
- отсутствие в достаточном количестве квалифицированных кадров в этой области,
- плохая стыковка конструкторских норм и технологических, а также метрологических возможностей,
- практическое пренебрежение международными нормами конструкторской и технологической документации.

Однако в 1970-х годах в Советском Союзе Госстандарт начал комплекс

работ по созданию соответствующей нормативно-технической и методологической документации

Конечно, мнение, что статистические методы самое главное средство решения проблем обеспечения качества является неправильным. Решение такой многогранной проблемы не может быть результатом использования одного, даже высокоэффективного средства. Э. Деминг в своих публикациях [1] отмечал, что «повышения качества, производительности труда и конкурентоспособности продукции нельзя добиться исключительно за счет массированного применения контрольных карт и других статистических методов». Хотя необходимо отметить, что применение методов статистического анализа при внедрении стандартов ИСО 9000 имеет существенное значение, так как с их помощью достигается объективное подтверждение качества продукции предприятия и стабильности процессов.

Современная теория и практика применения статистических методов при анализе технологических и производственных процессов основывается на использовании контрольных карт Шухарта.

Наиболее информативной с точки зрения исследования проблемы использования контрольных карт является работа Ю.П. Адлера, О.В. Максимовой, В.Л. Шпера. [2]

Статистический анализ качества используется в мировой промышленной практике для определения свойств случайного процесса в конкретных условиях производства.

Качество продукции зависит от большого количества связанных и независимых факторов, имеющих как закономерный, так и случайный характер. Для машиностроительного производства к таким факторам относятся точность станочного оборудования, колебания состава материала заготовки, параметры жесткости системы станок-приспособление-инструмент-деталь, колебания температуры, погрешности режущего инструмента, режимы обработки, квалификация специалистов, точность соблюдения параметров предварительной термообработки и др.

Целью использования статистических методов анализа качества является определение степени влияния случайных или закономерных факторов на показатели качества.

Если влияние случайных факторов преобладает - технологический процесс статистически управляемый и применение статистических методов контроля качества, а также хода технологического процесса становится возможным.

Если в технологическом процессе основными факторами являются те, которые носят неслучайный характер (например, жесткость системы станок-приспособление - инструмент-деталь), процесс называется статистически неуправляемым. Использование методов статистического анализа становится при этом невозможным до определения причин и минимизации степени влияния неслучайных факторов. Затем опять повторяют статистический анализ до достижения статистической управляемости процесса. [3]

Результаты патентного поиска показали, что идеи, заложенные в разработке комплекса научно-технических решений в области создания методов управления автоматизированными производственными системами, а также их адаптации к условиям серийного производства и разработка алгоритмов управления технологическим процессом с целью осуществления анализа полученных результатов, прогнозирования качества и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией, могут быть патентоспособными.

## **1.2 Применения статистических методов при анализе технологических и производственных процессов**

Статистическое управление технологическими и производственными процессами – это управление качеством продукции в процессе производства путем своевременного вмешательства в технологический процесс (настройка, изменение режима работы оборудования, корректировка и т. п.) [4].

Система статистического управления качеством включает в себя следующие этапы:

1. анализ и выбор параметров с определенными допусками, по которым контролируется годность детали;
2. определение места и времени измерений выбранных параметров;
3. проверка пригодности оборудования к изготовлению деталей изделий заданной точности;
4. реализация управления процессом.

Методы статистического контроля качества используются для регулировки технологических процессов, обеспечения их стабильности, предупреждения появления брака. Для оперативной корректировки параметров технологического процесса используются выборочные проверки качества обрабатываемых деталей и изделия.

Продукция, качество которой не соответствует установленным требованиям потребителя, выявляется путем анализа поступивших и признанных рекламаций в соответствии с требованиями стандарта предприятия.

Эти методы включают в себя использование частотного распределения, мер центрирования процесса, рассеивания, контрольных карт, выборочного контроля, регрессионного анализа, критериев значимости и т.п.

Когда статистическое управление качеством применяют для управления ходом процесса, а не управления качеством поставляемых материалов, то часто применяют термин «статистическое управление процессом».

Развитие современных научных подходов к применению статистических методов не всегда предоставляет понятные и легко используемые методики. В 1970-х годах японский ученый профессор К. Исикава определил семь простых инструментов контроля качества:

- диаграмма Парето;
- гистограмма;
- контрольный листок;
- диаграмма разброса;

- стратификация (расслоение);
- диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма);
- контрольная карта.

Остановимся более подробно на использовании основного инструмента для реализации сбора и анализа данных в качестве подготовительного этапа реализации использования статистических методов, а именно на контрольных картах Шухарта.

Для того чтобы формализовать представление производственного процесса, начиная с операции ввода в систему заготовки до выхода продукта, необходимо построить математическую модель процесса. Достаточным условием при построении является наличие четких критериев качества создаваемой системы и методов расчета и конструктивного обеспечения системы.

Любое количественное изучение процесса возможно только в том случае, если будут определены величины, которые характеризуют этот процесс (характеристики процесса, функции процесса). Очевидно, что характеристики процесса во времени меняются. По данным, которые мы получим при анализе изменений можно сделать вывод о стабильности процесса.

Контрольная карта Шухарта – это визуальное представление, выполняющее работу по разделению вариабельности/изменчивости на вариабельность, вызванную общими (случайными) и специальными/особыми (временными) причинами. Оно состоит из графика хода самого процесса и трех дополнительных линий: центральной линии, верхнего и нижнего контрольных пределов. Предложенное У. Шухартом правило чтения визуального представления: если все точки находятся между верхним и нижним контрольным пределом, то специальные причины отсутствуют, и процесс по определению считают статистически управляемым (стабильным), что означает его предсказуемость (без чего никакое управление, а, следовательно, и совершенствование невозможны). Если есть точки, выходящие за верхний или нижний контрольные пределы, то специальные причины присутствуют, и процесс по определению

Небольшое количество характеристик процесса может быть описано с

помощью нормального распределения. Отклонения от нормального распределения могут возникать, например, из-за ухудшения качества материала выходного продукта или определяться характеристиками наблюдаемых признаков, таких, например, как отклонение формы и размера, имеющими естественный допуск в нуле. Из-за износа инструмента или погрешностей приспособлений, или из-за колебаний качества материала заготовки постоянно меняются средние значения или рассеяние измеряемых значений того или иного признака. Такие характеристики процесса и коррелирующие с ними признаки можно эффективно использовать для обоснованной оценки производственного процесса, когда при оценке принимаются во внимание значения соответствующих параметров, описанных соответствующими моделями распределения и соответствующих испытаний.

Аналитически закон распределения выражается так: [5]

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1.1)$$

где  $F(x)$  - функция распределения,

$x$  - отклонение от начала координат,

и два параметра нормального распределения  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение,  $\mu$  – математическое ожидание.

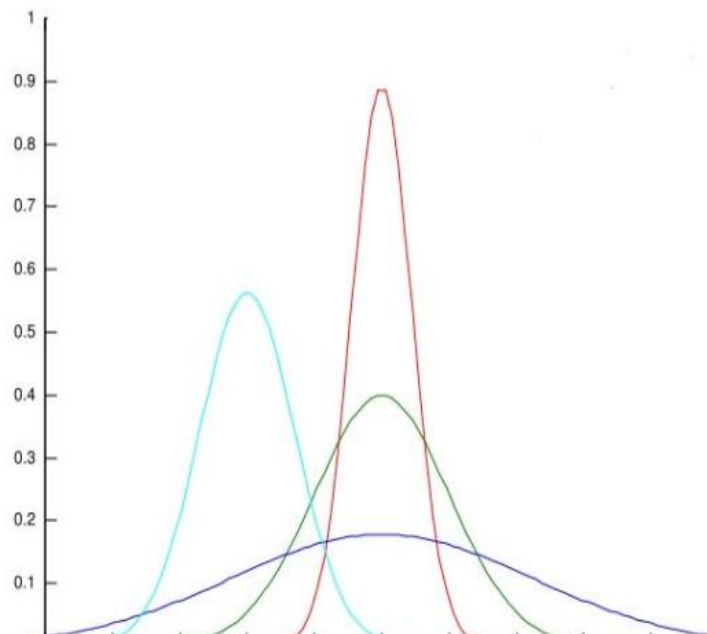


Рисунок 1.1 – Визуальное представление нормального закона распределения

Математическое ожидание выражается соотношением:

$$\mu(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xF(x) dx \quad (1.2)$$

Среднее квадратичное отклонение, в свою очередь, выражается соотношением:

$$\sigma(x) = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} [x - \mu(x)]^2 F(x) dx} \quad (1.3)$$

Если параметр процесса  $x$  будет попадать заданную зону, которая обуславливается правилом  $3\sigma$ , т.е.  $\mu \pm 3\sigma$  (в соответствии с правилом в этот интервал должны попасть 99,77% всех значений величины  $x$ ), то можно говорить о стабильности процесса, так как нет отклонений от нормального распределения.

При создании контрольных карты необходимо вначале рассчитать значения верхней и нижней контрольных границ. Затем в виде точки на графике зафиксировать текущее состояние процесса. Признаком того, что процесс вышел из стабильного состояния служит выход точек за контрольные границы. Существуют различные тренды в расположении точек. [6]

Если при расшифровке контрольной карты специалист службы качества наблюдает выход из стабильного состояния, то ему необходимо, не вмешиваясь и не останавливая работу станка или линии, сообщить об этом оператору, а оператор в свою очередь принимает решение о необходимости вмешаться в процесс. Далее специалисту службы качества необходимо продолжать наблюдение за поведением графика на контрольной карте. до тех пор, пока контрольные карты не покажут полную управляемость процесса. [6]

Каждая точка на графике функции вероятностей показывает вероятность того, что случайная величина будет меньше или равна этому значению. На рисунке 2 вероятность того, что длина резьбы будет меньше или равна 14,069 мм, составляет 80%. Таким образом, 14,069 мм является 80% квантилем этой функции распределения.

В диапазоне плюс-минус шесть стандартных отклонений ( $6\sigma$ ) находится 99,73% всех случайных величин, распределенных по этому закону. График



плотности вероятности (первой производной от функции вероятности) представлен на рисунке 3.

За границами этой зоны находится 0,27% значений, т.е. по 0,135% справа и слева. Как следствие, для нормального закона распределения соответствующие квантили ( $\mu-3\sigma$ ) и ( $\mu+3\sigma$ ) ограничивают диапазон, внутри которого с соответствующей вероятностью (уровнем доверия) ожидается нахождение результатов выборки (значений). Значения этих квантилей в процентах (такое представление принято называть процентилями)  $X_{0,135\%}$  и  $X_{99,865\%}$ . Эти два значения называются нижним ( $Q_{\text{нижн}}$ ) и верхним ( $Q_{\text{верхн}}$ ) квантилями соответственно.

Определение границ диапазона рассеяния через количество стандартных отклонений (например,  $\pm 3\sigma$ ) относится только к нормальному закону распределения. Но в то же время, определение аналогичного диапазона через верхний и нижний квантили возможно для любого закона распределения, поскольку для любого закона можно определить точки с уровнем значимости 0,135% и 99,865% процентов. Интервал, ограниченный квантильными границами 0,135% и 99,865%, называется опорным интервалом. Фактически, нормальный закон распределения является только частным случаем, для которого опорный интервал равен  $6\sigma$ .

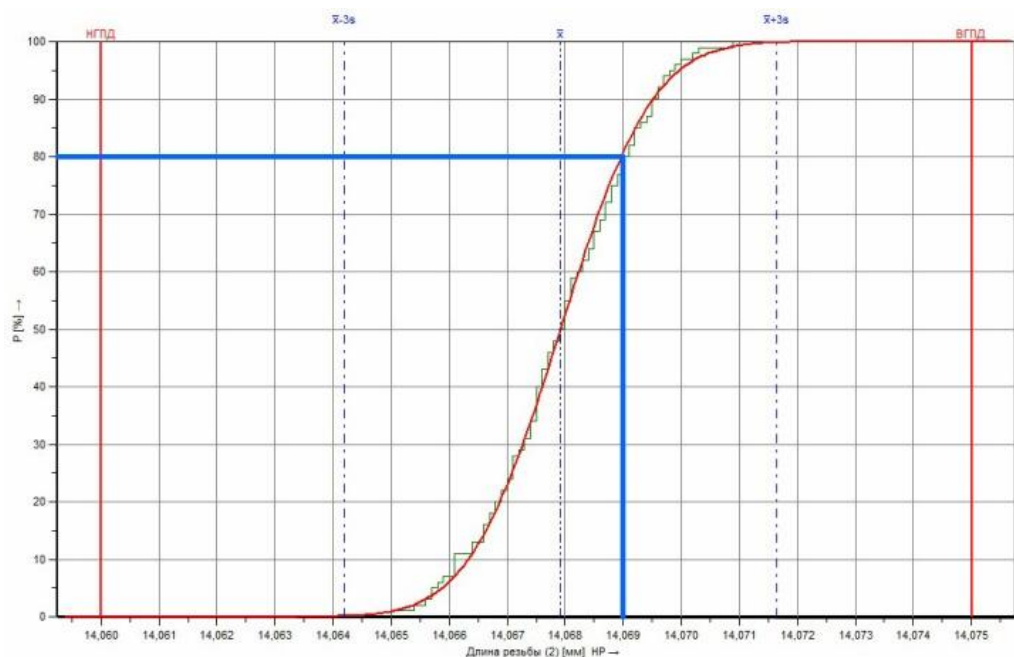


Рисунок 1.2 – Вероятностная сетка нормального закона распределения

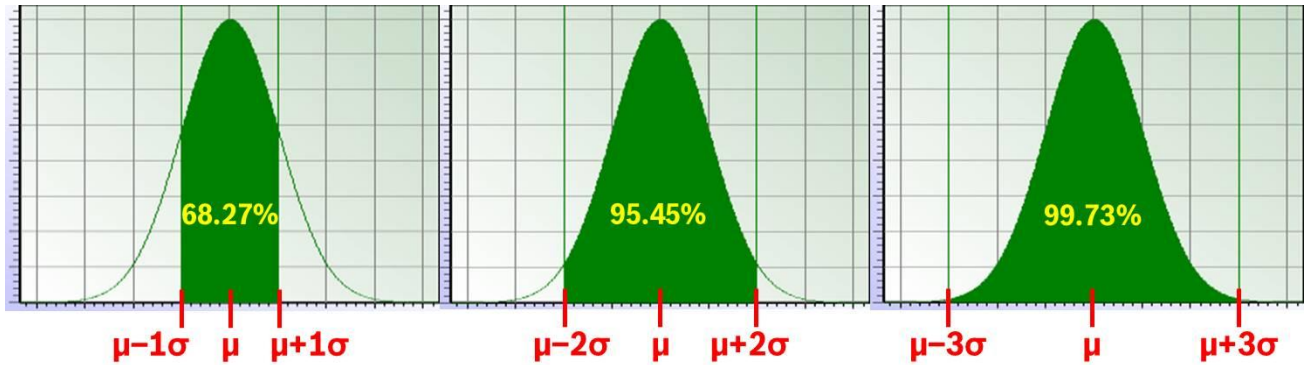


Рисунок 1.3 – График плотности вероятности для нормального закона распределения.

Для количественного определения стабильности процесса применяются специальные индексы: индексы воспроизводимости и индексы пригодности процесса.

Статистические методы направлены на создание процессов, обеспечивающих и поддерживающих уровень качества, заданный документацией на продукт и действующими нормами и стандартами, в том числе и международными.

На качество влияют различные факторы внешней и внутренней среды предприятия.

Внешние факторы:

- уровень требований к качеству (потребители, прогресс, конкуренты);
- наличие поставщиков капитала, трудовых ресурсов, материалов, энергии, услуг;
- действующее законодательство в области качества и работа государственных органов.

Внутренние факторы предприятия:

- материальная база предприятия (финансы, оборудование, инфраструктура);
- персонал (квалификация и мотивация);
- качество проекта (совершенство конструкции);
- качество исполнения (применение передовых технологий);
- стабильность процессов.

Управлять можно только тем, что можно измерить. Характеристики могут быть выбраны по различным критериям, например, характеристики, которые показали определенные проблемы с процессом; характеристики, необходимость управления качеством которых определена анализом видов и последствий отказов. Основа информации – это сбор данных. Сбор данных – не что иное, как получение необходимой информации в числовом выражении для последующего (статистического) анализа проблемы. Эти данные являются основой для принятия решения и корректирующих действий.

Информация о качестве представляется на разные уровни управления качеством, и может быть искажена. К сожалению, возможность фальсификации данных обусловлена зависимостью сотрудников от инспекционных проверок. Зачастую персонал несет ответственность за «показатели», а не за реальный уровень качества. Кроме того, при фиксации и передаче данных о качестве возможно неумышленное искажение данных (при ручном вводе большого количества результатов замеров очень велика вероятность ошибки, которая может существенно изменить картину событий).

Разные уровни организационно-технических систем требуют различной детализации информации о производственном процессе (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Уровни организационно-технических систем

Малый контур реализуется непосредственно на цеховом уровне. На основании результатов замеров проверяется динамика процесса (графики хода процесса) и строятся контрольные карты Шухарта. По поведению контрольной карты можно проанализировать изменчивость процесса – изменение средней величины и размаха процесса. По контрольной карте руководство нижнего уровня принимает решение об остановке и/или регулировке процесса.

Большой контур управления работает на уровне менеджмента предприятия. Основой для принятия решения являются статистически обработанные данные. На основании этих данных рассчитываются показатели процессов.

В результате определения межуровневых связей элементов автоматизированной производственной системы, особенностями которой являются децентрализация сбора и обработки информации в условиях использования современного метрологического оборудования в области контроля технологического процесса было предложено теоретическое обоснование понятия «Качество 4.0».

### **1.3 Формирование системного подхода к управлению качеством на основе технологий больших данных и прогнозных технологий**

Существует множество различных определений качества, и многие организации разрабатывают свои определения в зависимости от своей стратегии и заинтересованных сторон. Д. Гарвин выделял пять подходов к качеству:

- трансцендентное – качество идентифицируется при переживании.
- на основе продукта – степень, в которой продукт обладает определенными характеристиками.
- ориентированность на пользователя – в какой степени продукт соответствует потребностям и ожиданиям.
- производство на основе – выполнение допусков и требований.

– стоимостная – отношение между затратами и ценой.

Качество продукта (или услуги) – это его способность удовлетворять или, предпочтительно, превосходить потребности и ожидания потребителей.

Всеобщее управление качеством было разработано на основе интеграции теорий общего качества и теорий управления, рассматривая клиентоориентированность, непрерывное совершенствование и командную работу в трех измерениях принципов, практик и методов. Всеобщее управление качеством можно даже считать заменой правильной стратегии. Философия заключается в том, чтобы организовать улучшение качества, учитывая потребности и ожидания внутренних и внешних клиентов, охватывая все части организации, изучая затраты на качество, проявляя инициативу и разрабатывая системы поддержки улучшения. Бергман и Клефше определяют всеобщее управление качеством с холистической точки зрения как, постоянное стремление удовлетворить и, желательно, превзойти потребности и ожидания клиентов с наименьшими затратами путем непрерывной работы по совершенствованию, которой привержены все участники, сосредоточившись на процессах в организации.

Контроль качества – это часть всеобщего управления качеством, которая ориентирована на выполнение требований организации к качеству с помощью инспекции и использования таких методов, как статистическая выборка и статистический контроль процессов. Она направлена на исправление нежелательных или неожиданных изменений и обеспечение стабильности и последовательности продукта. Обеспечение качества также является частью всеобщего управления качеством и сосредоточено на обеспечении уверенности и обеспечении выполнения требований к качеству производимой продукции. Проектирование процессов для повышения качества продукта и разработка систем мониторинга для измерения производительности способствуют предотвращению событий, которые могут негативно повлиять на качество.

Бергман и Клефше также называют шесть краеугольных камней, связанных с TQM, необходимых для развития культуры, основанной на непрерывных и

последовательных обязательствах руководства:

- лидерство
- ориентация на покупателя;
- основывать решения на фактах;
- ориентация на процессы;
- постоянно совершенствование.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» содержит руководящие принципы для принятия системы менеджмента качества, связанной с TQM. Он предлагает семь принципов управления качеством, которые должны работать в рамках процессного подхода: ориентация на клиента; лидерство; вовлечение людей; процессный подход; улучшение; принятие решений на основе фактических данных; управление взаимоотношениями.

За последние годы всеобщее управление качеством стал очень близок к таким понятиям, как чувство безопасности, эстетика, благополучие, вовлеченность и участие. Это также связано с организационными инновациями, которые являются ценной стратегией для достижения результатов мирового класса путем создания ценности, нового мышления и улучшения операционной деятельности.

Качество в условиях Индустрии 4.0 становится все более самостоятельным конкурентным преимуществом. Поэтому на одно из первых мест выходят службы управления качеством, которые в свою очередь опираются на информацию, полученную от работы изделия в реальном времени, и позволяют оперативно вносить изменения в прототип.

В контексте Индустрии 4.0 качество следует рассматривать как обнаружение источников данных, первопричин и информации о продуктах и организациях путем расширения и улучшения человеческого интеллекта.

Качество 4.0 является неотъемлемой частью Индустрии 4.0 и может быть определена как цифровизация всеобщего управления качеством (таблица 1.1) и ее влияние на качественные технологии, процессы и людей. Матрица взаимосвязи

промышленных революций и эволюции качества представлена на рисунке 1.5.

Промышленные революции	И4.0 2014	- цифровизация - «умное» производство	система	качество 4.0 2017	интегрированная система менеджмента	У5	Управленческие революции
	И3.0 1969	- автоматизация - роботизация	процесс	1980 TQM	система менеджмента качества серии 9000	У5	
	И2.0 1870	- электрификация - конвейерное производство - массовое производство	операция/продукт	1950 TQC 1920 SQC 1900 система Тейлора	БИП	1950 У4 1900	
	И1.0 1784	- механизация ручного труда - энергия пара	продукт	-	-	У3	
		Свойства	Результат	Эволюция качества	Фазы развития СМК		

Рисунок 1.5 – Эволюция качества (где ТQC – тотальное управление качеством, SQC – статистическое управление качеством, БИП – система бездефектного изготовления продукции)

Качество 4.0 представляет собой комбинацию информационных и операционных технологий, а также возможность участия человека на любом этапе. Эта интеграция способствует управлению качеством производственных систем в режиме реального времени и более широкому использованию больших данных для анализа, что может представлять собой прогресс в направлении прогнозирования качества.

Таблица 1.1 – Расширение понятия качества в условиях цифровых технологий

Критерии	Качество 4.0
Клиентоориентированность	Кастомизация, динамическое взаимодействие с потребностями рынка
Руководство	Рациональное распределение ресурсов, улучшение координации, эффективная оценка
Вовлечение людей	Развитие дистанционной коммуникации, сотрудничества и обмена идеями
Процессный подход	Обеспечение прозрачности и подотчетности производственной деятельности, прогноз

Продолжение таблицы 1.1 – Расширение понятия качества в условиях цифровых технологий

	возникновения проблем на начальных стадиях производственного процесса
Улучшение	Мгновенная реконфигурация производственных процессов, мотивация к изменению внешней среды
Принятие решений на основе фактических данных	Большой объем информации, аналитика и принятие решений на ранних стадиях производства
Управление отношениями	Выявление коммуникации, сегментация и оперативная реакция заинтересованных сторон
Гарантия качества	Обнаружение и прогнозирование отказов на ранних стадиях производства
Контроль качества процесса	Интеллектуальная система контроля качества процесса, контроль качества в реальном времени

Изменения, связанные с цифровизацией, автоматизацией, большими данными и информационной безопасностью, важны не только с точки зрения информационных технологий, но и должны рассматриваться как организационные вопросы. Поэтому специалисты по качеству должны обладать навыками определения того, как и почему следует использовать данные, поскольку именно процесс должен диктовать использование информации, а не наоборот.

Четвертая промышленная революция обеспечила семь инструментов и технологий, которые могут быть использованы для улучшения качества:

1. наука о данных и статистика. Повышение ценности с помощью прогнозов, поиск закономерностей и создание жизнеспособных моделей и решений. Выявлять причинно-следственных связей с помощью агрегирования данных, классификации данных, конвейеров реального времени и динамического



моделирования, генерирующего знания, связанные с решением проблем;

2. стимулирующие технологии. Всегда связаны с последними разработками в области подключения, такими как датчики, мобильные устройства, сети, интернет вещей, промышленный интернет вещей, интегрированные системы, виртуальная реальность и облачные вычисления. Также связано с управлением документацией;

3. большие данные, связанные с инфраструктурой управления и анализа больших массивов данных, которые поступают очень быстро, в различных форматах, с высокой вариабельностью качества данных, от различных заинтересованных сторон, могут быть легко изменены и ограничены;

4. постоянный мониторинг для того, чтобы транзакции происходили только при достижении целей качества, способствует обеспечению качества данных, доверия и развитию культуры качества;

5. искусственный интеллект для принятия сложных решений, таких как компьютерное зрение, чат-боты и робототехника;

6. машинное обучение помогает для принятия решений, а также для прогнозирования, фильтрации информации и рекомендательных систем, помогает организациям лучше выполнять работу, находя рычаги внутри процессов, которые могут обеспечить согласованность и согласованность во всей организации. Раскрытие отношений помогает построить культуру безопасности и качества;

7. нейронные сети и глубокое обучение используются для прогнозирования и распознавания сложных образов. Он включает в себя слои со специальными функциями.

Элементы системы управления качеством производственных системам путем внедрения прогнозной аналитики на основе многоуровневого программного обеспечения представлены на рисунке 1.7.

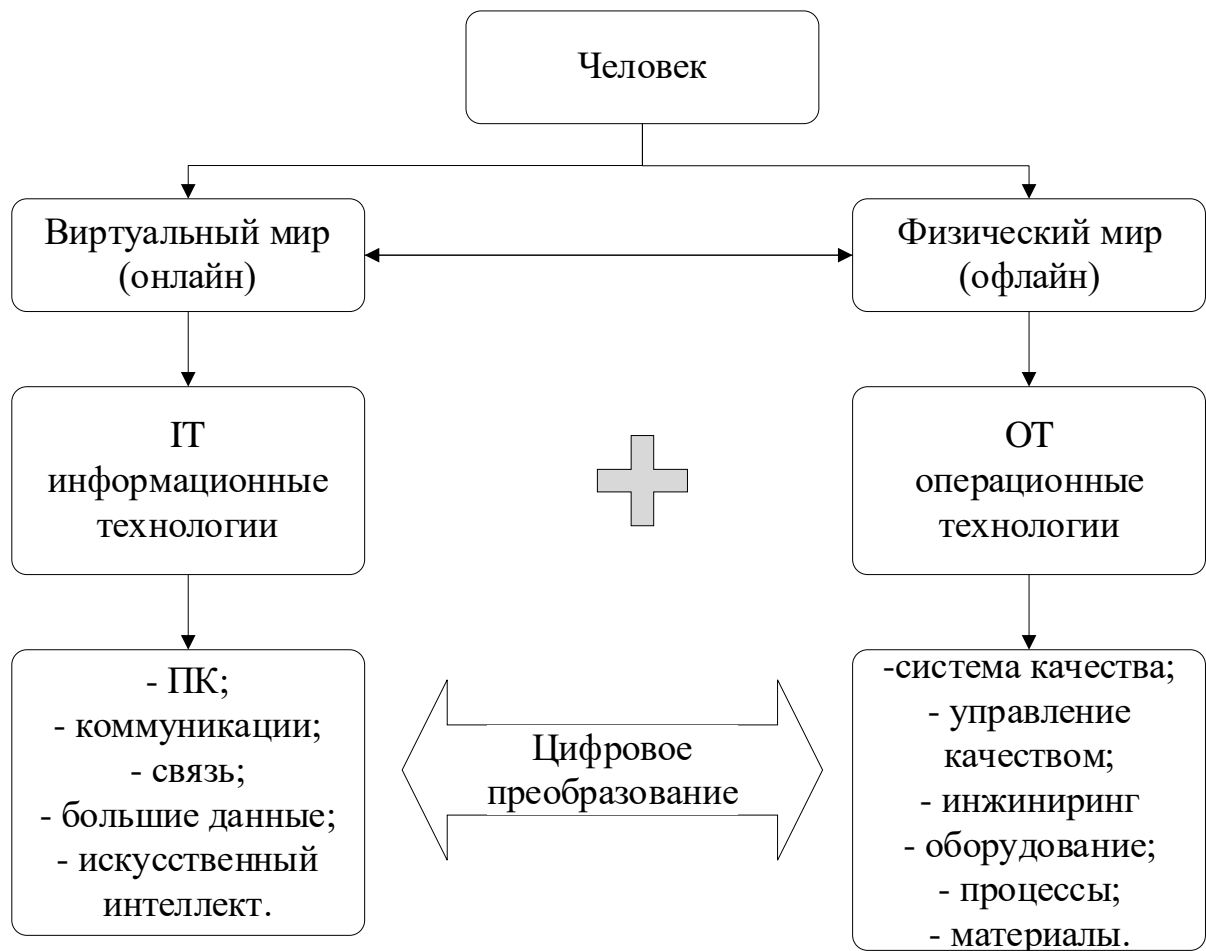


Рисунок 1.6 – «Качество 4.0» как единое информационное пространство предприятия, обеспечивающего системный подход к управлению качеством продукции

Системы, которые изучают весь процесс производства, прогнозируют его будущее, высчитывают оптимальные показатели, меняют заданные параметры и выдают рекомендации позволяют применять предикативную аналитику, которая выполняет следующие задачи:

- анализ и предсказывание факторов, влияющих на характеристики продукции;
- прогнозирование выхода оборудования из строя;
- осуществлять прогноз относительно производства товаров и потребления ресурсов;
- заранее оповещать о возможных чрезвычайных ситуациях.

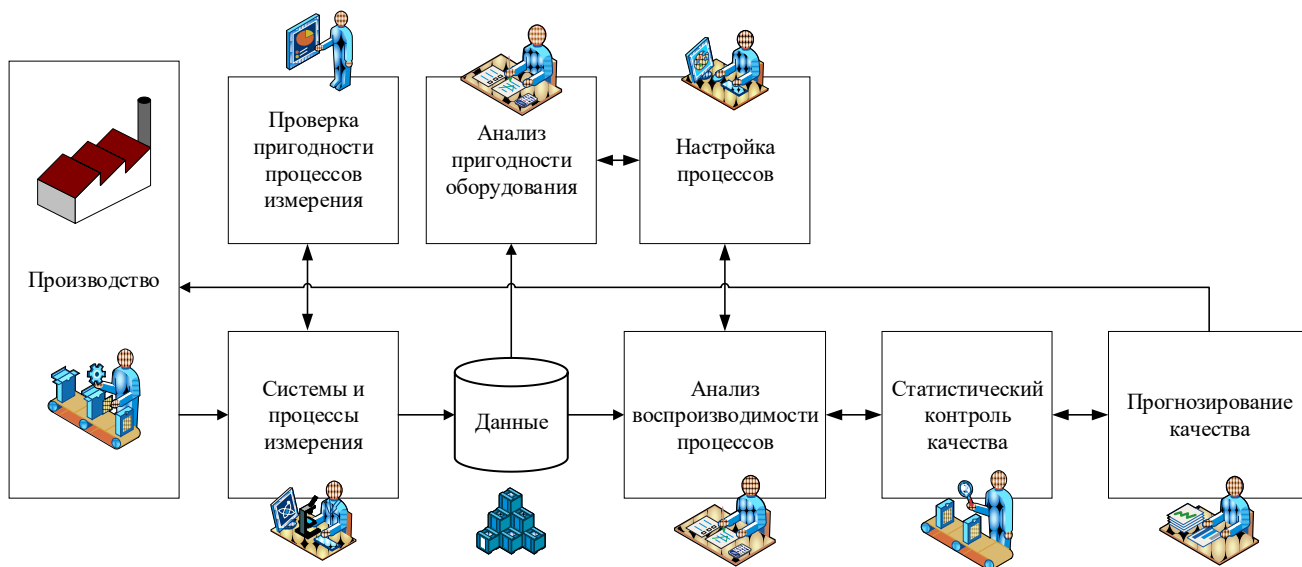


Рисунок 1.7 – Построение системы управления качеством путем внедрения прогнозируемых технологий.

Качество 4.0 основано на принципах всеобщего управления качеством, но выходит за рамки и включает в себя все заинтересованные стороны, а также системы, необходимые для потока данных. Качество в контексте Индустрии 4.0 в большей степени связано с созданием ценности, обучением, инновациями, устойчивостью и открытием данных, которые приносят новые идеи. Интеграция поставщиков, потребителей и общества в качестве соавторов продуктов и услуг предоставляет организациям новые возможности для более эффективного получения данных, дающих ценную информацию.

#### 1.4 Использование прогнозной аналитики на производстве

В 2017 году в материалах аналитической компании LNS Research было отражено направление цифрового управления качеством как части индустрии 4.0 и предполагало включения в себя следующих направлений:

- большие данные;
- аналитика;

- взаимодействие с пользователем;
- прозрачность отчета;
- разработка приложений;
- масштабируемость;
- соответствие требованиям;
- лидерство;
- компетенции.

В условиях цифровых технологий прогнозная аналитика занимает одно из важных мест в формировании автоматизированных производственных систем. Она помогает принимать решения на основе ранее принятых решений и визуализировать отчетность собранной информации. Типы анализа данных представлены на рисунке 1.8.

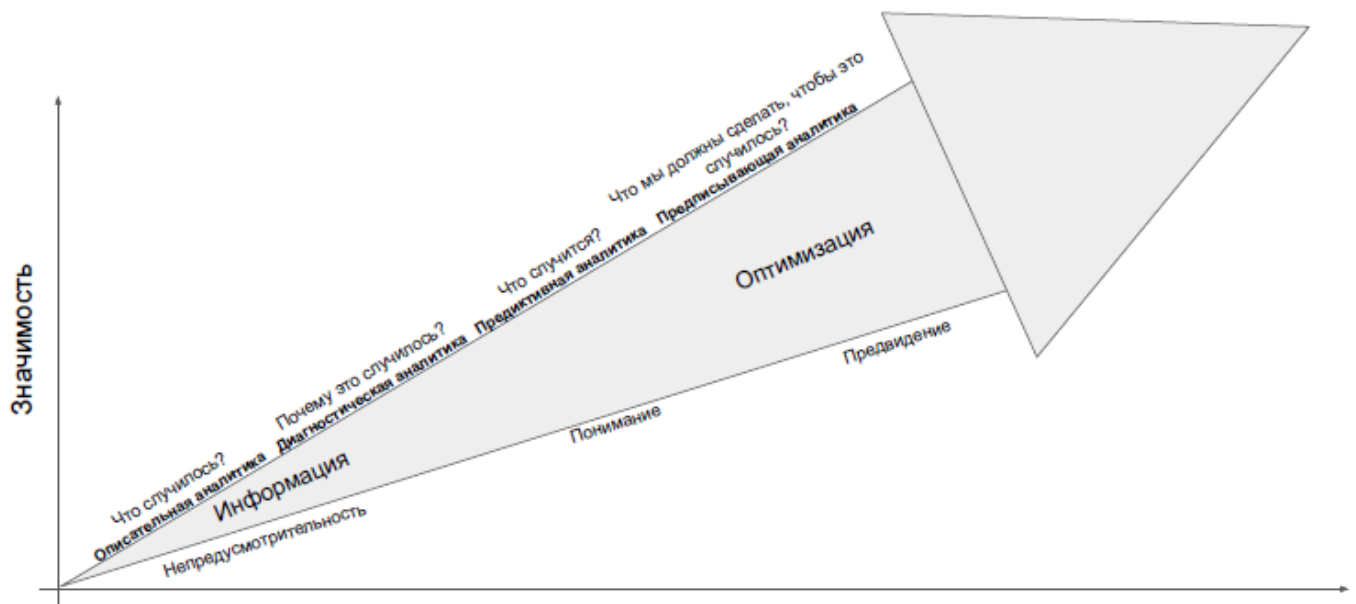


Рисунок 1.8 – Типы анализа данных

Задачи прогнозной аналитики в промышленности:

- анализировать и предсказывать факторы, влияющие на характеристики продукции;
- прогнозировать выход оборудования из строя, то есть обслуживать по состоянию, а не по регламенту;
- делать прогнозы относительно производства товаров и потребления ресурсов;

- заранее оповещать о возможных чрезвычайных ситуациях.

Массивы данных все время увеличиваются. Их непрерывно собирают организации и все устройства. В качестве примера можно привести такие массивы данных:

- сведения из CRM-систем, то есть данные о количестве контрагентах, звонках и контрактах;
- показания датчиков;
- производственные показатели.

Прогнозная модель имеет способность обучаться за счет наполнения ее различной информацией, пополнением данных, критериями выбора параметров, инструментами для обработки данных.

Чтобы понять все беспорядочные данные, проекты, имеющие в основе большие данные, зачастую используют ультрасовременную аналитику с привлечением компьютерного обучения.

Внедрение технологии обработки больших данных в статистическое управление качеством – процесс длительный и итеративный, состоящий из нескольких этапов:

1. определение конкретной проблемы.
2. фильтрация сведений, создание словаря данных и чистка информации: удаление дублей, устаревших значений и т.д.
3. построение гипотез и их реализация.
4. анализ полученных результатов, улучшение качества построенных моделей и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией.

Современное машиностроение не стоит на месте, за последние десятилетия на предприятиях российской промышленности появилось значительное количество нового современного оборудования: новые универсальные станки, обрабатывающие центры, применяются новейшие конструкции вспомогательного и режущего инструмента. Цифровое оборудование позволяют осуществлять комплексный подход к замеру самого широкого спектра деталей. В данном случае источником больших данных будут являться показания устройств – датчиков,

приборов, а также прочего метрологического оборудования.

Необходимым элементом системы управления производственными системами является проверка пригодности процесса измерения. Получаемые в процессе измерения значения величин являются основой оценки процесса и должны быть достаточно надежными.

#### **1.4 Выводы по первой главе**

1. На основе анализа научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему с помощью Национальной электронной библиотеки (НЭБ), которая является федеральной государственной информационной системой, обеспечивающей создание единого российского электронного пространства знаний, определены межуровневые связи, характеризующие элементы автоматизированной производственной системы, особенностями которой являются децентрализация сбора и обработки информации в условиях использования современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса.

2. В условиях современного автоматизированного производства организации включаются в цифровое проектирование, цифровое конструирование, цифровую технологию и изготовление, цифровую логику, цифровую стандартизацию, электронную сертификацию, а значит и «цифровая система управления качеством» также необходима.

3. Сформированное расширение понятия «Качество 4.0» определяет его как единое информационное пространство предприятия, обеспечивающее системный подход к управлению качеством продукции. Особенности понятия «Качество 4.0», предложенного в данной работе, заключается в том, что система управления производством позволяет включить представителей всех заинтересованных сторон и обеспечивает прозрачность и подотчетность своей

деятельности.

4. При проведении исследований необходимо проведение дальнейшего изучения методов управления автоматизированными производственными системами.

## **ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ ПРИГОДНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

### **2.1 Алгоритм проверки пригодности процесса измерения управления технологическими процессами**

Эксплуатация метрологического оборудования начинается с того момента, как оно включается в технологический процесс. Чтобы понять, что оборудование включено в процесс рационально и может обеспечить высокую производительность, его нужно протестировать. Для этого операторами проводится проверка метрологического оборудования на пригодность.

С развитием современной промышленности, объекты управления становятся все более сложными, что создает множество новых проблем, связанных, например, с большим числом изменяющихся во времени параметров, большими временными задержками, высокой нелинейностью процессов и сложной связью между входными и выходными параметрами.

Выявленные особенности производственной системы позволили сформировать функциональную модель, которая характеризуется ее изменчивостью (рисунки 2.1,2.2).

Установленные метрологические требования к измерительному оборудованию и процессам измерений связаны с требованиями к продукции. Они могут включать в себя максимально допустимые погрешности и неопределенности, диапазон изменений характеристик, требования к стабильности, разрешающей способности, условиям окружающей среды, к квалификации и опыту работы операторов.

Получаемые в процессе измерения значения величин являются основой оценки процесса и должны быть достаточно надежными. Непригодный процесс



измерения искажает реальность и приводит к ошибочным оценкам.

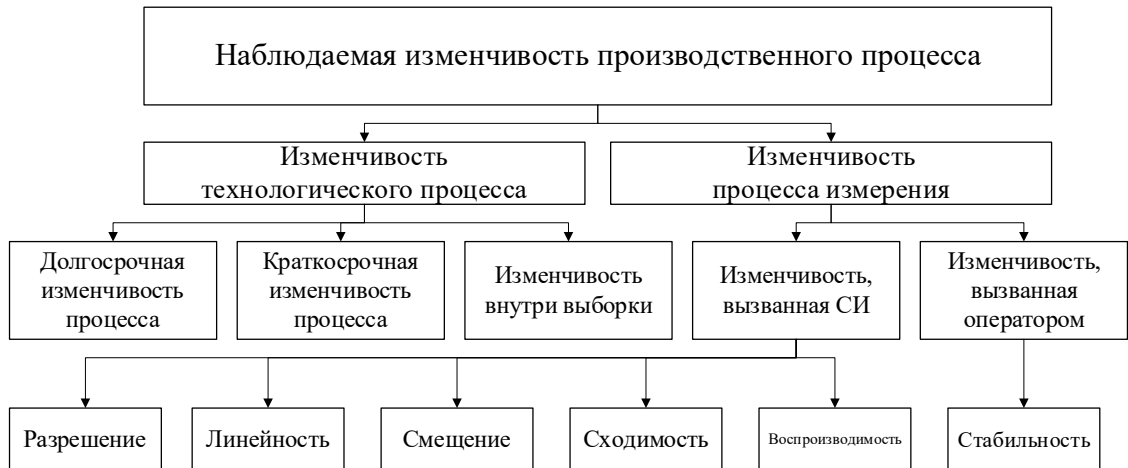


Рисунок 2.1 – Функциональная модель изменчивости производственного процесса

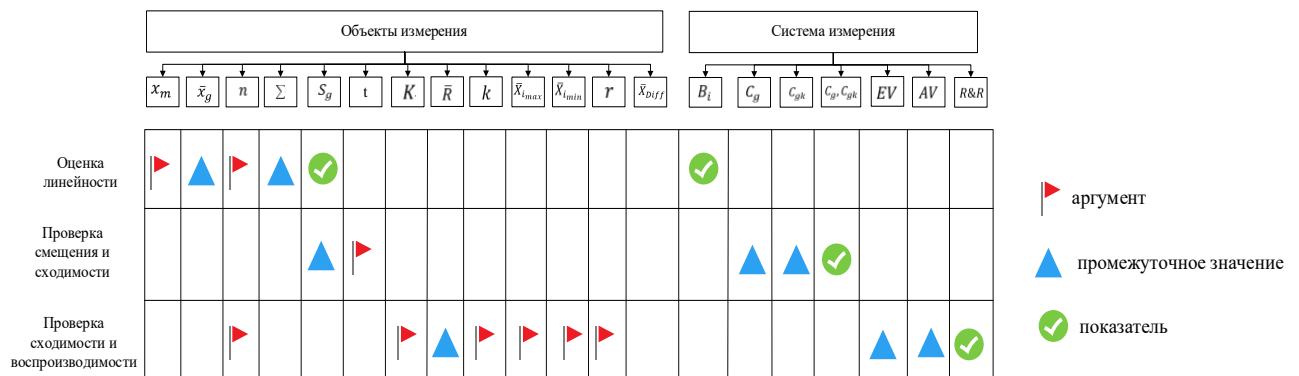


Рисунок 2.2 – Графическая форма модели изменчивости производственного процесса

Согласно ГОСТ Р 51814.5-2005 «Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов». Анализ измерительных и контрольных процессов целесообразно применять для:

- первоначального оценивания параметров статистических характеристик измерительных и контрольных процессов для параметров автомобильных компонентов, а также параметров процессов их производства на стадии подготовки производства;

- периодического подтверждения статистических характеристик измерительных и контрольных процессов между проведениями проверок/калибровок средств измерений и контроля;

- внеочередного подтверждения статистических характеристик измерительных и контрольных процессов в случаях замены, модернизации,

ремонта средств измерительной техники, изменения технологического процесса, увеличения количества несоответствий измеряемого параметра и т.д.

Под *измерительным процессом* понимают «процесс, преобразующий значение измеряемого параметра в результат измерений посредством использования ресурсов (средств измерительной техники и другого оборудования, оператора, окружающей среды и т.д.), регулируемый методикой выполнения измерения». [ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов].

Процесс измерения может быть представлен в виде схемы взаимосвязанных элементов (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Схема процесса измерения

Одними из основных показателей измерительного процесса является его смещение, линейность и сходимость. Еще не менее показательными параметрами измерительного процесса являются воспроизводимость и стабильность.

Под *смещением* измерительного процесса понимают «систематическую погрешность в результатах измерений, полученных с помощью измерительного

процесса. Смещение измерительного процесса, как правило, оценивают, как разность между средним значением результатов многократных измерений и предполагаемым истинным значением измеряемого параметра» [ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов].

*Сходимость* называют «степень близости результатов последовательных измерений одного и того же измеряемого параметра, выполненных повторно одними и теми же средствами измерительной техники, одним и тем же методом и одним и тем же оператором» [ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов].

*Воспроизводимость* – это «степень близости результатов измерений одного и того же измеряемого параметра, выполненных при измененных условиях измерений» [ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов].

Пригодность процесса измерения зависит от целей проведения измерений (вида решений, принимаемых на их основе) процесса измерения используется для оценки соответствия характеристик требованиям (контроль продукции) или для получения данных для управления процессом производства (управления стабильностью ключевых характеристик).

Принятие решений в отношении продукции и процессов ее производства проводят на основе результатов измерений. Повторные измерения в рамках эксперимента проводят в условиях, максимально приближенных к использованию процесса измерения (включая место, персонал и условия окружающей среды). Для проведения анализа и проверки пригодности процесса измерения возможно использование результатов ранее проведенного эксперимента для данного процесса измерения, при этом проводят новый анализ имеющихся данных и сравнивают результаты с новым критерием приемлемости.

Необходимость в применении анализа процесса измерения определяет в соответствии с порядком, определенным в ситуациях, которые были определены

экспертным методом, представленных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Ситуации проведения анализа процесса измерения

Описание ситуации	Действия
1 Применение нового измерительного оборудования или метода измерений	Провести анализ процесса измерения
2 Разработка нового/изменение существующего процесса производства	Если факторы, влияющие на существующий процесс измерения, не изменились, использовать данные предыдущего эксперимента по анализу процесса измерения для оценки пригодности, иначе – провести новый анализ процесса измерения
3 Значимые изменения в существующем процессе измерения или методах (например, изменения в испытательном образце, персонале, условиях окружающей среды, методе, месте измерения, в стандартах по калибровке и т. п.)	Проанализировать изменения в факторах, влияющих на процесс измерения. В случае значимого изменения провести новый анализ процесса измерения
4 Поставка несоответствующей продукции в случае, если причиной мог быть процесс измерения	Проанализировать изменения в факторах, влияющих на процесс измерения (с момента проведения последнего анализа процесса измерения). В случае значимого изменения провести новый анализ процесса измерения
5 Внесены изменения в методы измерений	Провести новый анализ процесса измерения

Продолжение таблицы 2.1 – Ситуации проведения анализа процесса измерения



	<p>характеристик требованиям (допуску). Если ранее процесса измерения использовался для анализа возможностей процесса и проводился анализ процесса измерения, то проанализировать изменения в факторах, влияющих на процесс измерения (с момента проведения последнего анализа процесса измерения), в случае значимого изменения провести новый анализ процесса измерения</p>
<p>10 В рамках мониторинга приемлемости процесса измерения запланировано подтверждение приемлемости процесса измерения (подтверждение того, что процесс измерения статистически не изменился)</p>	<p>Провести повторный анализ процесса измерения</p>

Вопросами принятия управленческих решений экспертами посвящены труды Р.М. Хвастунова, А.Н. Феофанова, В.М. Корнеевой, Е.Г. Нахапетяна, Ю.Ф. Мартемьянова, Т.Я. Лазаревой, А.И. Орлова, Б.Г. Литвак, А. Н. Блинова и А.В. Клименко.

Для анализа процесса измерения предлагается сформировать рабочую группу (группу экспертов), участники которой компетентны в области производства, а также в проектировании продукции. Работа в группе рекомендуется для максимального использования опыта всех работников, задействованных в реализации процесса измерения. Рабочая группа состоит из руководителя, постоянных и временных участников. Кандидат в экспертную группу должен обладать следующими характеристиками: наличие опыта работы в

области измерений, умение находить нестандартные решения, быть независимым от суждения авторитетов, обладать навыками работы в команде и желанием работать над поставленной задачей. Состав, полномочия, цели и обязанности рабочей группы утверждаются в соответствии с внутренними нормативными документами организации.

Рекомендуемое распределение ответственности приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Рекомендуемое распределение ответственности по анализу процесса измерения

Виды работ	Ответственный
1 Методическая и организационная поддержка применения анализа процесса измерения	Ответственный за метрологическое оборудование совместно с главным технологом и главным конструктором
2 Разработка порядка проведения анализа процесса измерения	Ответственный за метрологическое оборудование с участием главного технолога (главного конструктора)
3 Организация работ по анализу процесса измерения в организации	Ответственный за метрологическое оборудование совместно с главным технологом и главным конструктором
4 Выполнение работ по анализу процесса измерения	Руководитель рабочей группы совместно с рабочей группой и пользователями процесса измерения (операторами)

Руководитель рабочей группы назначается в соответствии с нормативными документами организации, из числа работников, задействованных в выполнении контрольных операций или производства, назначении контрольных технологических операций и определении методики процесса измерения.

Способы отбора экспертов по их объективным (документальным) показателям представляются наиболее естественными и их применяют относительно часто.

В состав постоянных участников рабочей группы, выполняющих работы по

анализу процесса измерения, включатся: работник отдела технического контроля, метролог, технолог цеха, представители производственных подразделений (работники цеха/участка, где запланированы работы по анализу процесса измерения). Участники рабочей группы проходят обучение/теоретическую подготовку в порядке, определенном внутренними нормативными документами организации и обладать соответствующими знаниями и навыками (как относительно объекта анализа, так и по методике анализа процесса измерения).

Высшее руководство организации обеспечивает выполнение работ по анализу процесса измерения необходимыми временными, трудовыми, финансовыми и материальными ресурсами, в том числе предусмотреть время для выполнения работ в части анализа процесса измерения в соответствующем плане-графике (например, комплексный план-график мероприятий по постановке на производство или сетевом графике выполнения работ).

Анализ процесса измерения выполняют для:

- первоначальной оценки и определения приемлемости процесса измерения для конкретного применения;
- периодического подтверждения приемлемости процесса измерения при управлении ключевыми характеристиками продукции;
- внеочередного анализа процесса измерения в случае изменений, связанных как с процессом измерения, так и с процессом производства. Например, в случаях увеличения количества несоответствий измеряемой характеристики продукции (несоответствия у потребителя, рекламации, возвраты), предположений в неправомерности предыдущих результатов измерений и в других случаях. Изменения, связанные с процессом измерения, включают восстановление, ремонт, модернизацию, изменение методов проведения измерений, изменение условий окружающей среды, установленного места проведения измерений и т. п.;
- выполнения требования потребителя, установленного в договоре на поставку продукции и в качестве требований к одобрению производственных процессов;



– внеочередного анализа процесса измерения по требованию заинтересованных сторон.

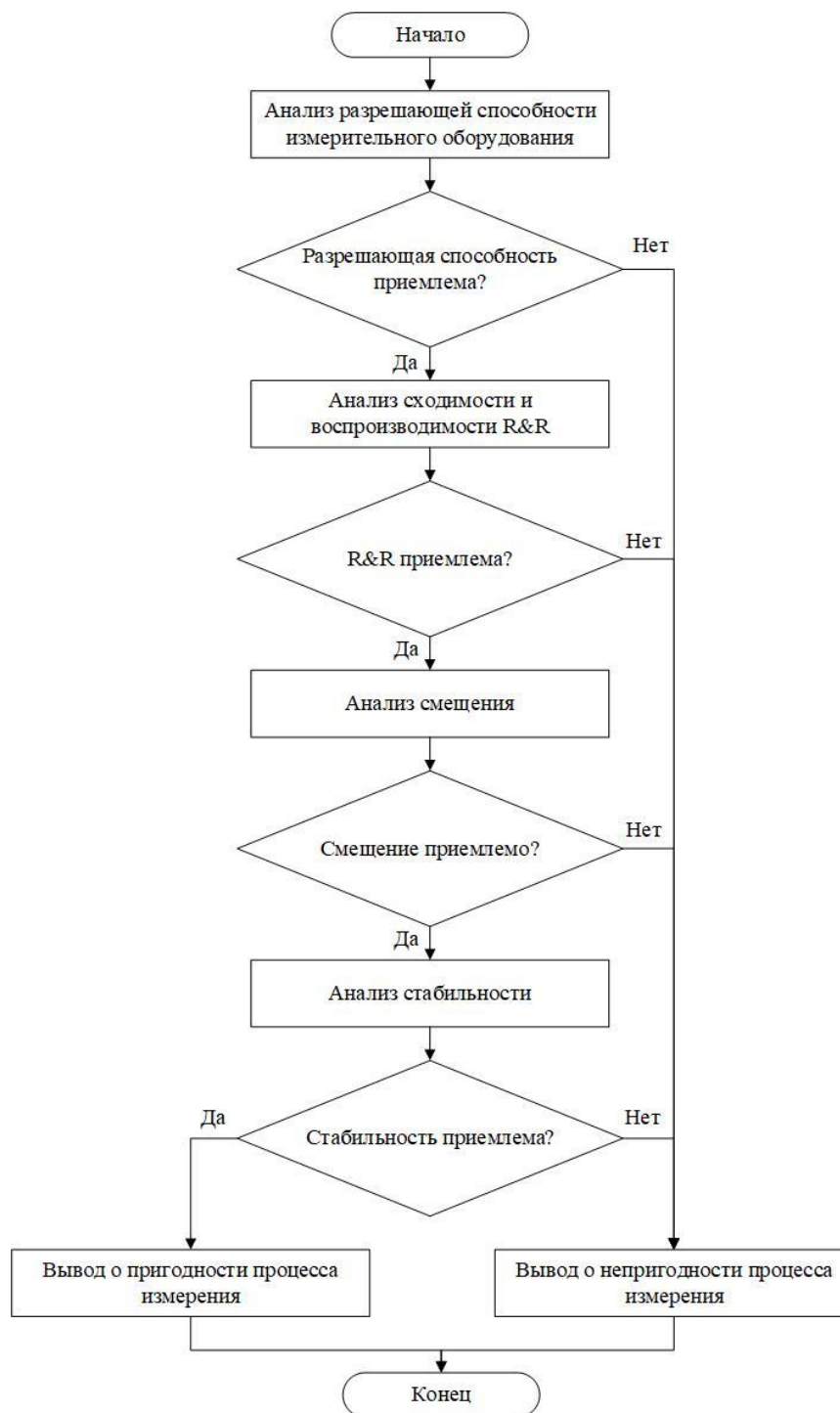


Рисунок 2.4 – Схема последовательности действий по проведению анализа процесса измерения для количественных данных

Значимые изменения в измерительном процессе могут быть вызваны изменениями в окружающей среде, именно эта среда, в которой контролер осуществляет измерения и является производственной.

Концепция Индустрии 4.0 предусматривает цифровизацию и интеграцию всех процессов жизненного цикла изделия. Начиная с процесса разработки и заканчивая процессами логистики и сервиса. Данные обо всех процессах должны быть доступны автоматизированным пользователям в режиме реального времени в рамках единой цифровой сети. Все предприятия начали поэтапное внедрение современного оборудования, обновление станочного парка и модернизацию производства. Как следствие, началось обновление производственной среды. Современная интеллектуальная производственная среда представляет собой инновационную инфраструктурную среду.

Одной из причин проверки измерительного процесса на пригодность считаются изменения производственной среды. На данный момент процесс измерения не автоматизирован и влечет за собой невозможность совмещения во времени с основным производством. Автоматизация данного процесса позволит не только эффективно собирать и обрабатывать информацию, но и самостоятельно принимать решения в случае изменения параметров технологического производства и, как следствие, подготовит данный процесс к цифровизации.

Для количественных данных схема последовательности действий при проведении анализа процесса измерения приведена на рисунке 2.4.

Схема выполнения работ по анализу процесса измерения приведена на рисунке 2.5.

Для реализации функций измерительного процесса должны применяться стандартные алгоритмы.

Алгоритмы управления представляют собой последовательность действий для дистанционного управления, с целью выполнения условий, невыполнение которых может приводить к отказам производственного процесса. Разработка алгоритмов управления измерительными процессами позволяет решить следующие задачи:

1. определить величину погрешности измерения;
2. определить источники погрешности измерения;
3. оценить стабильность средства измерения на протяжении периода

времени;

4. определить пригодность средства измерения для оценки данного процесса;

5. оценить системы измерения.

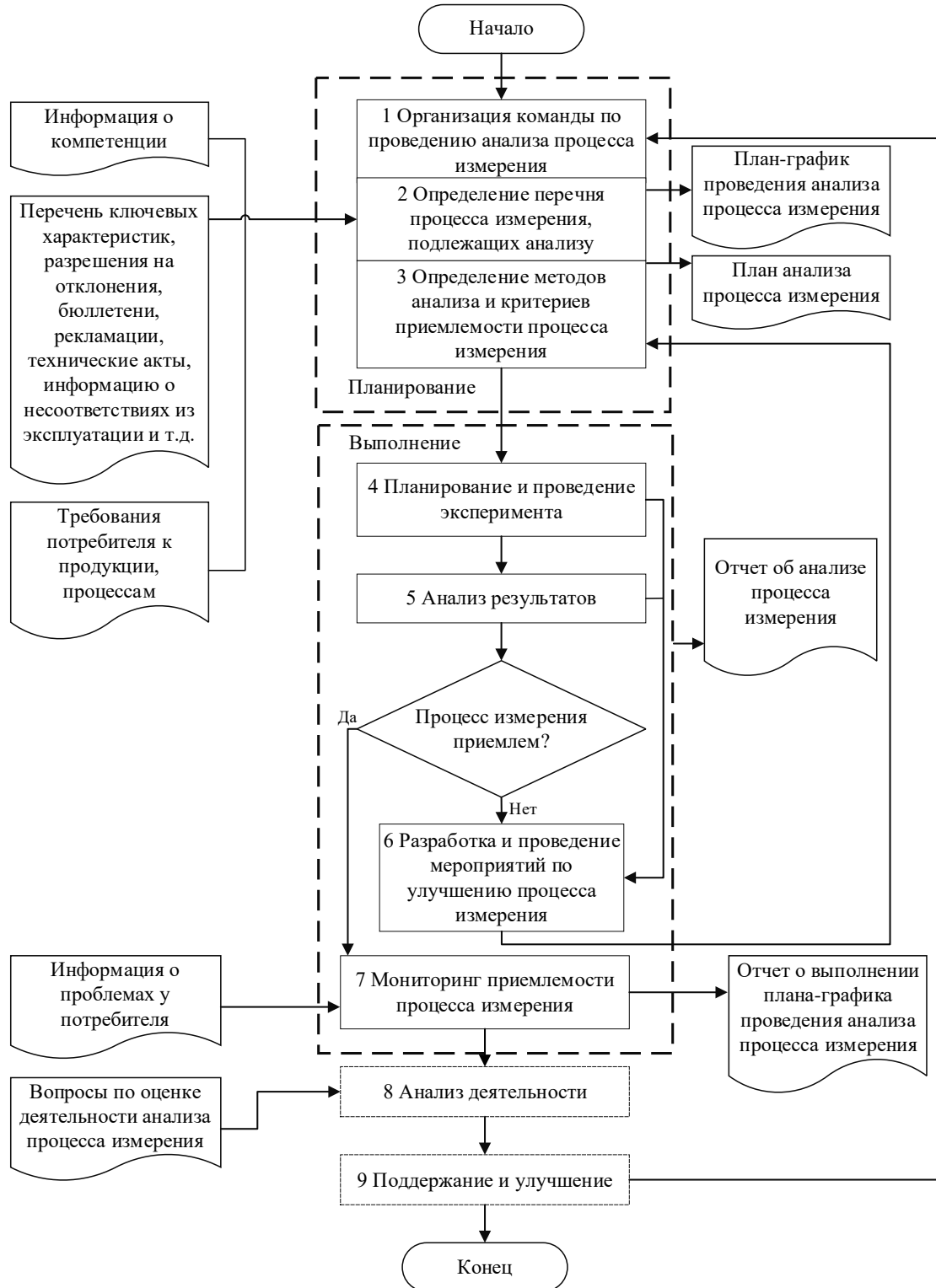


Рисунок 2.5 – Схема выполнения работ по анализу процесса измерения

Методы проверки пригодности процесса измерения представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Методы (алгоритмы) проверки пригодности процесса измерения

Метод	Показатели
Метод 1. Метод на смещение и сходимость	$C_g, C_{gk}$ , t-тест, доверительный интервал
Метод 2. Метод на сходимость и воспроизводимость (с влиянием контролера)	%R&R, доверительный интервал
Метод 3. Метод на сходимость и воспроизводимость (без влияния контролера)	

Где  $C_g$  – индекс воспроизводимости процесса,  $C_{gk}$  – минимальный индекс воспроизводимости процесса,  $R\&R$  – показатель сходимости и воспроизводимости (повторяемость и воспроизводимость).

Перед применением любого из методов проводится проверка пригодности разрешения системы измерения. В дополнение к указанным методам производится проверка линейности и стабильности процесса измерения (рисунок 2.6), а также оценка неопределенности нормали или эталонной детали. Методика расчета проверки пригодности разрешения системы измерения может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned}
 |B_i| &= x_m - \bar{x}_g; \\
 \bar{x}_g &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \\
 S_g &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2.
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

где  $B_i$  – смещение,  $S_g$  – стандартная неопределенность смещения,  $x_m$  – номинал эталона (опорное значение величины),  $\bar{x}_g$  – среднее значение полученных измерений,  $n$  – число повторных измерений.

Метод 1. Метод на проверку смещения и сходимости (рисунок 2.7) предполагает проверку пригодности в достаточных условиях. Основное его применение – при приобретении средств измерения. Он позволяет убедиться, что данный процесс измерения (точнее средство измерения) достаточно пригоден для данного признака. Методика расчета в соответствии с методом 1:

$$C_g = \frac{t}{20s_g};$$

$$C_{gk} = 0,05 \frac{t}{s_g} - \frac{|B_i|}{2s_g}; \quad (2.2)$$

$$C_g, C_{gk} \geq 1,33.$$

Где  $C_g$  – индекс воспроизводимости процесса,  $C_{gk}$  – минимальный индекс воспроизводимости процесса.

В большинстве случаев минимальной величиной воспроизводимости процесса принимается значение больше единицы, зачастую оно равно 1,33; что обусловлено ГОСТ Р ИСО 22514-1-2015 «Статистические методы. Управление процессами. Часть 1. Общие принципы».

Применение этого метода позволяет избежать затрат времени и средств на применение трудоемкого метода 2 на сходимость и воспроизводимость, алгоритм которого представлен на рисунке 2.8. Он применяется, если метод 1 показывает непригодность процесса измерения.

Методика расчета метода 2:

$$EV = \bar{R}K_1;$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{R}_i}{k}; \quad (2.3)$$

где  $EV$  – показатель сходимости, стандартная неопределенность максимального значения воспроизводимости,  $\bar{R}$  – предел повторяемости (сходимости),  $K_1$  – константа, соответствующая подгруппе объема  $n$ ,  $n$  – число измеряемых объектов,  $k$  – число подгрупп.

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{Diff}K_2)^2 - \left[\frac{EV^2}{nr}\right]}; \quad (2.4)$$

$$\bar{X}_{Diff} = \bar{X}_{i_{max}} - \bar{X}_{i_{min}};$$

где  $AV$  – показатель воспроизводимости, стандартная неопределенность воспроизводимости измерений оператором,  $\bar{X}_{Diff}$  – общее среднее значение для всех подгрупп данных,  $\bar{X}_{i_{max}}$   $\bar{X}_{i_{min}}$  – минимальное и максимальное значение для всех подгрупп, наблюдаемых значений,  $r$  – предел воспроизводимости,  $K_2$  –

константа, соответствующая подгруппе объема  $n$ ,  $n$  – число измеряемых объектов.

$$R\&R = \sqrt{EV^2 - AV^2} \quad (2.5)$$

где  $R\&R$  – показатель сходимости и воспроизводимости (повторяемость и воспроизводимость).

Оценка результата:

$$\begin{aligned} \%EV &= \frac{EV}{RF} 100\%; \\ \%AV &= \frac{AV}{RF} 100\%; \\ \%R\&R &= \frac{R\&R}{RF} 100\%. \end{aligned} \quad (2.6)$$

База  $RF$  в большинстве директив соответствует полю допуска на деталь.

Таблица 2.4 – Оценка пригодности процесса измерения

<b>Типовые границы</b>	
$0 \leq \%R\&R \leq 10\%$	Процесс пригоден
$10 \leq \%R\&R \leq 30\%$	Процесс условно пригоден
$\%R\&R > 30\%$	Процесс непригоден
<b>Расширенные границы</b>	
$0 \leq \%R\&R \leq 20\%$	Процесс пригоден
$20 \leq \%R\&R \leq 30\%$	Процесс условно пригоден
$\%R\&R > 30\%$	Процесс непригоден

Метод 3 на сходимость и воспроизводимость (без влияния контролера), который представлен на рисунке 2.9 является особым случаем метода 2, при котором оператор не может влиять на процесс измерения, например, при автоматической загрузке в средство измерения.

В этом случае осуществляется измерение большего числа деталей на автоматическом средстве измерений при двукратном проведении испытаний. В результате чего  $AV$  всегда равно нулю, а  $\%R\&R$  совпадает с  $EV$ .

Проверив пригодность обрабатывающего оборудования и пригодность применяемых средств измерения, можно переходить непосредственно к реализации управления процессом. Управляемость процесса зависит от стабильности состояния и, насколько устойчиво это стабильное состояние.

Общий алгоритм проверки пригодности процесса измерения представлен на рисунке 2.10.

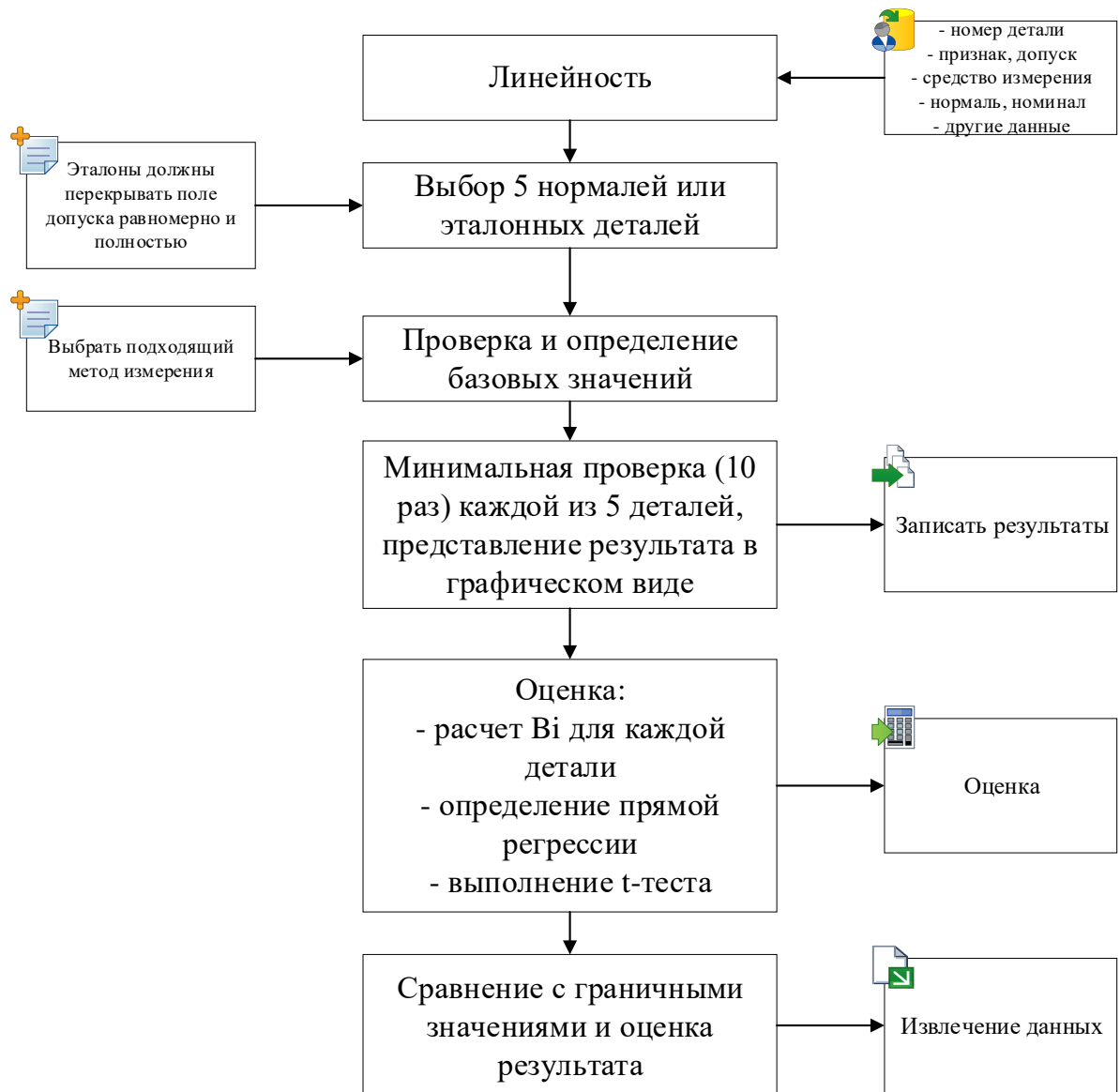


Рисунок 2.6 – Схема оценки линейности

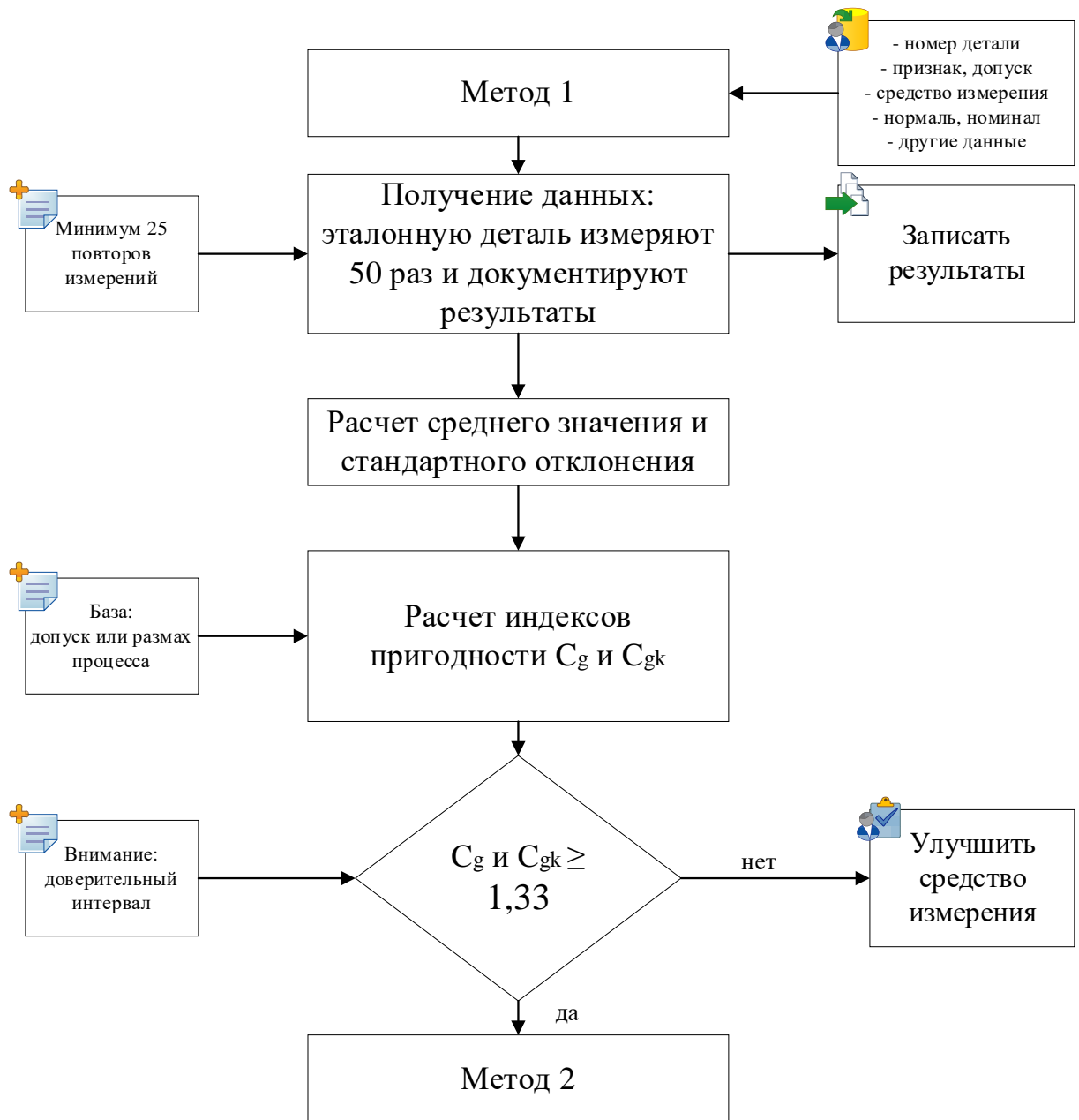


Рисунок 2.7 – Схема метода 1. Метод на проверку смещения и сходимости





Рисунок 2.8 – Схема метода 2. Метод на проверку сходимость и воспроизводимости (с влиянием контролера)

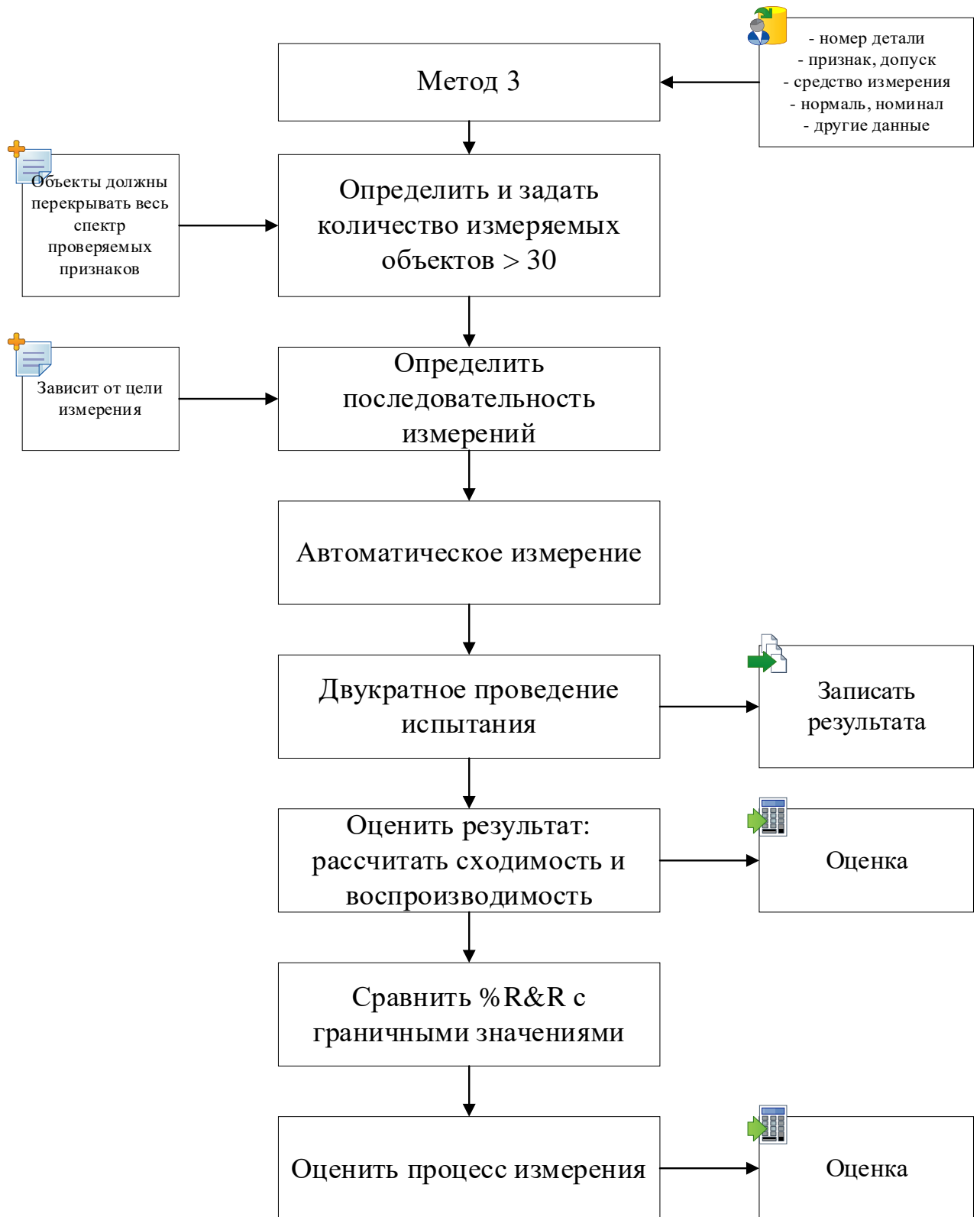


Рисунок 2.9 – Схема метода 3. Метод на проверку сходимость и воспроизводимости (без влияния контролера)

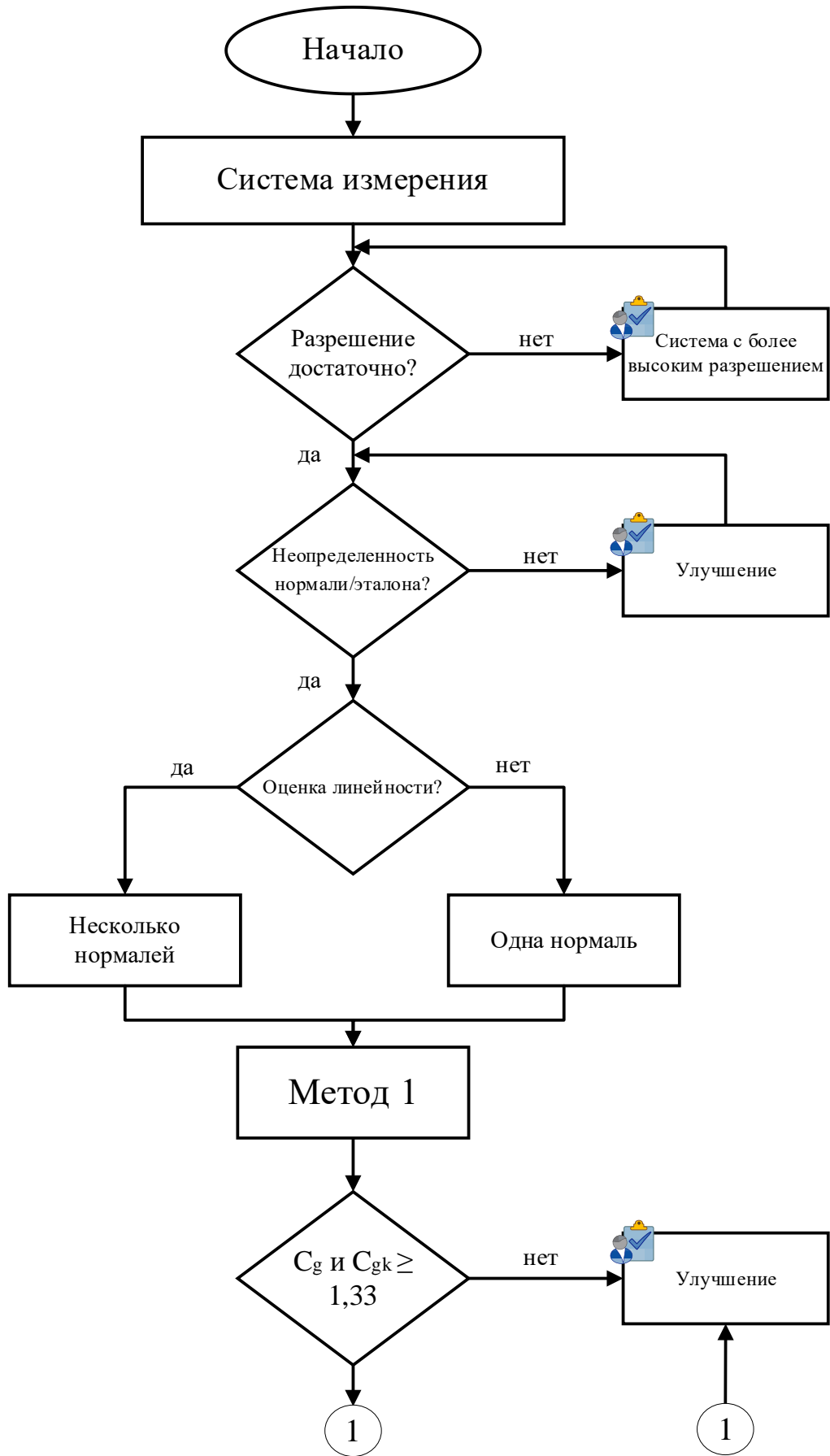


Рисунок 2.10 – Алгоритм проверки пригодности процесса измерения (начало)

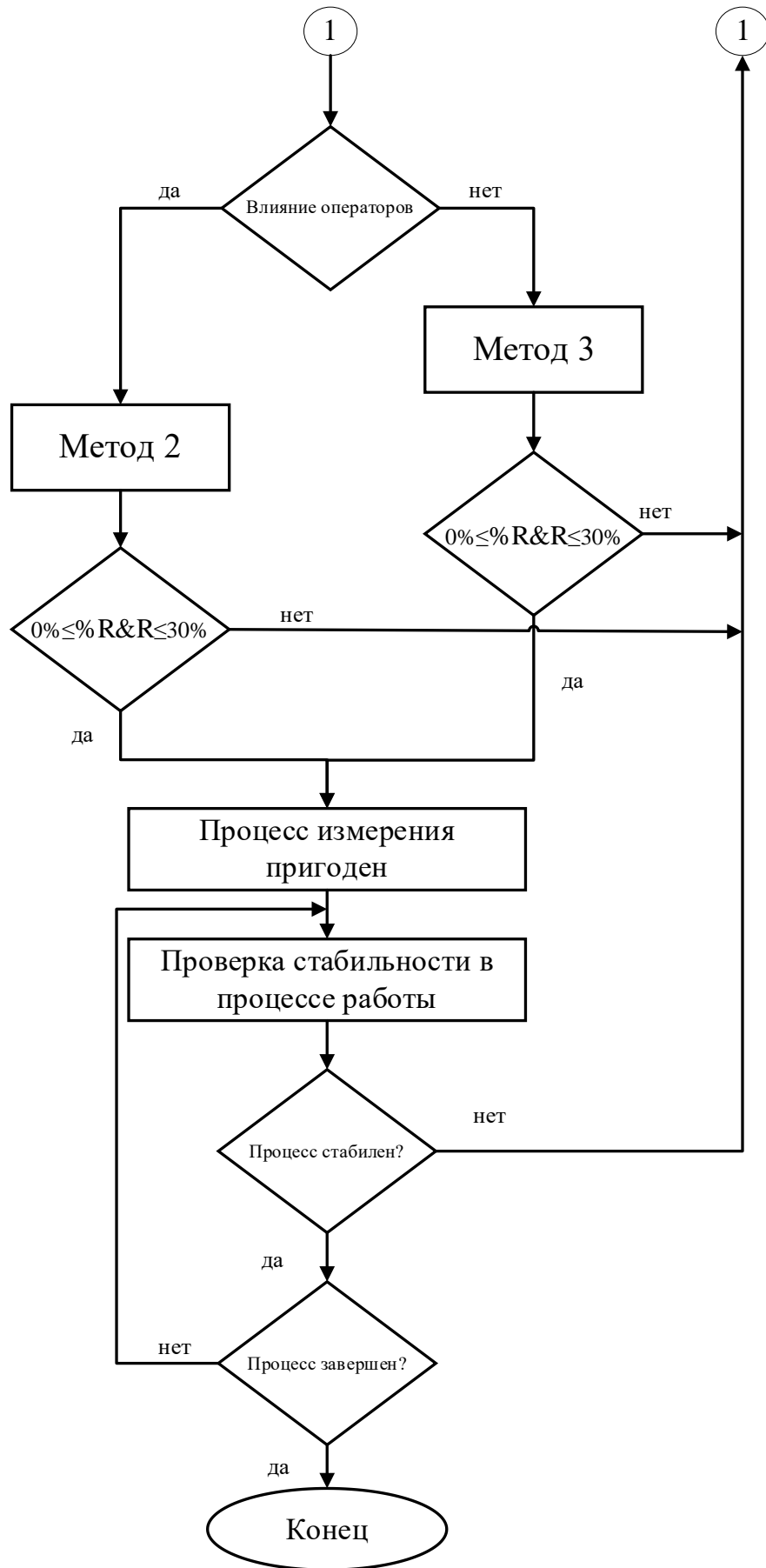


Рисунок 2.10 – Алгоритм проверки пригодности процесса измерения  
(продолжение)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особую роль при построении автоматизированных систем управления качеством играют средства контроля, позволяющие не только установить годность детали (т.е. ее соответствие конструкторской документации), но и дающие информацию о реальном состоянии тех или иных параметров.

## **2.2 Описание порядка выполнения деятельности по анализу процессов измерения**

Планирование и выполнение анализа процесса измерения в организации выполняют ответственные исполнители – компетентные и квалифицированные специалисты, обладающие необходимыми знаниями и навыками.

Персонал организации, вовлеченный в эксперимент по анализу процесса измерения должен:

- понимать цели и задачи проведения эксперимента и анализа процесса измерения;
- обладать необходимыми знаниями и навыками по методам анализа процесса измерения;
- быть пользователем измерительного оборудования (оператором).

Персонал организации, вовлеченный в проведение анализа процесса измерения, но не проводящий измерения, должен:

- понимать цели и задачи проведения эксперимента и анализа процесса измерения;
- обладать необходимыми знаниями по объекту исследования (процесс измерения).

Измерения при проведении анализа процесса измерения не должен проводить персонал организации, если он не участвует в процессе измерения, в

соответствии с должностными обязанностями. Но их следует привлечь при планировании эксперимента, анализе результатов и разработке мероприятий по улучшению процесса измерения.

Порядок выполнения деятельности по анализу процесса измерения описан в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Порядок выполнения деятельности по анализу процесса измерения

Наименование выполняемого действия	Выполняют			
	кто	когда (где)	на основании каких документов	чем подтверждается
1 Организация рабочей группы по проведению анализа процесса измерения	Определяется внутренним нормативным документом организации ИС Концерна	При организации работ по анализу процесса измерения	Стандарт организации	Приказ (распоряжение) о создании рабочей группы
2 Определение перечня процесса измерения, подлежащих анализу	Руководитель РГ, совместно с ответственным за метрологическое оборудование, главным технологом (главным конструктором)	При организации работ по анализу процесса измерения	Стандарт организации	«План-график проведения анализа процесса измерения на...»
3 Определение методов анализа и критериев приемлемости процесса измерения	Руководитель рабочей группы, совместно с ответственным за метрологическое оборудование, главным технологом (главным конструктором)	При организации работ по анализу процесса измерения	Стандарт организации	«План анализа процесса измерения»
4 Планирование и проведение	Рабочая группа совместно с	В соответствии	«План-график проведения	Данные эксперимен

Продолжение таблицы 2.5 – Порядок выполнения деятельности по анализу процесса измерения

эксперимента и исследований процесса измерения	пользователями процесса измерения (операторами)	с «Планом-графиком проведения анализа процесса измерения ...»	анализа процесса измерения ...», «План анализа процесса измерения»	та и исследований процесса измерения
5 Анализ результатов исследований процесса измерения	Руководитель рабочей группы совместно с рабочей группой	В соответствии с «Планом-графиком проведения анализа процесса измерения...»	Стандарт организации	«Отчет об анализе процесса измерения»
6 Разработка и выполнение мероприятий по улучшению процесса измерения (при необходимости)	Руководитель рабочей группы, совместно с ответственным за метрологическое оборудование, главным технологом (главным конструктором)	В соответствии с внутренним нормативным документом организации по выполнению корректирующих действий	В соответствии с внутренним нормативным документом организации по выполнению корректирующих действий	В соответствии с внутренним нормативным документом организации по выполнению корректирующих действий
7 Мониторинг приемлемости процесса измерения	Руководитель рабочей группы	В соответствии с ежегодным «Планом-графиком проведения мониторинга приемлемости процесса измерения...»	Настоящий стандарт, внутренний нормативный документ организации	«Отчет о выполнении Плана-графика проведения анализа процесса измерения ...»
8 Анализ деятельности	Ответственный в соответствии	Ежегодно	Анализ деятельности	Отчет по форме

Продолжение таблицы 2.5 – Порядок выполнения деятельности по анализу процесса измерения

	с внутренним нормативным документом организации, внутренние аудиторы организации			внутреннего нормативного документа организации
9 Поддержание и улучшение деятельности по метрологическому оборудованию в части анализа процесса измерения	Ответственный в соответствии с внутренним нормативным документом организации, руководитель рабочей группы	В соответствии с внутренним нормативным документом организации	В соответствии с внутренним нормативным документом организации	Результат анализа со стороны руководства

Анализ проводят для процессов измерения, измеряющих ключевые характеристики продукции. Требования по проведению анализа процесса измерения могут также содержаться в требованиях внешних и внутренних заинтересованных сторон.

Необходимость анализа для других (не ключевых) процессов измерения определяется организацией самостоятельно с учетом:

- значимости последствий от использования неприемлемого процесса измерения;
- типа, сложности процесса измерения;
- возможности проведения повторных измерений;
- затрат и продолжительности проведения анализа процессов измерения.

Методы анализа, оценка результатов и рекомендуемые мероприятия указываются в «Отчете об анализе процесса измерения». «Отчет об анализе процесса измерения» оформляется руководителем рабочей группы по форме, установленной организацией. «Отчет об анализе процесса измерения» датируется и утверждается уполномоченным лицом организации.



### 2.3 Разработка и выполнение мероприятий по улучшению процессов измерений

Если процесс измерения не соответствует критериям пригодности, то рабочей группе необходимо разработать предложения по улучшению процесса измерения. Эти предложения регистрируются в «Отчете об анализе процесса измерения». На основе предложений рабочей группы руководитель рабочей группы, совместно с ответственным за метрологическое оборудование, главным технологом и главным конструктором выполняют корректирующие действия, направленные на обеспечение пригодности процесса измерения в соответствии с правилами, установленными внутренним нормативным документом организации. Если процесс измерения не соответствует критериям приемлемости и применяется, то необходимо оценить риски от использования данного процесса измерения в соответствии, действующими в организации порядком по оценке, обработке, мониторингу и пересмотру рисков.

Примеры ситуаций вынужденного применения процесса измерения, не соответствующего критериям приемлемости:

- требуются значительные инвестиции для пригодности процесса измерения;
- размер образца и требования к характеристике продукции не позволяют достичь пригодности;
- непригодность процесса измерения связана со свойствами образца (например, изменчивость внутри образца, гибкость, влияние теплового расширения и др.).

В случае невозможности привести процесс измерения в пригодное состояние и вынужденного применения процесса измерения, которое по результату анализа признано непригодным, организация согласовывает данное применение с заинтересованными сторонами (например, с потребителем).

Снизить непригодную изменчивость процесса измерения возможно за счет

повторных измерений, проводимых при контроле в процессе производства. Изменения процесса измерения при использовании повторных измерений документируется и одобряется заинтересованными сторонами до использования процесса измерения.

Любое измеренное значение в этом диапазоне может быть получено в ходе единичного измерения, но истинное значение характеристики, вероятно, будет близко к среднему значению (рисунок 2.11).

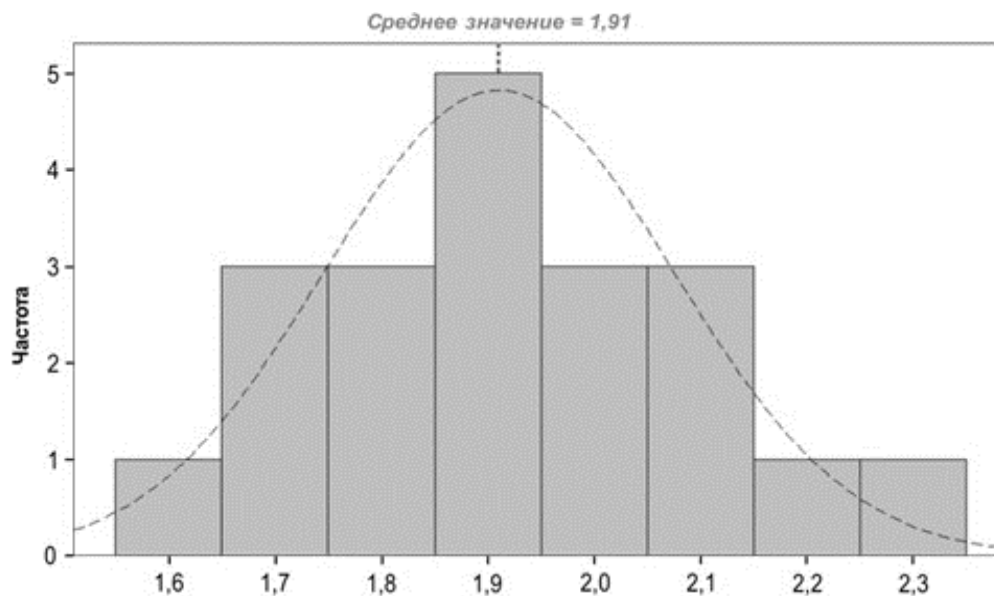


Рисунок 2.11 – Распределение результатов повторных измерений

При не достижении запланированных результатов ответственный за применение метода анализа процесса измерения организации обеспечивает разработку и реализацию корректирующих действий в соответствии с внутренними нормативными документами организации.

Корректирующие действия могут включать проведение дополнительной подготовки участников рабочей группы, пересмотра внутренних нормативных документов организации, разработанных для реализации требований настоящего стандарта (включая определение полномочий и ответственности в рамках деятельности по анализу процесса измерения) и др.

Программное обеспечение «Программный модуль оценки возможностей процесса и индексов воспроизводимости и пригодности процесса

экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO» приведено в приложении А.

Программное обеспечение «Программный модуль, оценивающий пригодность технологического процесса экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO» приведено в приложении Б.

#### **2.4 Выбор современного метрологического оборудования для реализации эффективной системы статистического управления технологическими процессами на примере оценки погрешности контура и шероховатости поверхности**

Современное машиностроение не стоит на месте, за последние десятилетия на предприятиях российской промышленности появилось значительное количество нового современного оборудования: новые универсальные станки, обрабатывающие центры, применяются новейшие конструкции вспомогательного и режущего инструмента. Начинает уделяться значительное внимание выпуску годных и качественных деталей. Мировая практика управления качеством призывает производителей в любой отрасли применять статистическое управление процессами.

Благодаря использованию специализированного программного обеспечения, в совокупности с приборами, шнурами передачи данных, необходимой оснасткой теперь есть возможность сбора и оценки параметров измерений. Это позволяет на всех стадиях технологического процесса и отслеживать качество производимой продукции и в случаях отклонения от определенных параметров принимать соответствующие меры по введению корректировок и отладки процесса обработки.

Выпуск качественных деталей и внедренная система статистического управления производством - две взаимосвязанные составляющие современного

конкурентоспособного предприятия.

Чтобы достигнуть максимального сокращения количества операций, в том числе операций измерения, и максимального совмещения различных возможностей на одной системе, необходима стационарная система, которая бы позволила за один цикл измерения (не переставляя деталь на другое средство измерения) оценить и погрешности контура, и шероховатость поверхности. Сделать это можно двумя путями.

Первый путь заключается в установке двух блоков привода одновременно на одну стойку. Для этого используются блоки привода для измерения контура PCV и для измерения шероховатости GD 25. С применением специального адаптера блоки устанавливаются на каретку стойки один над другим. Такая система измерения имеет обозначение XCR. В этом случае блоки используются по очереди, как показано на рисунке 2.12. При использовании блока GD 25 в некоторых случаях приходится удалять консоль щупа для измерения контура. Программное обеспечение в этом случае совмещенное – для измерения контура и шероховатости – и позволяет простое переключение между двумя режимами измерения. Совмещенное программное обеспечение также называется XCR.

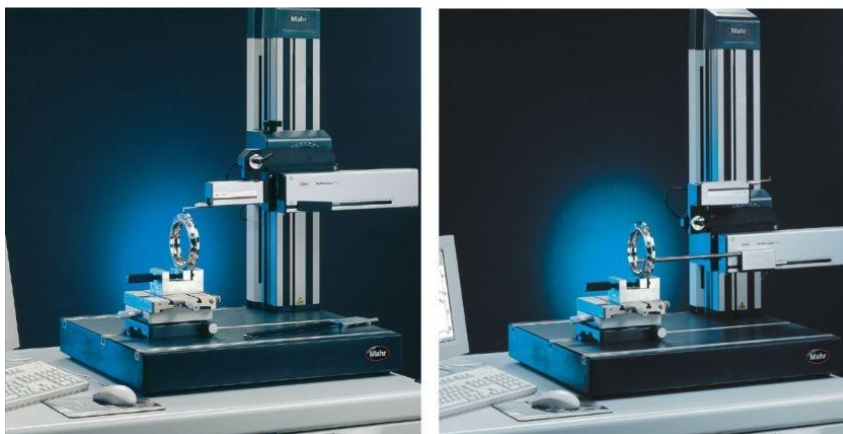


Рисунок 2.12 - Система измерения XCR.

Очевидно, что существенная экономия времени измерения могла бы быть достигнута при измерении контура и шероховатости за один проход, без использования различных блоков привода, а с применением одного, универсального, блока привода. И такое решение также существует в программе поставок фирмы Mahr – блок привода LD (рисунок 2.13).

Универсальный блок должен совмещать в себе абсолютно разные по своей природе функции измерения (отличия измерения контура и шероховатости были рассмотрены выше). Это требует другого метода получения сигнала о вертикальном положении щупа. В блоках привода PCV и GD вертикальное отклонение щупа измеряется индуктивным датчиком запатентованной конструкции. Этого недостаточно для комбинированного блока привода.



Рисунок 2.13 - Блок привода LD

В блоках привода LD применяется система измерения вертикального положения щупа на основе интерференции (рисунок 2.14). При этом фиксируется не вертикальное перемещение щупа, а поворот, вызванный этим вертикальным перемещением.

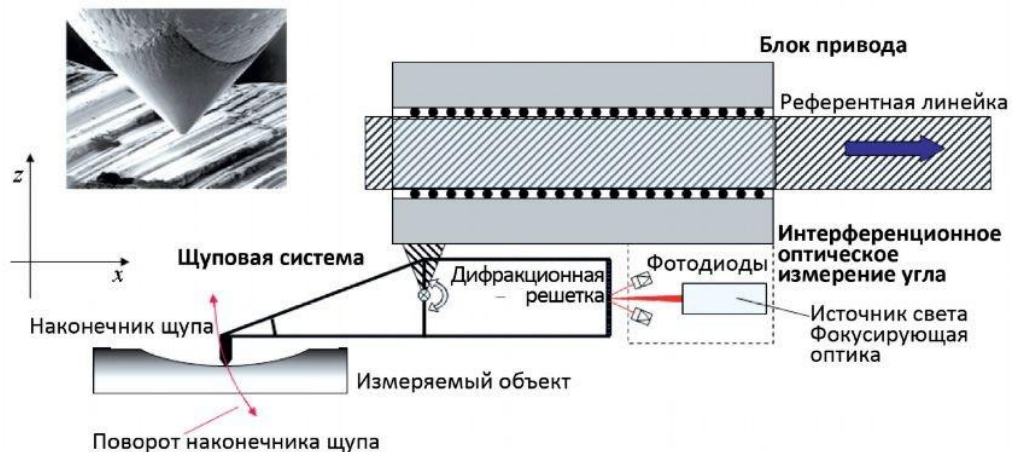


Рисунок 2.14 - Система измерения вертикального положения щупа на основе интерференции.

В результате блок привода LD имеет в два раза более высокую точность при измерении контура по сравнению с блоком привода PCV –  $\pm(1,0 + 1/150)$  мкм; 1 в

мм. Остаточная погрешность Rz при измерении шероховатости составляет менее 20 нм.

Блоки привода LD поставляются в двух вариантах – с длиной горизонтального перемещения (длиной трассирования) 130 и 260 мм. В то же время конструкция интерференционной системы измерения вертикального положения ограничивает вертикальный ход щупа. Для системы LD он составляет 26 мм.

Таким образом, применение системы измерения LD позволяет измерить все характеристики измеряемой поверхности за один проход щупа. Оценка осуществляется с помощью программного обеспечения XCR, уже рассмотренного выше. На рисунке 2.15 приведен пример оценки поверхности кольца подшипника, при этом в одном протоколе сразу указаны размеры элементов контура, погрешности формы контура и параметры шероховатости поверхности с профилограммой.

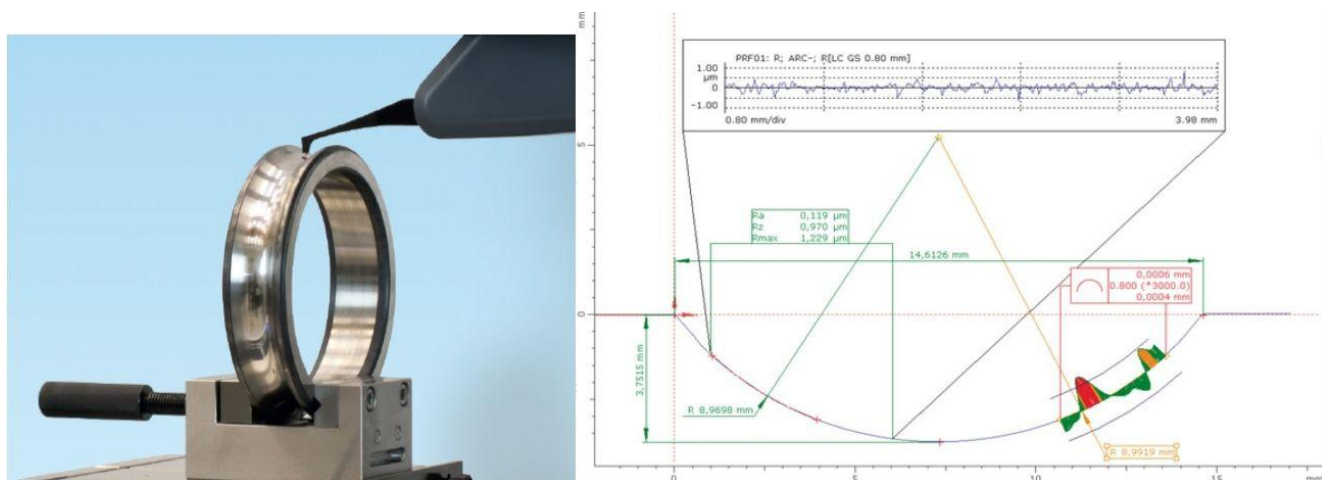


Рисунок 2.15 - Пример оценки поверхности кольца подшипника.

Блок привода LD является наиболее современной разработкой, и имеет целый ряд технических характеристик, устанавливающих планку в этом классе устройств. Например, скорость ускоренного перемещения (позиционирования) составляет 200 м/с, а скорость измерения может быть увеличена до 10 мм/с. Тогда при длине трассирования 130 мм время измерения может составлять всего 13 секунд, после чего щуп вернется в исходную точку менее чем за одну секунду.

Щуповые консоли LD также новой конструкции, с магнитным креплением к

блоку привода и с встроенным чипом, в котором хранятся данные калибровки. Таким образом, при смене щупа не требуется ни повторная калибровка, ни переопределение консоли щупа. При установке новой консоли все данные будут переданы автоматически.

Для угловых измерений блок привода LD может быть повернут на стойке автоматически или вручную на угол  $\pm 45^\circ$  без потери точности.

Итак, выше были рассмотрели основные комбинации стационарных систем измерения поверхности, их технические характеристики и их метрологические возможности.

## **2.5 Расширение метрологических возможностей систем технического контроля**

Теперь рассмотрим пути расширения этих возможностей.

Расширение возможностей стационарных систем относится, в первую очередь, к измерению параметров контура.

Очень многие изделия имеют замкнутый двухсторонний контур – отверстия, тела вращения детали призматической формы. Значительный интерес представляет задача измерения за один цикл измерения этих противоположных поверхностей для оценки их формы, взаимного расположения или размеров.

В стандартной комплектации системы измерения контура щуповая консоль имеет один наконечник, который позволяет измерять профиль при касании сверху-вниз. Если перевернуть наконечник щупа, то можно производить измерения при касании поверхности снизу-вверх. Конструкция любого блока привода позволяет создавать измерительные усилия в обоих направлениях. Если оснастить щуповую консоль двухсторонним щупом с двумя наконечниками (одним направленным вниз, другим – вверх), то можно измерять две стороны замкнутого контура (рисунок 2.16).

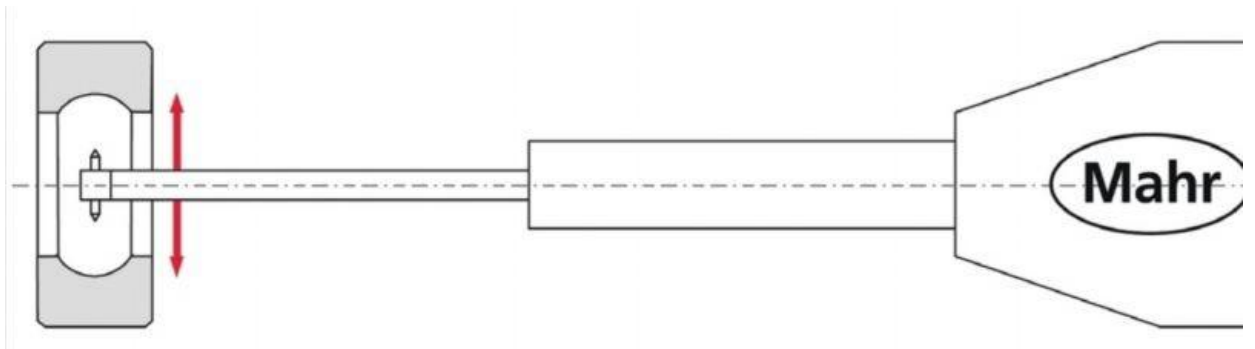


Рисунок 2.16 - Щуповая консоль с двухсторонним щупом.

Такое измерение позволяет оценить размеры, находящиеся между контурами, измеренными верхним и нижним щупом, например, диаметральные размеры измеряемого отверстия (рисунок 2.17).

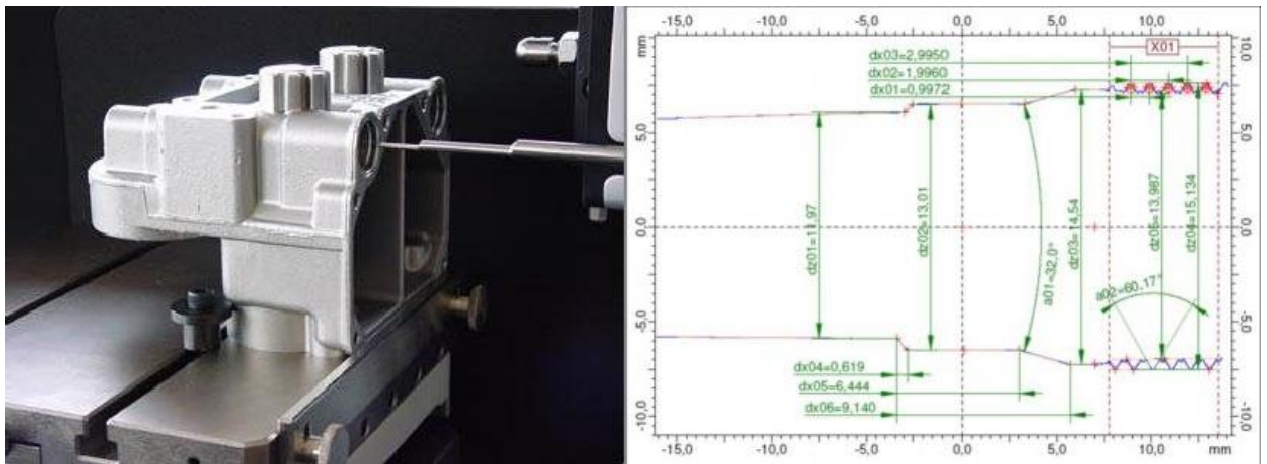


Рисунок 2.17 - Измерение диаметральных размеров отверстия.

Применение двухстороннего щупа с соответствующим программным обеспечением существенно расширяет возможности систем измерения контура. Однако имеется одно существенное ограничение – измерение возможно в пределах диапазона вертикального измерения щупа. Это означает, что при измерении отверстия с помощью блока привода PCV, имеющего вертикальный ход 50 мм, двухсторонним стандартным щупом размером 18 мм, максимальный диаметр измеряемого отверстия составляет 68 мм. Зачастую этого недостаточно. Необходимо перемещать блок привода по стойке. Как уже рассматривалось ранее, стойка практически всегда имеет моторизованное перемещение. Но это перемещение позиционирования, такие стойки не имеют отсчетной системы. Для измерения размеров между двумя замерами стойка должна иметь систему отсчета соответствующей точности.



Такая стойка существует. Называется она ST 750 D, имеет моторизованный ход 750 мм и точность отсчета перемещения, обеспечивающую необходимую погрешность измерения ( $\pm 1.4 + L/100$ ) мкм, L в мм) (рисунок 2.18). Управление перемещением между измерениями идет непосредственно из программы измерения.

Таким образом, с применением двухсторонних щупов была получена возможность измерять размеры между двумя отдельно измеренными поверхностями и их взаимное расположение, а с применением измерительной стойки – между неограниченным количеством поверхностей, расположенных в диапазоне 110...730 мм над поверхностью гранитной плиты

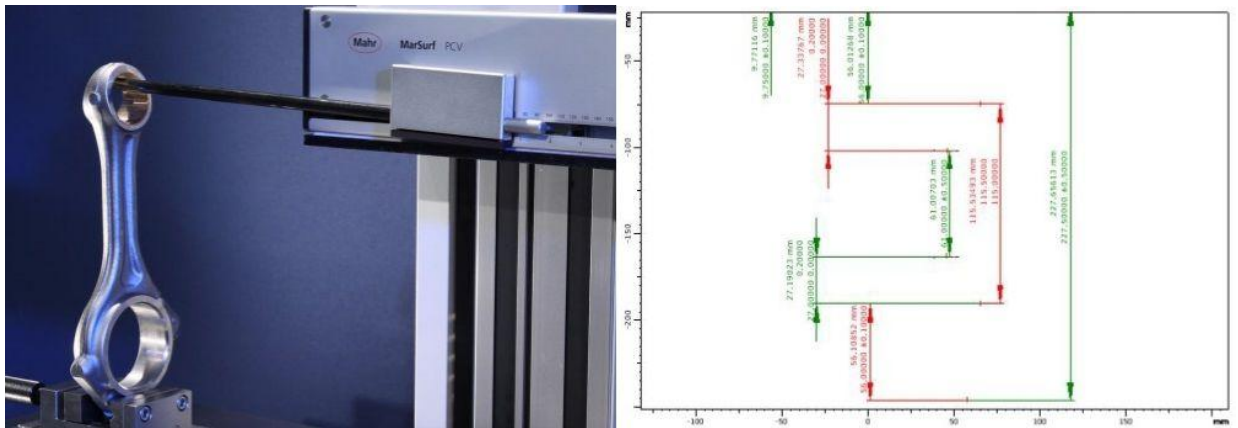


Рисунок 2.18 - Стойка 36 ST 750 D для измерения размеров между двумя замами.

Особый интерес - это решение представляет для измерения резьбы. Кроме параметров профиля (углы, шаги, радиусы) это решение дает возможность измерить наружный и внутренний диаметры резьбы (существующие материально) и рассчитать средний диаметр резьбы (определяемый расчетными линиями, не существующими на изделии). Для конической резьбы может быть измерен (рассчитан) угол конуса. Диапазон измерения до 750 мм позволяет измерять также большие резьбы, например, в нефтегазовой промышленности (рисунок 2.19).

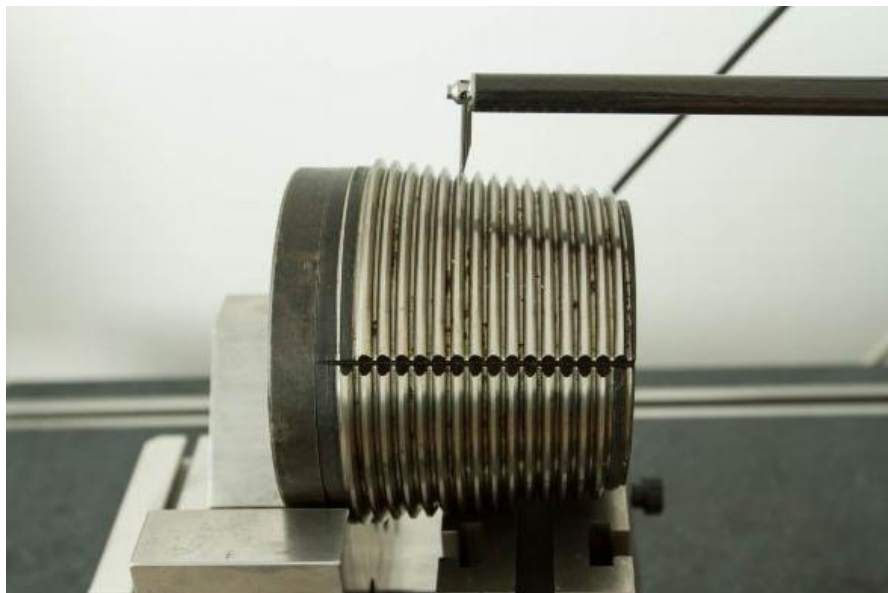


Рисунок 2.19 - Измерение резьбы

Следующая возможность расширения систем измерения контура относится к узлу закрепления и позиционирования измеряемой детали.

Как правило, изделие устанавливается в приспособление, которое устанавливается на стол изделия, который в свою очередь устанавливается на гранитную плиту системы. На рисунке 2.20 показан стол с рабочей поверхностью 300 мм с закрепленными на нем тисками, в которых установлена измеряемая деталь. Нониусные рукоятки обеспечивают точное позиционирование детали перед измерением и во время измерения (например, для поиска зенита – верхней точки цилиндрической поверхности, в которой производится измерение контура).



Рисунок 2.20 - Стол с рабочей поверхностью 300 мм с закрепленными на нем тисками.

Это наиболее распространенный вариант при «ручном» измерении. Недостатком является потеря времени на позиционирование детали, особенно при поиске зенита. Специализированная программа-помощник в программном обеспечении облегчает этот процесс, но, при высоких требованиях к точности измерения он может быть достаточно трудоемким. При измерении серийных деталей вместо тисков могут применяться специализированные приспособления, но это не меняет архитектуру системы.

Ускорить поиск зенита позволяет применение стола с одной моторизованной осью (рисунок 2.21). В этом случае программное обеспечение управляет перемещением изделия в плоскости, перпендикулярной перемещению щупа до нахождения зенита с заданной точностью.

При автоматическом измерении применяются специализированные системы измерения с ЧПУ, которые имеют несколько дополнительных управляемых осей. В полной конфигурации управляется вертикальное перемещение блока привода по стойке, наклон блока привода, позиционирование детали в двух координатах и вращение детали также в двух координатах.

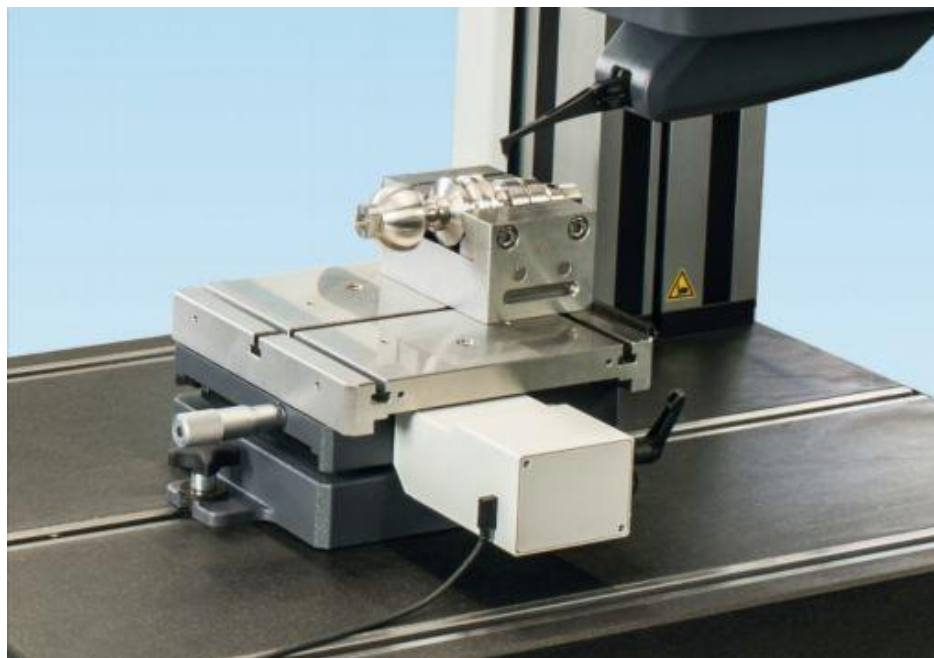


Рисунок 2.21 - Применение стола с одной моторизованной осью.

Пример такой системы с ЧПУ представлен на рисунке 2.22.



Рисунок 2.22 - Система измерения с ЧПУ

Системы измерения с ЧПУ обладают при огромном количестве достоинств фактически только двумя недостатками – они достаточно дорогие и их надо проектировать, что увеличивает срок поставки. Совсем недавно фирме Mahr удалось найти решение, позволяющее сохранить преимущества систем ЧПУ, но избавиться от указанных недостатков. Это решение получило название CNC modular. Действительно, это отдельные осевые модули классической системы измерения с ЧПУ, которые могут быть заказаны со склада как комплектующие, и установлены на стандартную систему. Таким образом, стандартная система измерения, имеющая две управляемые оси (вертикальное и горизонтальное перемещение щупа) может быть легко преобразована в многоосную автоматическую систему.

В настоящий момент доступны три варианта осевых модулей – с одной осью линейного перемещение, с одной осью кругового перемещения и комбинированный вариант, состоящий из двух крестовых осей линейного перемещения и одной оси вращения (рисунок 2.23).

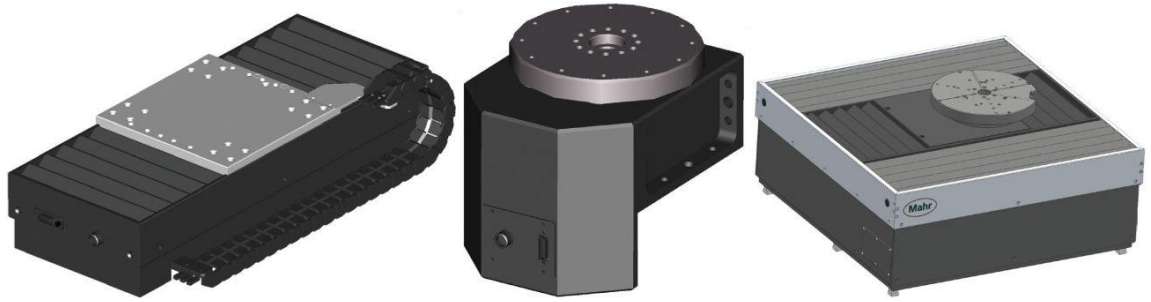


Рисунок 2.23 - Варианты осевых модулей.

Из этих трех базовых элементов (модулей) можно собирать, любые комбинации.

Ось вращения может быть установлена как в направлении горизонтального перемещения щупа, так и в перпендикулярном направлении или в вертикальном направлении. При этом эта ось может быть установлена как на ручной стол, так и на линейный модуль (рисунок 2.24). Линейные модули также могут быть скомбинированы между собой для получения крестового стола с автоматическим позиционированием.



Рисунок 2.24 - Варианты установки осей вращения

Отметим, что специальные циклы автоматического поиска зенита работают и в этом случае.

Еще одним вариантом применения моторизованного стола является топографическое измерения поверхности. В сочетании с блоком привода для измерения шероховатости и с программным обеспечением для топографии ХТ 20 можно получить микропрофиль поверхности не в одном сечении, как при измерении шероховатости, а на целом участке. Программное обеспечение преобразует измеренный профиль в трехмерное изображение и производит оценку в любом сечении или в любом месте (рисунок 2.25).



Рисунок 2.25 - Топографическое измерение поверхности

Особую роль при построении подобных систем играют средства контроля, позволяющие не только установить годность детали (т.е. ее соответствие конструкторской документации), но и дающие информацию о реальном состоянии тех или иных параметров. Правильно собрав и сохранив эту информацию появляется возможность анализировать полученные результаты и осознано влиять на процесс.

Программное обеспечение «Программный модуль, оценивающий пригодность технологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO» приведено в приложении В.

Программное обеспечение «Программный модуль для выбора инновационного метрологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO» приведено в приложении Г.

## 2.5 Выводы по второй главе

1. Сформированные зависимости дали возможность разработать алгоритм проверки пригодности процесса измерения для реализации эффективной системы аналитического управления технологическими процессами, реализующего элементы системы управления качеством производственных систем на основе многоуровневого программного обеспечения.

2. Разработанные алгоритмы позволили предложить методы оценки

пригодности производственного процесса на основе данных измерения с использованием цифровой системы обработки информации.

3. Средства контроля позволили не только установить годность детали (т.е. ее соответствие конструкторской документации), но и дали информацию о реальном состоянии тех или иных параметров, правильно собрав и сохранив которую, появляется возможность анализировать полученные результаты и целевым образом влиять на процесс.

## ГЛАВА 3. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

### 3.1 Разработка метода оценки производственного процесса на основе данных измерения с использованием цифровой системы обработки

В основе современного инновационного процесса развития экономики лежит, в том числе понятие автоматизации во всех отраслях промышленности. Где одним из определяющих факторов является качество продукции.

Правильно собрав и сохранив полученную информацию при проверке пригодности процесса измерения, появляется возможность анализировать полученные результаты, осознано влиять на процесс и прогнозировать уровень качества. Диаграмма связей цифровой обработки данных с целью осуществления анализа полученных результатов и прогнозирования качества представлен на рисунке 3.1.

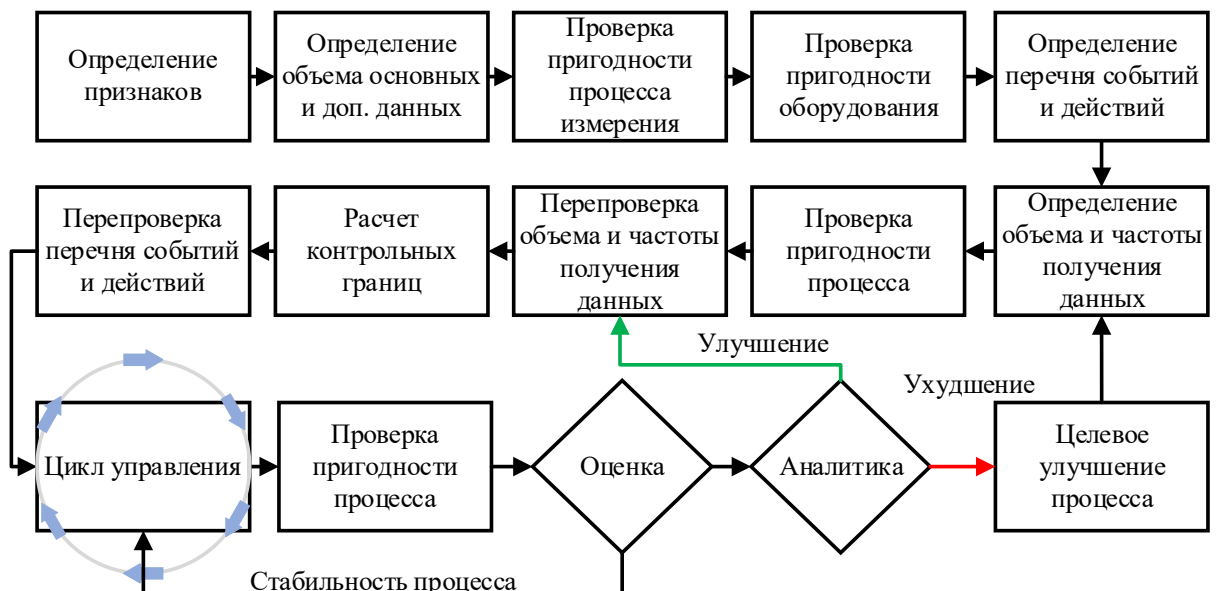


Рисунок 3.1 – Диаграмма связей цифровой обработки данных

Любое количественное изучение процесса возможно только в том случае, если будут определены величины, которые характеризуют этот процесс



(характеристики процесса, функции процесса). Очевидно, что характеристики процесса во времени меняются. По данным, которые мы получаем при анализе изменений, можно сделать вывод о стабильности процесса. Вернее, всего будет обратиться к математической статистике. Для описания распределений в математической статистике используется несколько стандартных распределений.

В случае, если сумма большого числа взаимно независимых величин характеризуется распределением случайной величины, то можно говорить о нормальном законе распределения.

Небольшое количество характеристик процесса может быть описано с помощью нормального распределения. Отклонения от нормального распределения могут возникать, например, из-за ухудшения качества материала выходного продукта или определяться характеристиками наблюдаемых признаков, таких как отклонение формы и размера, имеющими естественный допуск в нуле. Из-за износа инструмента, погрешностей приспособлений, колебаний качества материала заготовки постоянно меняются средние значения или рассеяние измеряемых значений того или иного признака. Такие характеристики процесса и коррелирующие с ними признаки можно эффективно использовать для обоснованной оценки производственного процесса, когда при оценке принимаются во внимание значения соответствующих параметров, описанных соответствующими моделями распределения и соответствующих испытаний.

В начале необходимо исследовать заданные статистические способы и критерии, на предмет того, является ли постоянным среднее значение и значение рассеяния измеряемых параметров в заданном интервале времени. В зависимости от этого определяется модель распределения, которая лучше всего в течение всего периода сбора данных описывает функцию распределения измеряемых значений. Вполне возможно, что с помощью частичного исполнения компенсации тренда, измеренные характеристики изменяются, и затем могут быть описаны с помощью моделей распределения, инвариантных по времени.

После автоматического определения модели распределения производится

расчет и индикация параметров качества в зависимости от выбранной модели распределения.

Выбор между отдельными моделями распределения и результатами электронного расчета моделей оценки параметров качества осуществляется с помощью специальных критериев, в соответствии с четко определенной стратегией оценки. При полностью автоматизированном расчете с помощью известной стратегии оценки и индикации гарантирована воспроизводимость результатов. Следовательно, могут быть сопоставлены рассчитанные параметры качества в различные периоды анализа или технологического процесса.

Данные измерений автоматически записываются непрерывно в течение заданного периода времени и при заданных интервалах для расчета и отображения параметров качества. Это может быть реализовано, например, когда отдельные датчики подключены непосредственно к компьютеру и передаются через интерфейс непрерывно, в соответствующем формате данных оценки. Через определенные интервалы времени параметры качества автоматизировано вычисляются и, таким образом, происходит автоматический непрерывный контроль над процессом производства.

Предусмотрено, что крайние значения параметров измеряются автоматически в пределах данных измеренных значений. Краткосрочные нарушения или ошибки в передаче результатов измерений могут привести к получению измеряемых значений за пределами заданных границ достоверности. Желательно не использовать эти значения для расчета параметров качества, в противном случае из-за расчета неправильных параметров сложная система производства может остановиться для оперативного контроля, хотя продукты были изготовлены в пределах заданных параметров качества.

Системой цифровой обработки могут служить аппаратные средства или программное обеспечение, или соответствующая комбинация аппаратных средств или программного обеспечения.

На рисунке 3.2 на схеме обработки статистических данных измерений основные этапы, которые должны быть выполнены, чтобы получить результаты

вычислений на основе измерения параметров качества. Измеренные данные предоставляются разными приборами или методами измерений.

На 1 стадии способа происходят: фиксация, хранение, обработка большого количества данных различного типа.

На 2-3 стадии способа определяются различные измеряемые значения и преобразуются в соответствующий формат данных для дальнейшей обработки. В данном случае источником больших данных будут являться показания устройств – датчиков, приборов, а также прочего метрологического оборудования.

Далее происходит построение гипотез и их реализация. Посредством предварительно определенной стратегии оценки, определяется, что измеренные значения описываемой модели распределения являются более достоверными, чем различные заранее определенные модели распределения. Отдельные решения в рамках этой стратегии выбираются на основе статистических тестов. Тестовая статистика определяется из соответствующей записи измеренных значений. На заранее определенном уровне доверия, например, 95%, 99% или 99,9% рассчитываются критические значения для основных предположений. При этом значения измерений в наборе данных исследуются на выбросы. Выбросами в этом случае могут быть: значения за пределами заданных ограничений, значения, выходящие за естественные границы или оценки, основанные на тесте кусочно-линейной М-оценки Хампеля. Затем файлы данных «очищаются» от этих выбросов.

В качестве следующего шага рассматривается поведение дисперсии измеренных значений признаков. На основании тестов, таких как критерий Ленева, определяется, является ли рассеяние постоянным. Если рассеяние не является постоянным, то для описания модели распределения используется смешанная модель распределения.

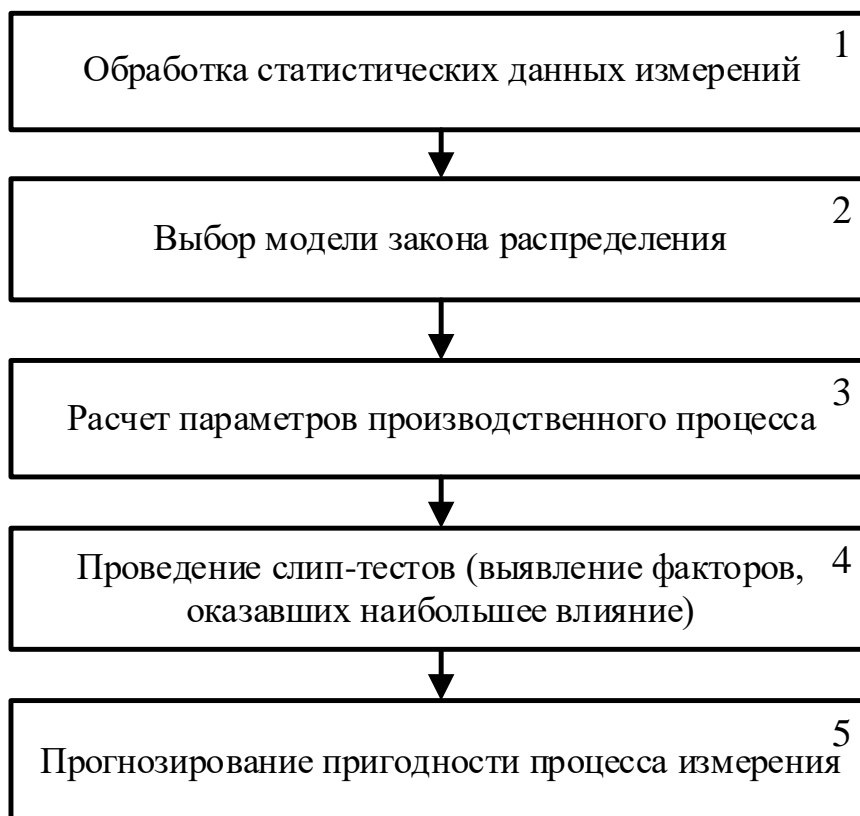


Рисунок 3.2 – Схема обработки статистических данных измерений

Если рассеяние определяется как постоянное, то изучается зависимое от времени поведение измеренного распределения. Для этого используется F-тест или тест Крускала-Уоллиса. Если на основе соответствующих процедур тестирования используется нулевая гипотеза, то рассматривается одновершинная модель распределения.

На основе полученной модели распределения и/или свойств рассматриваемой функции определяются наблюдаемые признаки, причем обычно делается выбор между нормальным распределением, логарифмическим нормальным распределением, абсолютной величиной функции первого или второго вида или распределением Вейбулла. Если у признака отсутствует характерная особенность, то выбор модели распределения основан на заданных пределах (одностороннее или двухстороннее ограничение).

Если при изучении ситуации не принимается как постоянная, то проводятся тесты, чтобы определить, является ли это тенденцией. Если при этом устанавливается одна или несколько тенденций, то на следующем этапе исследуется является ли модель распределения нормальной моделью

распределения измеряемых данных.

В противном случае используются другие тесты, например, расширенный тест Шапиро-Уилка, чтобы проверить, является ли возможным временное использование нормального распределения. Если это так, то используется смешанное распределение в качестве базовой модели распределения.

При выборе соответствующей модели распределения четко устанавливается связанный с ней метод расчета параметров качества. Это вычисление параметров качества производится в зависимости от параметров выбранной модели распределения.

Если расчет параметров качества проводится в качестве основы для принятия решения, целесообразно реализовать наиболее полный вывод обработанных данных измерений, индивидуальных решений и статистических расчетов.

На 4-5 стадии осуществляется анализ полученных результатов, улучшение качества построенных моделей и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией. Для принятия решений о крупных инвестициях или реструктуризации производства, кроме статистической оценки достижения параметров качества принимается во внимание различная другая информация. Если существует возможность использовать статистические методы для контроля текущих процессов производства, то можно ограничить определение (индикацию) параметров заданным диапазоном или такими пределами отклонения, которые не требуют немедленного вмешательства в процесс.

Программное обеспечение «Статистическая обработка больших данных, полученных с помощью современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса» приведено в приложении Д.

Большая ошибка при попытке оценки характеристик с односторонней физической границей с помощью нормального закона кроется, в сущности, самого нормального закона, в его симметричности. Имея определенный набор данных, все значения в котором находятся в положительной области, нормальный закон распределения «исходит» из того, что с определенной вероятностью могут

появятся значения в отрицательной области. И раз их там нет, то воспроизводимость процесса очень хорошая, поскольку рассеяние процесса в настоящий момент мало. Построение гистограммы представлено на рисунке 3.3. Результат аппроксимации кривой нормального закона представлен на рисунок 3.4.

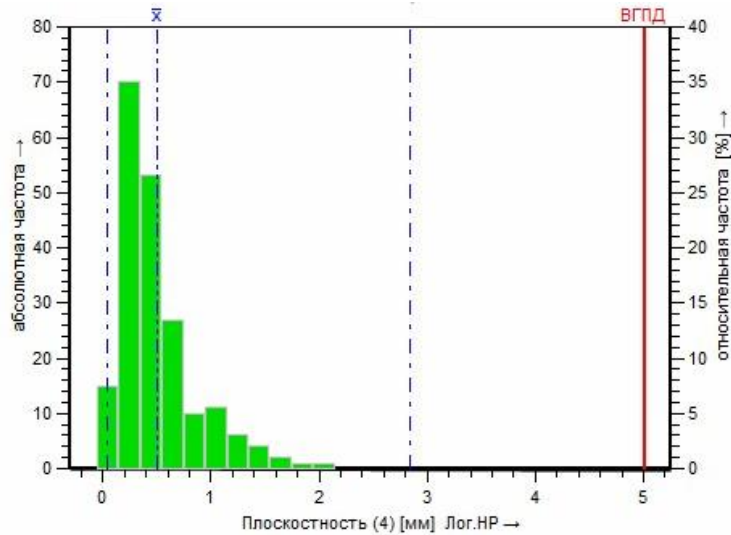


Рисунок 3.3 – Построение гистограммы

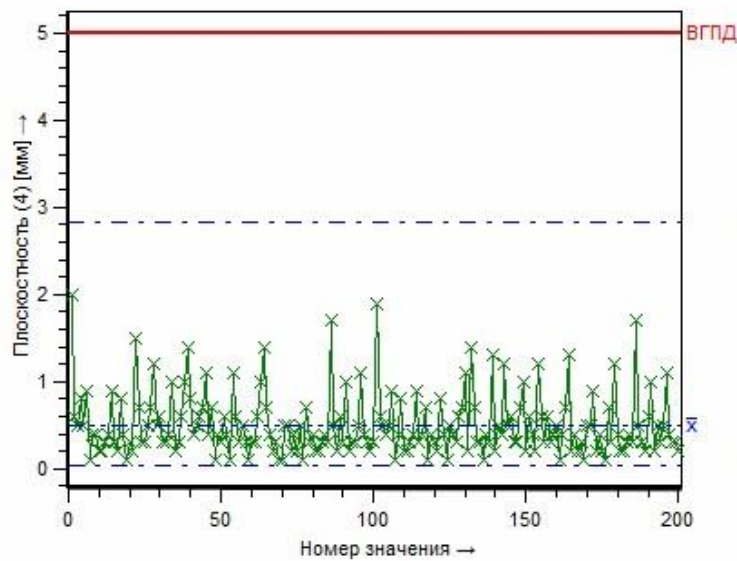


Рисунок 3.4 – Аппроксимация кривой нормального закона

Если проведем оценку воспроизводимости не учитывая закон распределения, оценив процесс, как распределенный по нормальному закону (рисунок 3.5).

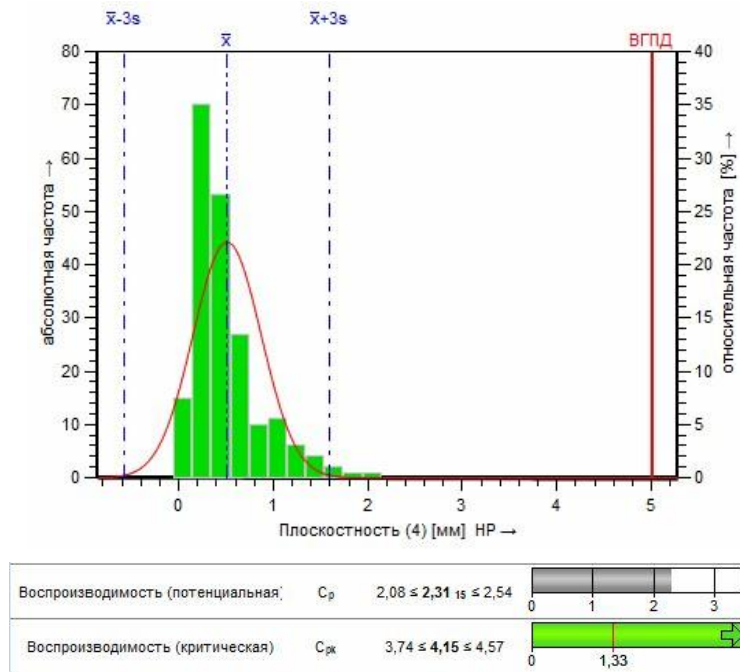


Рисунок 3.5 – Оценка воспроизводимости процесса, как распределенного по нормальному закону

Проверка соответствия закона распределения производится с помощью статистических критериев. В данном случае автоматически было выбрано логнормальное распределение (рисунок 3.6). И для этого закона распределения расчет индекса воспроизводимости  $C_p$  показал совсем другое значение.

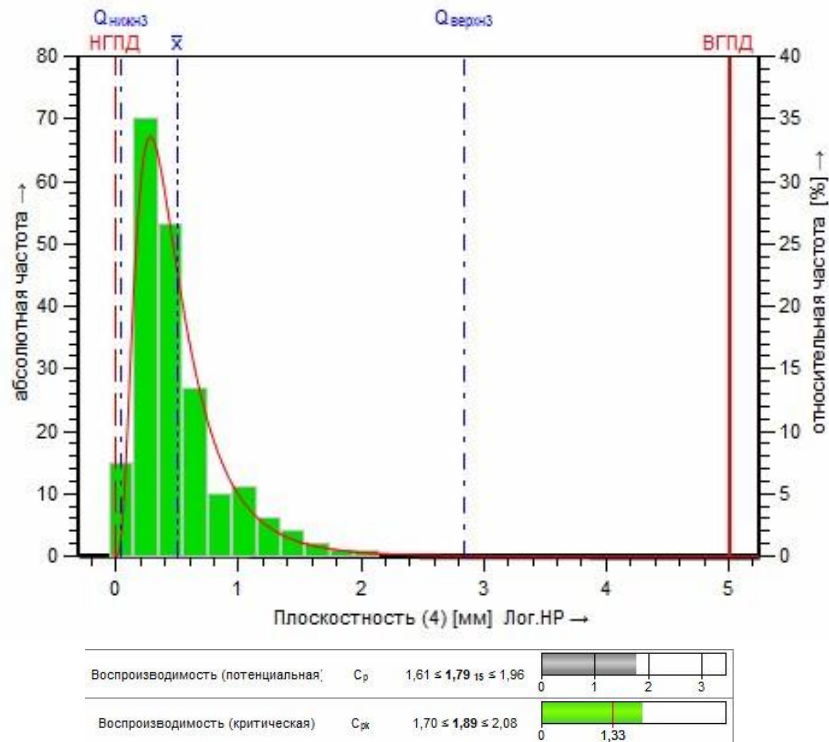


Рисунок 3.6 – Оценка воспроизводимости процесса, как распределенного по

## логнормальному распределению

С помощью программного обеспечения на одной гистограмме можно совместить два закона распределения (рисунок 3.7). Теперь наглядно видно, что нормальный закон распределения существенно меньше подходит для данного набора данных.

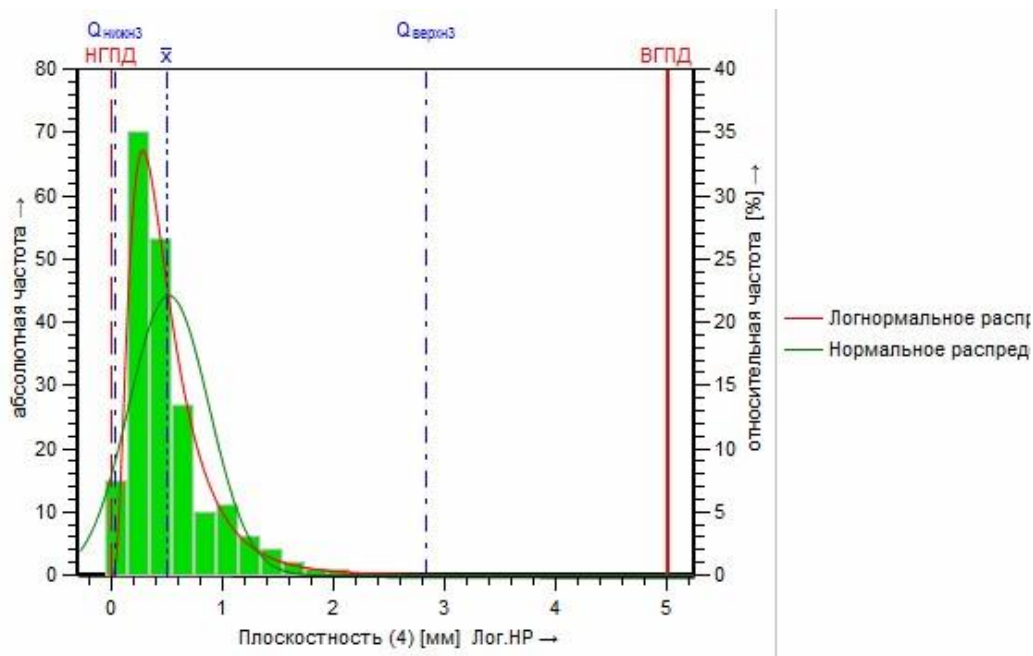


Рисунок 3.7 – Сравнение нормального и логнормального закона распределения для набора данных

В данном случае оба закона распределения показали воспроизводимость процесса. Однако часто этого не происходит. Опасность состоит в том, что отсутствие воспроизводимости процесса неминуемо приведет к появлению бракованных деталей.

### 3.2 Разработка многоуровневого программного обеспечения проектируемой системы

На основе предложенных алгоритмов разработано программное обеспечение (далее – ПО) при использовании которого обеспечивается полная или частичная автоматизация операций проверки пригодности измерительного



оборудования и статистической обработки большого объема данных, а также совмещение во времени этих операций с процессом измерения.

Программа предназначена для статистической обработки больших данных, полученных с помощью современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса. Большими данными являются показания устройств – датчиков, приборов и прочего метрологического оборудования. Программа применяется для повышения качества построенных моделей и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: фильтрация полученных сведений с цифрового оборудования, создание словаря данных и чистка информации: удаление дублей, устаревших значений и т.д., построение гипотезы и ее реализация, анализ полученных результатов путем отклонений абсолютных значений в разрешенных пределах.

Для визуализации интерфейсов программного обеспечения разработаны элементы интерфейса

### 1. Демонстрация

Программное обеспечение является статистическим инструментом для анализа возможностей и стабильности процесса на следующих этапах:

- квалификация станка,
- изучение предварительного потенциала,
- изучение возможностей в текущем производстве.

Это программное обеспечение имеет следующие вещи:

- очистка и оптимизация исходного кода
- повышение надежности приложения
- настройка под гарантию качества заявки
- новая функциональность: контрольная карта

Предполагается, что программное обеспечение будет распространяться на предприятия и службы менеджмента качества других организаций.

### 2. Общее представление

ПО доступно на вкладке ленты при открытии программы. Эта вкладка ленты состоит из четырех групп: данные (1), отчет (2), контрольные карты (3) и справка (4).

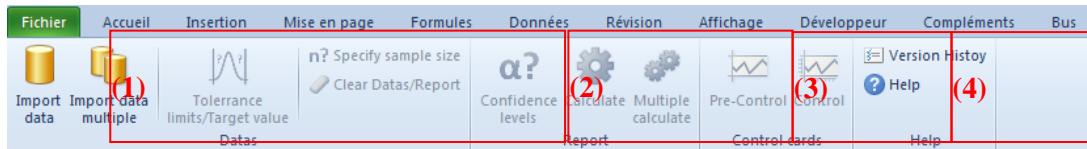


Рисунок 3.8 – Вкладка ленты

Эти группы позволяют пользователю получить доступ к различным функциям ПО.

Группа данных (рисунок 3.8) позволяет импортировать данные (образцы) (5), определять пределы допуска и целевое значение (7), определять размер образцов (8), сбрасывать папку приложения (9) и проводить исследование нескольких характеристик (6).

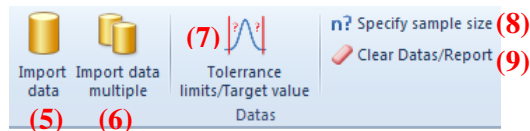


Рисунок 3.9 – Группа данных

Группа отчетов (рисунок 3.9) позволяет пользователю задать параметры риска для тестов нормальности (10) и начать обработку карточек отслеживания для одной характеристики (11) и для нескольких (12).

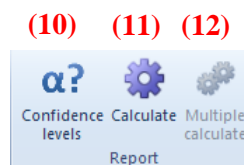


Рисунок 3.10 – Группа отчетов

Группа карт управления (рисунок 3.10) позволяет начать обработку для просмотра карт управления (2) и карт предварительного управления (1)

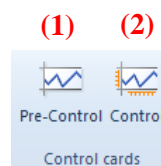


Рисунок 3.11 – Группа карт управления

### 3. Группа данных/импорт данных

Кнопка импорта данных позволяет пользователю импортировать данные измерений одного признака (рисунок 3.11). Затем пользователь должен выбрать диапазон ячеек (между C6 и C25 в примере).

	Caractéristique 1	Ca
TS	125	
VaV	110	
TI	95	
Mesures	98	
	102	
	105	
	106	
	103	
	107	
	111	
	110	
	109	
	110	
	112	
	111	
	113	
	115	
	117	
	115	
	110	
	109	
	108	
	115	

Рисунок 3.12 – Импорт данных

Выбранные данные могут содержать пустые ячейки, но ПО не импортирует их.

Если в выбранных данных одно или несколько полей содержат текст, ПО отображает сообщение для пользователя, но не импортирует его.

После выполнения импорта шаблон файла приложения открывается автоматически и содержит 3 формы:

- Лист данных (Data);
- Лист для отслеживания карточек и показателей эффективности (отчет);
- Лист для контрольных карт (карт).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1						Number	Sample size		
2						of sample	1	2	3
3						1	98		
4		Upper tolerance limit (Ts)	125			2	102		
5		Target value (Vav)	110			3	105		
6		Lower tolerance limit (Tl)	95			4	106		
7		Sample size (n)	1			5	103		
8		Number of samples	20			6	107		
9		Total number of measurements	20			7	111		
10						8	110		
11						9	109		
12						10	110		
13						11	112		
14						12	111		
15						13	113		
16						14	115		
17						15	117		
18						16	115		
19						17	110		
20						18	109		
21						19	108		
22						20	115		
23						21			
24						22			
25						23			
26						24			
27						25			
28						26			
29						27			
30						28			
31						29			
32						30			
33						31			
34						32			
35						33			
36						34			
37						35			
38						36			
39						37			
40						38			
41						39			
42						40			
43						41			
44						42			
45						43			
46						44			
47						45			
48						46			
49						47			

Рисунок 3.13 – Данные после импорта

#### 4. Группа данных/пределы допуска

Именно через это окно можно указать, находитесь ли вы в случае односторонних или двухсторонних допусков после ввода допусков и VAV. Эта запись не требуется для обработки контрольных диаграмм.

##### Стандартный случай: двухсторонний

Стандартный Выбор (0)

Необходимо ввести верхние пределы допуска (1) и нижние пределы допуска (3) вместе с целевым значением (2) для обработки карточек отслеживания.

Рисунок 3.14 – Пределы допуска (двусторонний случай)

Односторонний:

Выбрать Unilateral (0)

Выберите, если у вас есть верхний допуск (значение Ts) или нижний допуск (значение Ti).

Рисунок 3.15 – Пределы допуска (односторонний случай)

Необходимо ввести пределы допуска (1) и целевое значение (2) для обработки карточек отслеживания.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1						Number	Sample size	
2						of sample	1	2
3						1	98	
4		Upper tolerance limit (Ts)	125			2	102	
5		Target value (Vav)	110			3	105	
6		Lower tolerance limit (Ti)	95			4	106	
7		Sample size (n)	1			5	103	
8		Number of samples	20			6	107	
9		Total number of measurements	20			7	111	
10						8	110	
11						9	109	
12						10	110	
13						11	112	
14						12	111	
15						13	113	
16						14	115	
17						15	117	
18						16	115	
19						17	110	
20						18	109	
21						19	108	
22						20	115	
23						21		

Рисунок 3.16 – Общий вид

## 5. Группа данных/изменение размера выборки

Эта кнопка используется для ввода размера выборки. Это число должно быть кратно общему числу измерений.

Current sample size n = 1

Please specify new value of n.

The order of data will be changed accordingly to new n.

Рисунок 3.17 – Ввод размера выборки

Необходимо обратить внимание на следующий метод отбора проб:

Например, если размер выборки равен 2, а число выборок равно 20, то приложение упорядочит значения, импортированные в 10 выборок из 2 значений,

причем первая выборка будет состоять из первых 2 значений в общем списке измерений и так далее (рисунок 3.18).

	Number of sample	Sample size					
		1	2	3	4	5	6
Upper tolerance limit (Ts)	125	98	102				
Target value (Vav)	110	105	106				
Lower tolerance limit (Ti)	95	103	107				
Sample size (n)	2	111	110				
Number of samples	10	109	110				
Total number of measurements	20	112	111				
		113	115				
		117	115				
		110	109				
		108	115				

Рисунок 3.18 – Ввод данных

6. Группа данных/очистить отчеты о данных

Проверка этой кнопки вызывает повторную инициализацию всех листов в файле приложения.

7. Группа отчетов/уровни доверия

Это меню используется для определения величины рисков на нормальность тест.

Significance level for S-W test	Confidence intervals for capability indices
<input type="radio"/> 0,1 (hard to pass)	<input type="radio"/> 0,1 (narrow intervals)
(1) <input checked="" type="radio"/> 0,05 (recommended)	(2) <input checked="" type="radio"/> 0.05 (recommended)
<input type="radio"/> 0,01 (easy to pass)	<input type="radio"/> 0,01 (wide intervals)
OK	Cancel

Рисунок 3.19 – Меню для определения величины рисков на нормальность тест

Уровень значимости теста нормальности Шапиро-Уилкса определен в (1), а доверительный интервал для индексов возможностей (2).

8. Группа отчетов/расчет

Это меню используется для определения типа исследования и начала обработки для отслеживания карточек и расчета показателей эффективности:

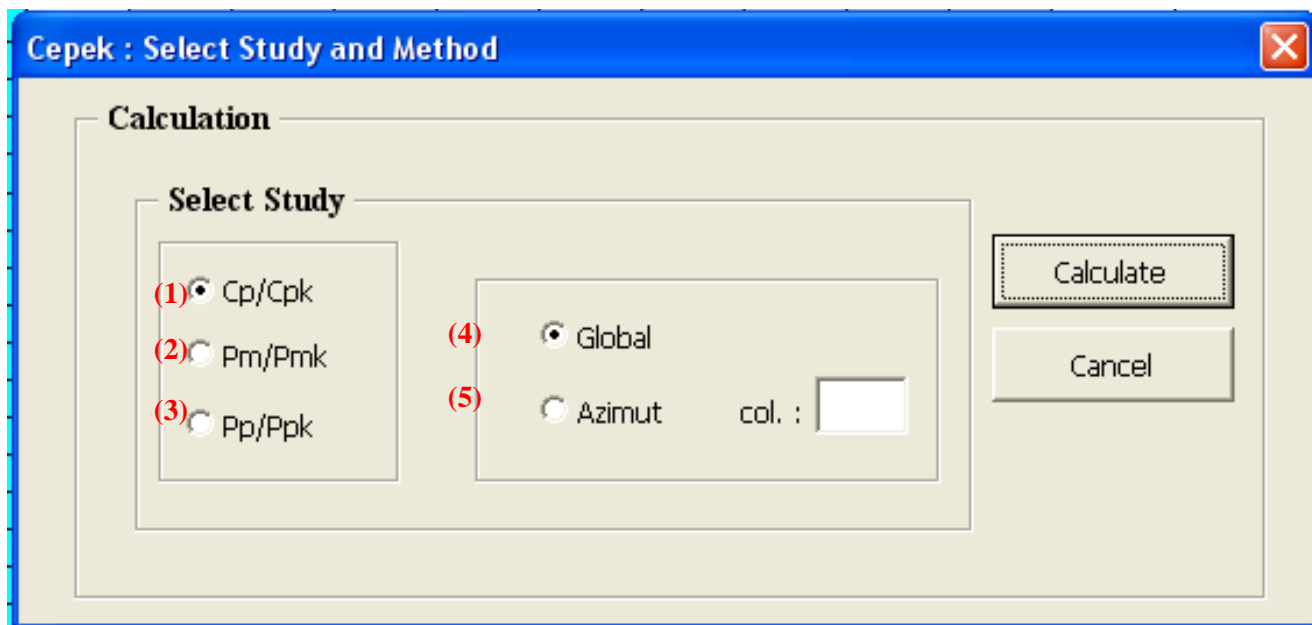


Рисунок 3.20 – Меню для определения типа исследования

Тип исследования выбирается из этого окна:

- Текущее производство (1)
- Производительность машины (2),
- Предварительный режим (3)

Оно также позволяет потребителю выбрать ли обрабатывать все измерения или специфический столбец измерений. Глобальный выбор (4) запускает расчет на основе всех измерений, в то время как, если пользователь нажимает на кнопку опции Азимут (5), номер столбца может быть введен в текстовую зону и обработка началась для определенного столбца.

Затем обработка начинается нажатием на кнопку "Рассчитать": обновляется структура листа "отчет" (карта отслеживания) и результаты представляются пользователю (рисунок 3.21).

Следующие поля автоматически вводятся ПО:

- толерантности,
- целевое значение,
- количество образцов,
- размер образцов,



- общее количество измерений,
- значения рассчитаны: среднее значение, стандартное отклонение, медиана, ПМ, ПМК, СК.

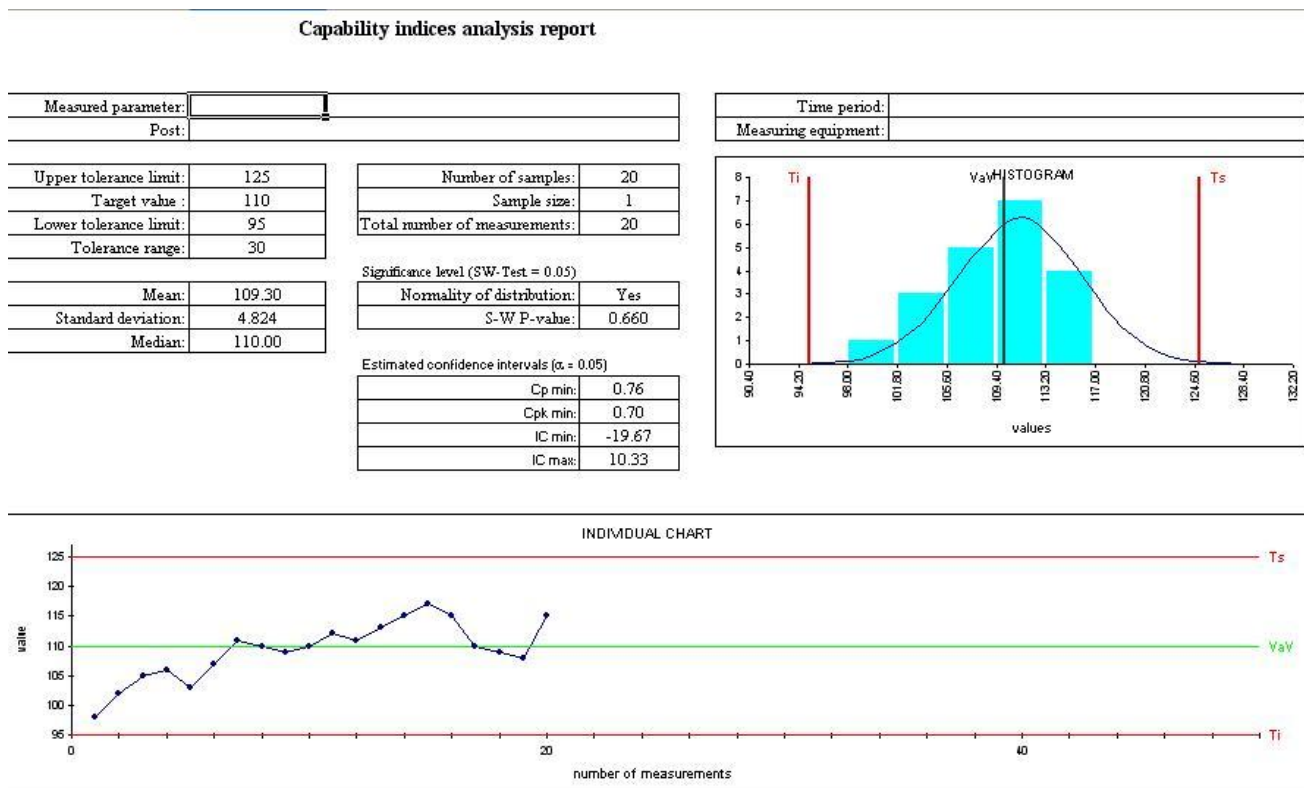


Рисунок 3.21 – Результаты

В этом случае значение показателей, рассчитанных при менее чем 100 измерениях, следует интерпретировать не как оценку по доверительному интервалу, индексированному на мин. Цветовой код служит напоминанием для этого правила.

Ниже приведен пример (рисунок 3.22) с более чем 100 значениями, показывающими, что возможна классическая интерпретация показателей.

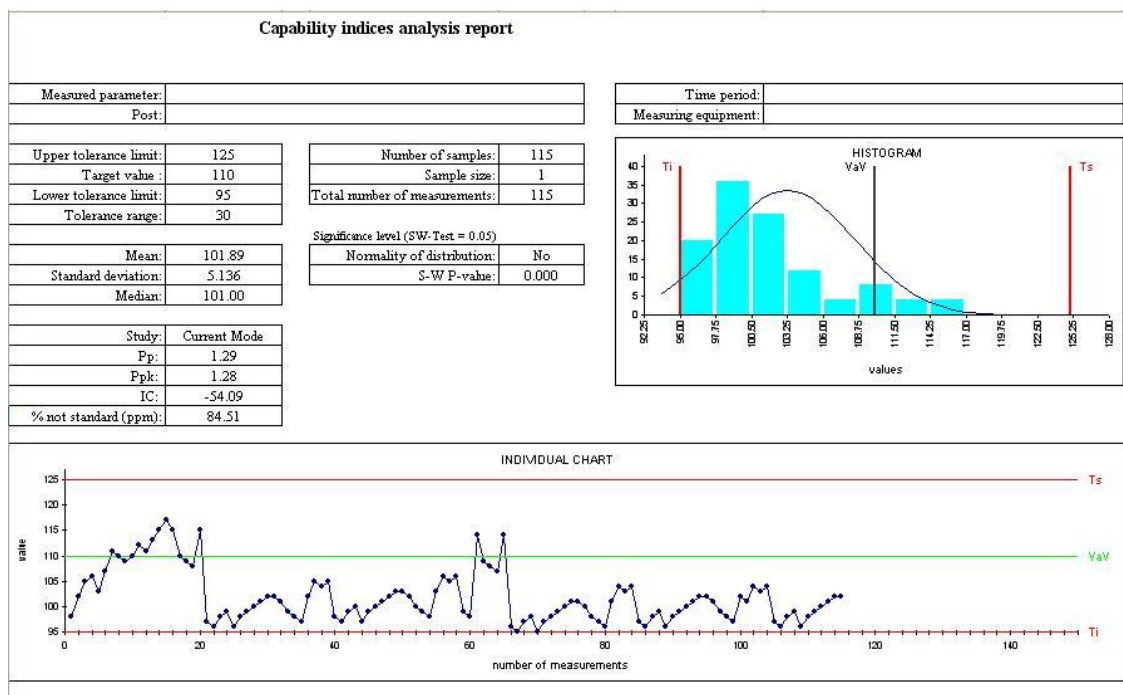


Рисунок 3.22 – Пример визуального представления программы

## 9. Группа данных/импорт нескольких данных

В этом меню опция одностороннего доступа недоступна

Это меню позволяет пользователю одновременно анализировать несколько характеристик.

Данные должны быть представлены следующим образом:

- первая строка должна соответствовать названиям характеристик;
- вторая строка должна соответствовать верхним пределам допуска;
- третья строка должна соответствовать целевым значениям;
- четвертая строка должна соответствовать нижним пределам допуска;

следующие строки содержат измеренные данные, и их число может отличаться от одной характеристики к другой.

Если название характеристики слишком длинное, оно будет усечено в названии вкладки относительно этой характеристики.

Если имя характеристики содержит специальные символы, появится сообщение об ошибке. Специальный символ должен быть удален из названия характеристики.

Если нажать кнопку «Auto Select», ПО автоматически найдет необходимый выбор данных. Это эквивалент сочетания клавиш CTRL+\*. На предыдущем

рисунке опция auto select также выбирает первый столбец. Чтобы правильно использовать этот параметр, необходимо добавить пустой столбец до и после данных.

	Caractéristique 1	Caractéristique 2	Caractéristique 3
TS	125	12.5	1440
VaV	110	12	1420
TI	95	11.5	1400
Mesures	98	12.2	1425
	102	12.1	1429
	105	12	1428
	106	11.8	1419
	103	12.3	
	107	11.8	
	111	11.9	
	110	11.5	
	109	11.6	
	110	12.4	
	112	12.3	
	111	11.8	
	113		
	115		
	117		
	115		
	110		
	109		
	108		

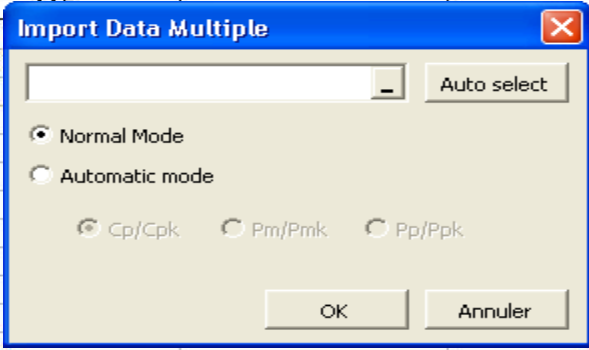


Рисунок 3.23 – Импорт нескольких данных

Если выбрать автоматический режим, необходимо выбрать тип вычисления (Cp/Cpk и т. д.) и нажать ОК. Данные будут импортированы, после чего вычисление будет автоматически запущено. В конце вычисления появится окно сообщения и список всех сообщений.

Если выбрать обычный режим, сообщение сообщит пользователю, если данные были правильно импортированы. Он отображается на вкладке "Данные".

Создаются вкладки типа "отчет", каждая из которых имеет название соответствующей характеристики.

Вкладка "Комментарий" позволит пользователю отслеживать ссылки этого исследования (измерение, предприятия и т. д.).

		Upper tolerance limit (Ts)	125	12.5	1440	
		Target value (Vav)	110	12	1420	
		Lower tolerance limit (Ti)	95	11.5	1400	
		Report Name	Caractéristique 1	Caractéristique 2	Caractéristique 3	
Upper tolerance limit (Ts)	-	1	98	12.2	1425	
Target value (Vav)	-	2	102	12.1	1429	
Lower tolerance limit (Ti)	-	3	105	12	1428	
Sample size of the study(n)	-	4	106	11.8	1419	
Number of samples of the study	-	5	103	12.3		
Total number of measurements	-	6	107	11.8		
Name of the study	actéristique 3	7	111	11.9		
Number of studies	3	8	110	11.5		
		9	109	11.6		
		10	110	12.4		
		11	112	12.3		
		12	111	11.8		
		13	113			
		14	115			
		15	117			
		16	115			
		17	110			
		18	109			
		19	108			
		20	115			
		21				
		22				
		23				
		24				
		25				
		26				
		27				
		28				
		29				
		30				
		31				
		32				
		33				

Multiple Data / Report Caractéristique 1 / Report Caractéristique 2 / Report Caractéristique 3 / Comments /

Рисунок 3.24 – Вид ПО при выборе автоматического режима

#### 10. Группа отчетов / множественный расчет

После многократного импорта данных в обычном режиме пользователь может отслеживать все эти характеристики с помощью кнопки report/multiple calculate.

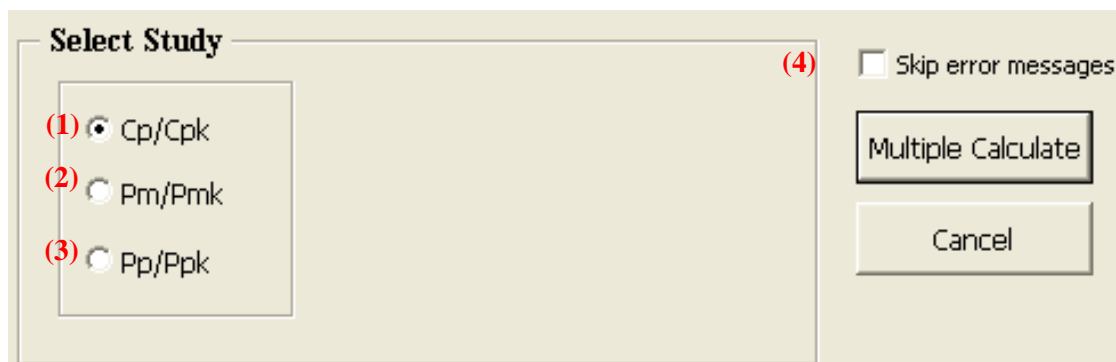


Рисунок 3.25 – Выбор типа вычисления

Тип исследования выбирается из этого окна:

- текущее производство (1);
- производительность машины (2);
- предварительный режим (3);
- пропустить сообщения об ошибках (4): сообщения об ошибках отображаются в конце вычисления.

Допуски и целевые значения больше не нужно вводить, поскольку эта информация была предоставлена при импорте. Поэтому надо быть осторожным, чтобы убедиться, что предоставленная информация верна.

Затем ПО генерирует столько отчетов отслеживания, сколько есть характеристик. Отчеты об отслеживании такого же типа.

#### 11. Группа контрольных карт/контроль

Это меню используется для обработки карт управления и в результате вводит среднее (1) и стандартное отклонение (2), учитываемые при обработке (рисунок 3.26):

Рисунок 3.26 – Меню для обработки карт управления

Затем обработка начинается нажатием на кнопку "ОК": структура листа "карты" обновляется, и результаты представляются пользователю (рисунок 3.27):

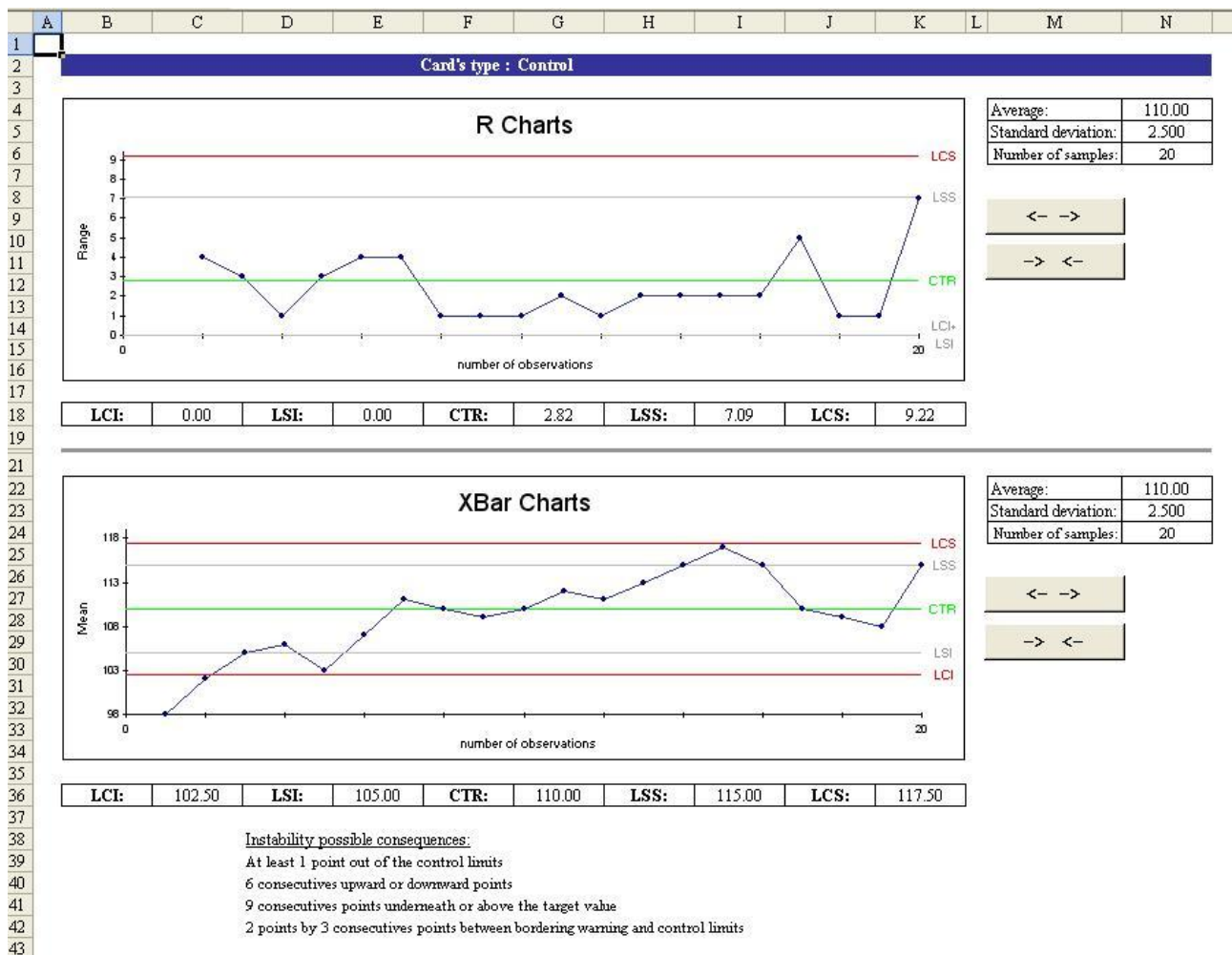


Рисунок 3.27 – Результаты

Следующие поля автоматически вводятся приложением для карты средств и диапазонов:

- более низкие пределы контроля,
- более низкие пределы контроля,
- центральная линия,
- верхние пределы контроля и верхние пределы контроля.

#### 11. Группа контрольных карт / предварительный контроль/

Обработка идентична предыдущему меню без ввода стандартной дисперсии и среднего значения. В этом случае учитываются средние и стандартные отклонения, возвращаемые приложением.

### 3.3 Выводы по третьей главе

1. Предложенная диаграмма связей цифровой обработки данных показывает возможность анализировать полученные результаты, осознано влиять на процесс и прогнозировать уровень качества при правильном сборе и сохранении полученной информации при проверке пригодности процесса измерения.

2. Разработанное программное обеспечение на языках PHP, SQL на основе выше предложенных алгоритмов обеспечивает полную или частичную автоматизацию операций проверки пригодности измерительного оборудования и статистической обработки большого объема данных, а также совмещение во времени этих операций с процессом измерения.

3. Разработанная схема последовательности операций схематически показывает основные этапы, которые должны быть выполнены, чтобы получить результаты вычислений на основе измерения параметров качества. Измеренные данные предоставляются разными средствами и методами измерений.

## ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ПРОИЗВОДСТВА ЗАДНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТЕКОЛ

### 4.1 Описание процесса производства задних автомобильных стекол

Процесс серийного производства продукции является составной частью планирования процессов жизненного цикла продукции. Целью планирования серийного производства продукции является подготовка подразделений, процессов и ресурсов организации для обеспечения изготовления изделий, соответствующих требованиям КД, ТУ и условиям договоров (контрактов).

В работе был рассмотрен процесс технического контроля задних автомобильных стекол автоматизированной системы остаточных напряжений прогнозируемого качества.

Карта процесса производства задних автомобильных стекол представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта процесса производства задних автомобильных стекол

<b>Информационная карта процесса</b>			
<b>Наименование процесса</b>	Производство продукции		
<b>Вид процесса</b>	Основной		
<b>Назначение процесса:</b>	Обеспечение изготовления изделий, соответствующих требований КД, ТУ и условиями договора (контракта) на поставку, в заданном объёме		
<b>Владелец процесса</b>	Директор по производству		
<b>Ресурсы</b>	Материально-техническая и производственная база производства, инженерно-технический и производственный персонал, финансовые ресурсы, эффективная система управления производством		
<b>Показатели процесса</b>			
<b>Наименование показателя</b>	Значение	Метод измерения	Периодичность контроля



<p><b>Полнота выполнения планов в установленные сроки К (%)</b></p>	<p>Оценка «хорошо» - при <math>K \geq 90\%</math>.  Оценка «удовлетворительно» - при <math>80\% \leq K &lt; 90\%</math>.  Оценка «неудовлетворительно» - при <math>K &lt; 80\%</math>.  Оценка «неудовлетворительно» свидетельствует о нестабильности процесса вследствие действия факторов, которые следует выявить и устранить.</p>	$= \frac{n}{(m - p)} * 100\%$ <p>где:  <math>n</math> – количество выполненных пунктов планов в установленные сроки;  <math>m</math> – заданное количество пунктов планов;  <math>p</math> – снятое количество пунктов плана.</p>	<p>ежегодно</p>
---	---	---	-----------------

Модель процесса управления производством задних автомобильных стекол приведена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Модель процесса управления производством задних автомобильных стекол

Алгоритм процесса управления производством задних автомобильных стекол приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Алгоритм процесса управления производством задних автомобильных стекол

Инициатор	Алгоритм процесса	Выход из операции
<p>1. Управление производством</p> <p>2. Управление производством</p> <p>3-4. Управление производством</p> <p>5. Производственные участки</p>	 <pre> graph TD     Start([Начало]) --&gt; Step1[1. Заключение контракта/договора]     Step1 --&gt; Step2[2. Разработка номенклатурного плана изготовления изделия]     Step2 --&gt; Step3[3. Разработка и утверждение плана выпуска изделия]     Step3 --&gt; Step4{4. Корректировка номенклатурного плана}     Step4 -- да --&gt; Step2     Step4 -- нет --&gt; Step5[5. Выполнение производственного плана]     Step5 --&gt; End([Конец])     </pre>	<p>1.Контракт (договор)</p> <p>2. Номенклатурный план изготовления изделия</p> <p>3-4. План выпуска изделий, плановая трудоемкость изготовления изделия по участкам основного производства, производственная программа с разбивкой по времени</p> <p>5. Акт приемки-сдачи</p>

Для того чтобы формализовать представление производственного процесса, начиная с операции ввода в систему заготовки до выхода продукта, необходимо построить карту потока создания ценности процесса. Карта текущего потока создания ценности для потребителя представлена на рисунке 4.2.

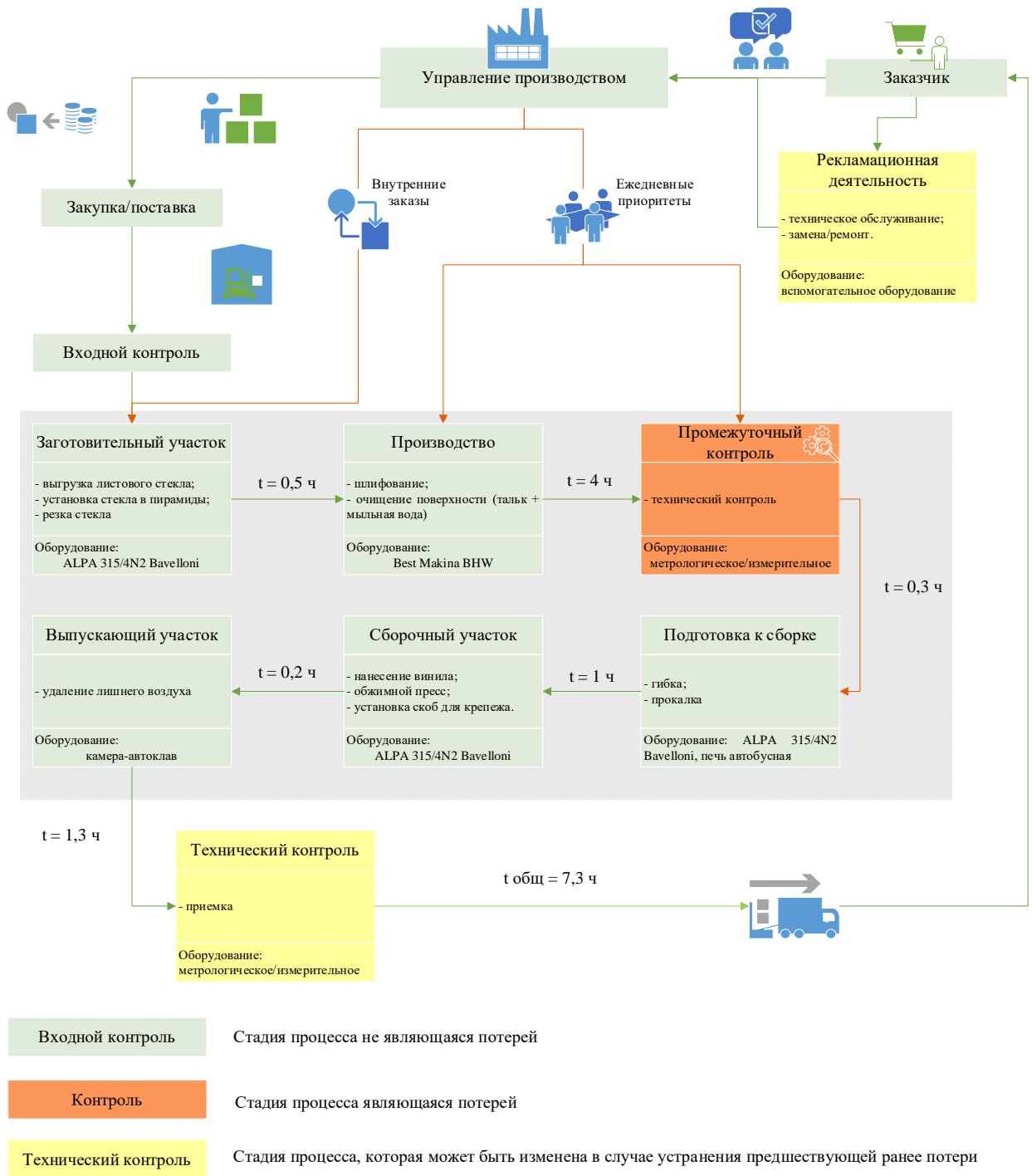


Рисунок 4.2 – Карта текущего потока создания ценности для потребителя

В качестве примера математической модели воспользуемся экспериментом, представленным в диссертационной работе Жилина А.А. «Совершенствование контроля автомобильного стекла путем создания автоматизированной системы статистической оценки внутренних напряжений». [7]

## **4.2 Разработка автоматизированной системы для количественной оценки остаточных напряжений при процессе технического контроля задних автомобильных стекол**

Для создания модели процесса остаточных напряжений принималось во внимание, что необходима быстрая обработка информации с кадра изображения, которая переносится в вычислительное устройство. Этого требует также поток подлежащей обработке оптической и графической информации, в связи с тенденцией увеличения производительности линий по изготовлению стекла и расширением номенклатуры изделий, подлежащих оценке. Данная задача решается с помощью использования автоматизированной системы производства.

Архитектура автоматизированной системы должна иметь клиент-серверную архитектурную схему и поддерживать размещение системы управления большими данными как на одном сервере, так и возможность подключения к внешним базам данных, установленным на других аппаратных или виртуальных серверах. Информационное взаимодействие между пользователями веб-интерфейса и сервером баз данных должно быть построено по принципу «тонкий клиент» (web-решение), в качестве клиентского программного обеспечения должно быть настроено использование браузеров, не требующих дополнительной установки клиентского приложения. Программная платформа разработана на языке программирования SQL, клиентская часть программной платформы разработана с использованием программной библиотеки .Net Core; функционирование PostgreSQL; присутствует возможность корректировки справочной информации (добавления новых, изменения, удаления записей) без привлечения программирования; отсутствуют ограничения по количеству пользователей; имеется возможность интеграции с системами верхнего уровня путем обмена xml-файлами; поддерживаются кроссплатформенные пользователи.

Администратор автоматизированной системы имеет возможность как персональной, так и групповой настройки прав пользователей. Система контроля

прав пользователей, охватывает все имеющиеся объекты в системе. Журналирование активности пользователей клиентского приложения автоматизированной системы предусмотрены функцией позволяющей предоставлять весь текст для поиска.

Автоматизированная система обеспечивает получение данных как с оборудования под управлением с числовым программным управлением и имеющего средства выдачи данных мониторинга, так и с оборудования без встроенных средств передачи данных - данного оборудования специальными аппаратными средствами автоматизированной системы, позволяющими получать данные с дополнительных датчиков и сигналов оборудования и организовать автоматизированное рабочее место (далее – АРМ) оператора на оборудовании. АРМ должно выполнять функции регистрации производственного персонала на оборудовании для учета эффективности работы производственного персонала и функции вызова обслуживающего персонала при тех или иных видах простоя оборудования, с возможностью классификации и учета всех видов простоя оборудования. посредством дооснащения.

Технические состояния оборудования:

- перегрузка станка;
- аварийная остановка станка;
- готовность оборудования;
- превышение телеметрии станка – температура;

Служебные состояния оборудования:

- цикл;
- деталь изготовлена;
- действия на оборудовании.

На основании получаемых данных пользователи имеют возможность неограниченно формировать состояния производственного оборудования самостоятельно без привлечения разработчика. Администратор имеет возможность формировать новые состояния с применением формул, элементами которых могут быть:

1. аналоговые измеряемые параметры,
2. технические и технологические данные с учпу или других контроллеров, установленных на оборудовании,
3. причины простоя, выставляемые работниками оборудования,
4. специализированные теги из управляющих программ,
5. нормы времени на выполнения конкретных тех. операций.
6. информация по графику работы производственного оборудования.
7. ранее сформированные состояния.

Автоматизированная система в режиме реального времени позволяет осуществлять наблюдение за работой оборудования применением клиентского приложения с помощью веб интерфейса. Пользователь имеет следующие варианты отображения информации:

1. В виде линейной диаграммы перечнем оборудования, событиями, происходящими на оборудовании и их длительностью с возможности масштабирования периода просмотра. По каждой единице оборудования выполняется цветовая визуализация в зависимости от регистрируемых событий и в соответствии с настройками, заданными пользователем.

2. В виде таблицы с перечнем оборудования, для которого отображаются события в реальном времени с возможностью фильтрации по заданному событию и по причинам простоя.

3. В виде сводной таблицы и диаграммы по всем событиям с возможностью фильтрации.

4. В виде блок-схемы участка/цеха с активными областями для имитации станков. При отображении предусмотрена фильтрация оборудования по принадлежности к подразделениям предприятия.

Веб-интерфейс в реальном времени имеет следующие варианты отображения информации:

1. В виде круговых диаграмм отражаются ключевые показатели. При нажатии на круговую диаграмму должно отображаться плановое и фактическое

значение коэффициента, а переключателя пользователь должен иметь возможность отображать в виде линейных диаграмм.

2. В виде круговой диаграммы отображается фонд рабочего времени. При наведении курсора на круговую диаграмму отображаются плановые и фактические показатели, динамика изменений данных показателей.

3. В виде плашек отображаются основные группы состояний и причин. С помощью простоя. На каждой плашке оборудования в данном состоянии и динамика изменения. При нажатии на плашку появляться всплывающее сообщение с описанием, плановым и фактическим процентом, также оборудование с худшими показателями. При нажатии на подразделение/станок должен осуществляться переход на его детальную страницу. При нажатии на правый край плашки отображаются состояния и группы второго уровня.

В автоматизированной системе предусмотрена для ответственных сотрудников предприятия организация системы оповещений в реальном времени после наступления определенного события с возможностью дальнейшей эскалации оповещений. Для отправки оповещений используются E-mail или текстовые сообщения, которые выводятся в клиентском приложении системы. Список событий, при наступлении которых требуется рассылка сообщений, адресаты автоматической рассылки, правила эскалации оповещений и шаблоны сообщений задаются администратором самостоятельно без привлечения разработчика. Все события и отправленные сообщения регистрируются в специальном журнале.

Согласно ГОСТ 32565-2013 «Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия» измерение проводят вдоль всего контура изделия для определения максимального значения напряжения растяжения в 12 точках по периметру стекла полярископом.

Для автоматизации процесса контроля качества автомобильного стекла с помощью статистических методов необходимо создать алгоритм управления.

Необходимо провести статистическую обработку значений освещенности в целях исключения особых причин изменчивости. Известно, что обычные причины

характеризуют вариации (изменчивость) стабильного процесса. Это причины, которые влияют на процесс постоянно и неизменно. Данные причины составляют 85-96% от всех причин, влияющих на процесс. Особые причины – характеризуют нарушение стабильности процесса. Влияние этого типа причин на вариации процесса непрогнозируемое и не регулярное. Данные причины составляют 4-15% от всех причин.

Учитывая особенности каждого вида контрольных карт, оптимальным представляется выбор карты индивидуальных значений и скользящих размахов.

В качестве выборок принимается вертикальные и горизонтальные срезы значений освещенности. Таким образом, выборка имеет одно значение, количество выборок равно количеству пикселей в том или ином срезе.

Контрольная карта индивидуальных значений и скользящих размахов до выявления и устранения особых причин изменчивости представлена на рисунке 4.3.

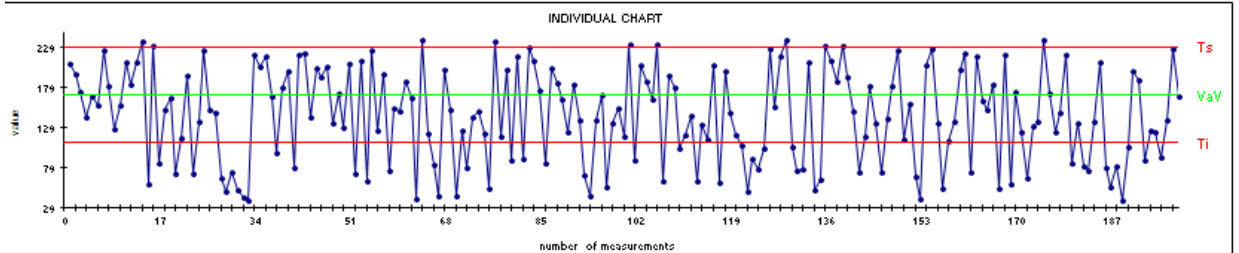
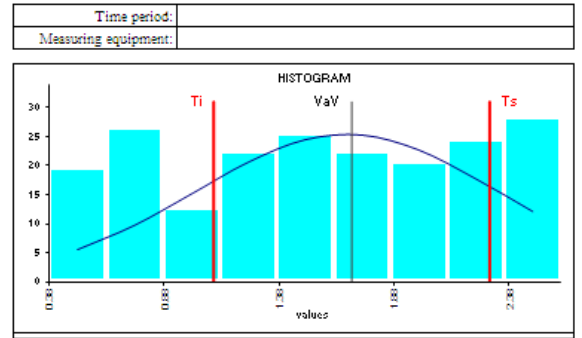
Upper tolerance limit ( $T_u$ )	239
Target value ( $V_{av}$ )	137
Lower tolerance limit ( $T_l$ )	35
Sample size ( $n$ )	1
Number of samples	199
Total number of measurements	199

Number of sample	Sample size					
	1	2	3	4	5	6
1	209,35					
2	196,73					
3	172,98					
4	141,99					
5	168,33					
6	157,71					
7	226,4					
8	180,63					
9	127,02					
10	157,99					
11	210,64					
12	183,72					
13	210,84					
14	226,37					

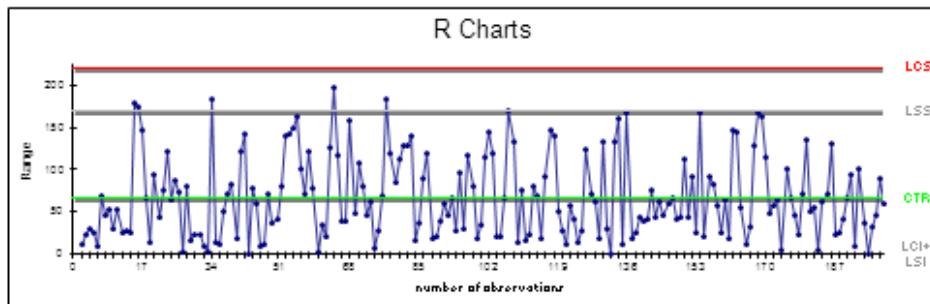


Capability indices analysis report

Measured parameter:			
Post:			
Upper tolerance limit:	230	Number of samples:	199
Target value:	170	Sample size:	1
Lower tolerance limit:	110	Total number of measurements:	199
Tolerance range:	120		
Mean:	143,76	Significance level (SW-Test = 0,05)	
Standard deviation:	59,071	Normality of distribution:	No
Median:	144,43	S-W P-value:	0,000
Study:	Current Mode		
Pp:	0,60		
Ppk:	0,33		
Index Centering:	-43,73		
% not standard (ppm):	162202,56		

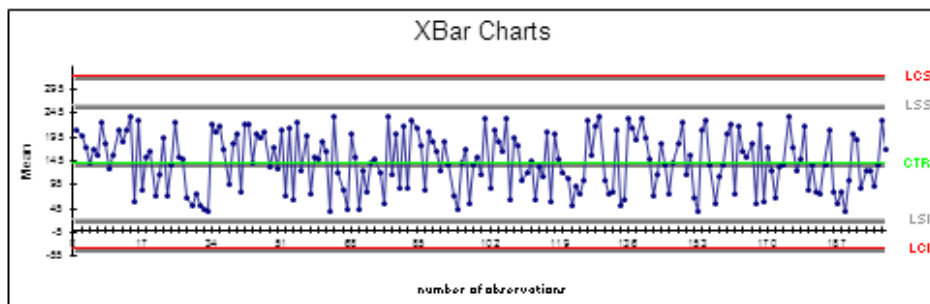


Card's type: Pre-Control



Average:	143,76
Standard deviation:	60,127
Number of samples:	199

LCI:	0,00	LSI:	0,00	CTR:	67,82	LSS:	170,40	LCS:	221,63
------	------	------	------	------	-------	------	--------	------	--------



Average:	143,76
Standard deviation:	60,127
Number of samples:	199

LCI:	-36,62	LSI:	23,51	CTR:	143,76	LSS:	264,01	LCS:	324,14
------	--------	------	-------	------	--------	------	--------	------	--------

Instability possible consequences:  
 At least 1 point out of the control limits  
 6 consecutives upward or downward points  
 9 consecutives points underneath or above the target value  
 2 points by 3 consecutives points between bordering warning and control limits

Рисунок 4.3 – Контрольная карта индивидуальных значений и скользящих размахов до выявления и устранения особых причин изменчивости

В рассматриваемом случае главный признак нестабильного поведения процесса – выход значений за контрольные границы. Прочие встречающиеся признаки (тренд, периодичность) обусловлены технологическим процессом закалки и не могут считаться признаками нестабильного поведения процесса.

Для получения действительного контрольного интервала значений необходимо исключить из выборки пикселей, значение освещенности которых выходят за контрольные пределы. Контрольная карта индивидуальных значений и скользящих размахов, построенная после исключения особых причин изменчивости, приведена на рисунке 4.4.

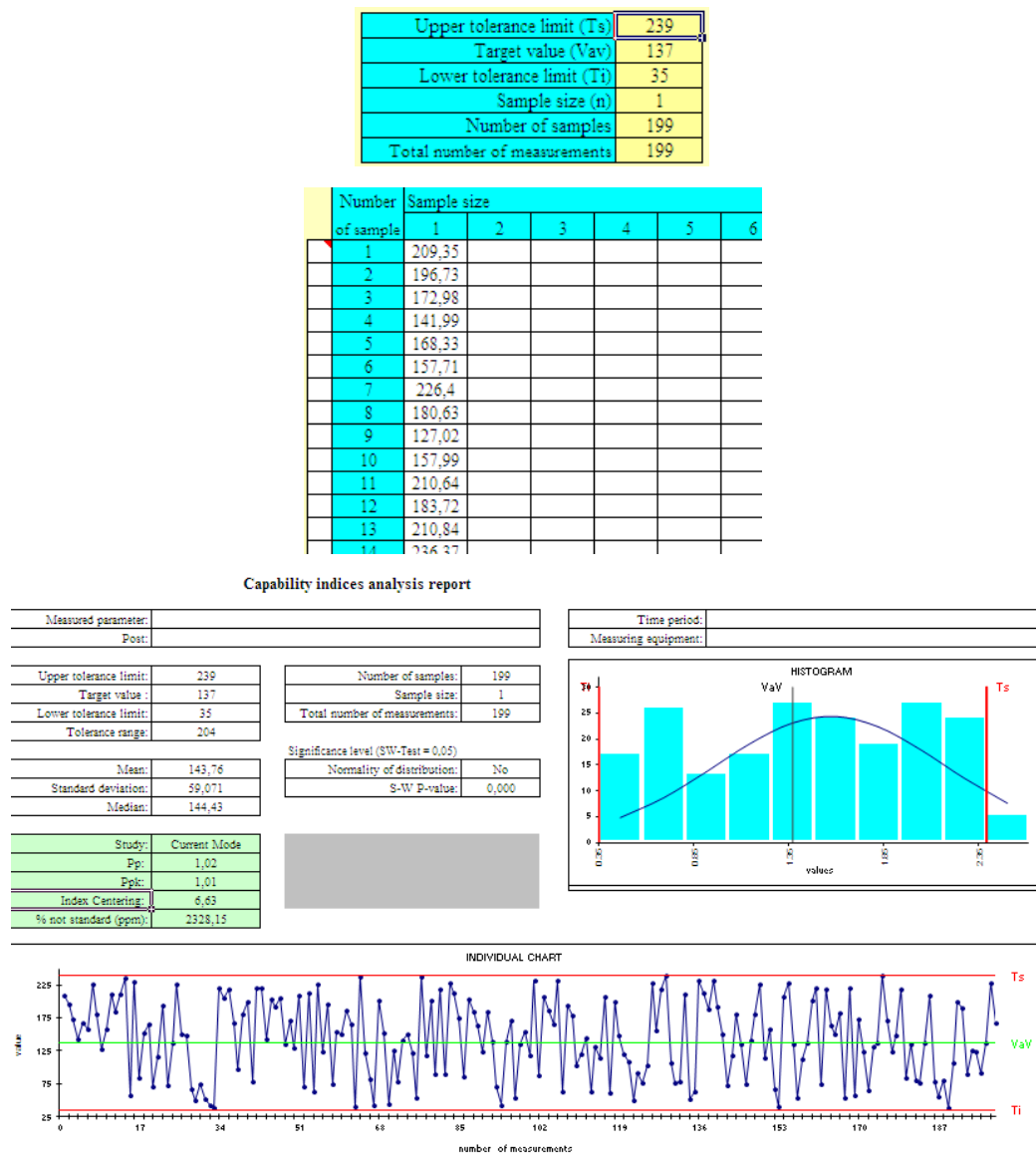


Рисунок 4.4 – Контрольная карта индивидуальных значений и скользящих размахов после выявления и устранения особых причин изменчивости

По результатам разработки автоматизированной системы остаточных напряжений прогнозируемого качества процесса построена карта будущего потока создания ценности для потребителя (рисунок 4.5).

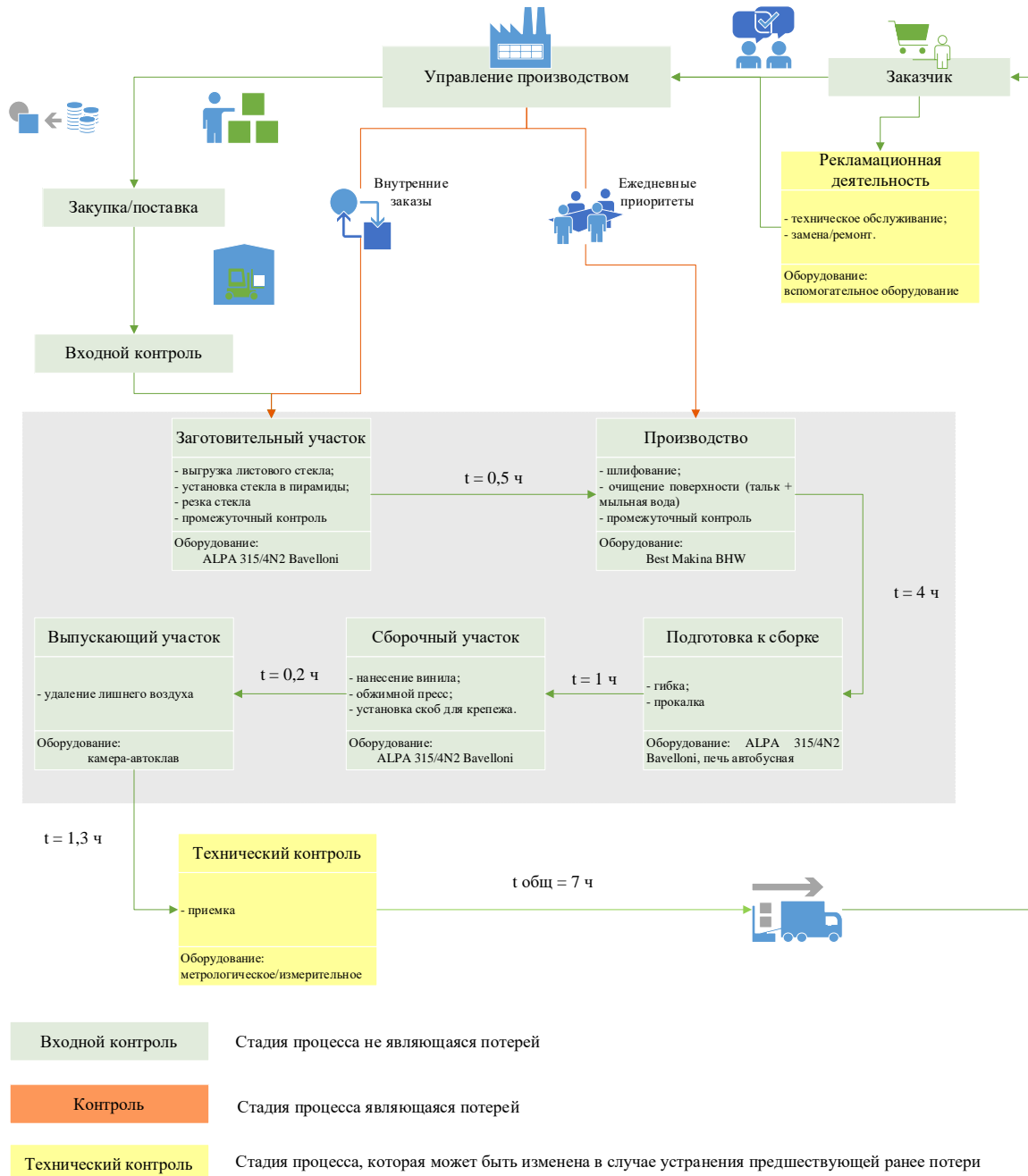


Рисунок 4.5 – Карта будущего потока создания ценности для потребителя

Таким образом, проведя статистическое исследование по нахождению интервала изменчивости значений освещенности каждой точки стекла, становится возможным получить эталонное распределение остаточных напряжений.

### 4.3 Выводы по четвертой главе

1. Особенности статистического управления качеством, предложенного в работе дает возможность анализировать неограниченное число деталей; соблюдать последовательности отбора пробы и контрольных измерений; подвергать статистической обработке для получения определенных характеристик результаты измерений; сравнивать полученные характеристики с установленными контрольными границами с помощью специального программного обеспечения, в результате чего делаются выводы как о качестве контролируемой партии, так и о состоянии технологического процесса; последовательно фиксировать результаты статистического контроля на специальной карте, а также формировать в виде отчета.

2. На основе предлагаемой организации системы статистического контроля дополнительные затраты времени на операции статистической обработки и записи результатов обычно компенсируется снижением общего объема контрольных работ, которые необходимо было выполнять до введения статистического контроля. Кроме того, осуществляется сокращение времени на выполнение операций технического контроля является резервом повышения производительности труда контролеров; переход к более точным методам контроля, вскрывающие технологические причины разладок (резерв времени составил 4,11%); значительные затраты времени особо не допустимы, когда контроль статистическими методами осуществляется рабочими, выполняющими технологические операции.

3. Вышеизложенное дает возможность распространения методов статистического контроля на большую группу технологических операций с неустойчивым режимом настройки и значительным влиянием ручных приемов на размеры обрабатываемых деталей.

4. Анализ полученных результатов при данных обстоятельствах может осуществлять как рабочий, так и руководитель производства. Для каждого будет формироваться необходимый ему вид отчета.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнено научное исследование, содержащее научно-обоснованные методические решения по разработке методов идентификации пригодности измерительного оборудования в управлении автоматизированными производственными системами.

2. Определены межуровневые связи элементов автоматизированной производственной системы, особенностями которой являются децентрализация сбора и обработки информации в условиях использования современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса.

3. Сформировано расширение понятия «Качество 4.0» как единого информационного пространства предприятия, обеспечивающего системный подход к управлению качеством продукции.

4. На основании выявленных зависимостей разработан алгоритм проверки пригодности процесса измерения для реализации эффективной системы аналитического управления технологическими процессами, реализующего элементы системы управления качеством производственных систем на основе многоуровневого программного обеспечения.

5. На основе разработанного алгоритма предложены методы оценки пригодности производственного процесса на основе данных измерения с использованием цифровой системы обработки информации.

6. Разработано программное обеспечение на языке PHP, SQL на основе предложенных алгоритмов, при использовании которого обеспечивается полная или частичная автоматизация операций проверки пригодности измерительного оборудования и статистической обработки большого объёма данных, а также совмещение во времени этих операций с процессом измерения.

7. Предложенные решения разработки автоматизированной системы для количественной оценки остаточных напряжений при процессе технического

контроля задних автомобильных стекол позволяют обеспечить сокращение времени на выполнение операции технического контроля, что является резервом повышения производительности труда контролеров (резерв времени составляет 4,11%); переход к более точным методам контроля, вскрывающим технологические причины разладок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деминг, Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами процессами / Эдвардс Деминг - М.: Альпина Бизнес Букс, 2007 – 370 с. (W.E. Deming. Out of Crisis. – First MIT edition, 2000);
2. Адлер, Ю.П. Контрольные карты Шухарта в России и за рубежом: краткий обзор современного состояния (статистические аспекты) / Ю.П. Адлер, О.В. Максимова, В.Л. Шпер // Стандарты и качество. - 2011. - №7. - с. 82 – 87.
3. Кулагова, И.А. Интенсификация деятельности руководителей и специалистов - пути к повышению эффективности управления на предприятии / И.А. Кулагова, В.В. Бондаренко
4. Локтев, Д.А. Статистическое управление производственными процессами - ключ к успеху современного промышленного предприятия / Д.А. Локтев // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. - 2014. - Т. 2. № 1 (19). - С. 128-136.
5. ГОСТ Р 51814.5-2005 Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов. – М.: Стандартиформ, 2007. – 54 с.
6. Жилин, А.А. Совершенствование контроля автомобильного стекла путем создания автоматизированной системы статистической оценки внутренних напряжений: диссертация кандидата технических наук: 05.13.06 / Жилин Алексей Александрович; [Место защиты: ГОУ ВПО "Московский государственный технологический университет "Станкин"]. – М., 2006. - 188 с.
7. Адлер, Ю. П. Интерпретация контрольных карт Шухарта/ Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2003. - №11.
8. Адлер, Ю. П. Контрольные карты Шухарта / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2003. - №№5, 7.
9. Адлер, Ю. П. Контрольные карты Шухарта в действии / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2004. - №2.

10. Адлер, Ю. П. Контрольные карты Шухарта для качественных признаков / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2004. - №6.
11. Адлер, Ю. П. На пути к статистическому управлению процессами / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2003. - №3.
12. Адлер, Ю. П. Работа с контрольными картами Шухарта / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2004. - №3.
13. Адлер, Ю. П. Умеем ли мы измерять / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // – Методы оценки соответствия. – 2006. - №№ 5, 7, 11; 2007. - №№ 2, 6, 7; 2008. - № 6; 2010. - №№ 1, 2, 3.
14. Адлер, Ю.П. Истоки статистического мышления / Ю.П. Адлер, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2003. - №1. - С.34-40.
15. Адлер, Ю.П. Проблемы применения методов статистического управления процессами на отечественных предприятиях / Ю.П. Адлер, С.Ф. Жулинский, В.Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 2009. - №8. - с.36-40; №9. - с.24-29.
16. Адлер, Ю.П. Управление качеством. Часть 1. Семь простых методов / Ю.П. Адлер. - М.: МИСиС, 2001. – 138 с.
17. Аристов, А.И. Статистические методы регулирования технологических процессов / А.И. Аристов – М.: Изд-во "Знание" (Качество и надежность изделий №5), 1990. – с.48-97.
18. Ачеркан, Н.С. Статистические методы контроля промышленной продукции. Основы теории и практики применения в зарубежной промышленности / Наум Самойлович Ачеркан. – М.: Машгиз, 1946. – 138 с.
19. Бендерский, А. М. Обоснование плана контроля при применении простых контрольных карт / А.М. Бендерский, Ю.Д. Филиппов. // Надежность и контроль качества. – 1987. - №6. - с.20-26.
20. Бендерский, А.М. О стандарте на статистическое регулирование технологических процессов при нормальном распределении контролируемого параметра / А.М. Бендерский, Л.В. Баумгартен // Надежность и контроль качества. – 1977. - №8. - с.66-74.



21. Бендерский, А.М. Стандартизация статистических методов управления качеством / А.М. Бендерский, А.А. Богатырев, Л.В. Баумгартен. – М.: Изд-во стандартов, 1983.– 152 с.
22. Богатырев, А.А. Стандартизация статистических методов управления качеством / А.А. Богатырев, Ю.Д. Филиппов. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 120 с.
23. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
24. Боярский, Э. А. Порядковые статистики / Э.А. Боярский. – М.: Статистика 1972. – 120 с.
25. Герасимова, Г.Е. Статистическое управление технологическим процессом (Обзор) / Г.Е. Герасимова, Ю.А. Стерьхов. - Надежность и контроль качества. – 1994. - №12. - с.43-49; 1995. - №2. - с.46 - 57.
26. Глудкин, О.П. Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. - М.: Радио и связь, 1999. - 600с.
27. Горский, В.Г. Планирование промышленных экспериментов. Модели статистики / В.Г. Горский, Ю.П. Адлер. - М.: Металлургия, 1974. – 264. с.
28. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2019. – 9 с.
29. ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534.1-93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2000. – 46 с.
30. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 42 с.
31. ГОСТ Р 50779.30-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 28 с.

32. ГОСТ Р 50779.42–99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М.; ИПК Издательство стандартов, 1999. – 36 с.
33. ГОСТ Р 50779.71-99 (ИСО 2859.1-89) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL. – М.; ИПК Издательство стандартов, 1999. – 74 с.
34. ГОСТ Р 50779.72-99 (ИСО 2859-2-85) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного качества LQ. – М.; ИПК Издательство стандартов, 1999. – 28 с.
35. ГОСТ Р 50779.73-99 (ИСО 2859.3-91) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Планы выборочного контроля с пропуском партий. – М.; ИПК Издательство стандартов, 1999. – 16 с.
36. ГОСТ Р 51814.3–2001 Системы качества в автомобилестроении. Методы статистического управления процессами. – М.; ИПК Издательство стандартов, 2001. – 36 с.
37. ГОСТ Р 51814.5-2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов. – М.; Стандартиформ, 2005. – 54 с.
38. ГОСТ Р ИСО 11843-7-2014. Статистические методы. Способность обнаружения. Часть 7. Методы оценки с учетом фонового шума. – М.; Стандартиформ, 2015. – 19 с.
39. ГОСТ Р ИСО 15746-1-2016 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Интеграция возможностей усовершенствованного управления технологическими процессами и оптимизации для производственных систем. Часть 1. Структура и функциональная модель – М.: Стандартиформ, 2017. – 22 с.
40. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. – М.; ИПК Издательство стандартов, 2002. – 51 с.

41. Деминг, Э. Лекция перед японскими менеджерами / Эдвардс Деминг // Методы менеджмента качества, 2000, №10, с.24-29.
42. Деминг, Э. Новая экономика / Эдвардс Деминг. – М.: ЭКСМО, 2006. – 208 с. (W.E. Deming. The New Economics: For Industry, Government, Education. – MIT, 2nd Ed., 1994)
43. Джуран, Дж. У истоков статистического контроля качества / Дж. Джуран // Надежность и контроль качества. – 1998. - №7. - С. 50-54; №8. - С. 13-21.
44. Дунин-Барковский, И. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть)/Физико-математическая библиотека инженера / И.В. Дунин-Барковский, Н.В. Смирнов. – М.: Гос. Изд-во технико-теоретической литературы, 1955. – 556 с.
45. Дэйвид Г. Порядковые статистики / Г. Дейвид. – М.: Наука, 1979. – 336 с. (David H.A. Order Statistics. - 1970)
46. Егоров, С. Б. Изменчивость технологических процессов как часть реализации системы статистического управления / С. Б. Егоров, А. В. Капитанов, А. В. Козлова // Цифровая экономика: оборудование, управление, человеческий капитал : материалы всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 25 декабря 2018 года. – Вологда: ООО «Маркер», 2018. – С. 30-31.
47. Егоров, С.Б. Методы статистического управление процессами и повышение качества продукции // С.Б. Егоров, А.А. Локтев, А.В. Капитанов, Д.А. Локтев, Т.П. Егорова // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 11-1. – С. 98-102
48. Егоров, С.Б. Управление качеством технологических процессов на основе статистического анализа, Страна живет, пока работают заводы. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / С.Б. Егоров, А.В. Капитанов, А.В. Сильянова. – М.: ИП Пучков Игорь Иванович, 2015. – С. 124-128.
49. Ефимов, В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КНОРУС, 2006. – 240 с.

50. Жулинский, С.Ф. Статистические методы в современном менеджменте качества / С.Ф. Жулинский, Е.С. Новиков, В.Я. Поспелов. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2001. – 208 с.; С. 141- 197.

51. Илларионов, О. И. Обнаружение разладки технологического процесса с помощью X - карт по нескольким выборкам / О.И. Илларионов. // Надежность и контроль качества. – 1992. - №12. - с.21-28.

52. Илларионов, О.И. Нужна ли теория контрольных карт? / О.И. Илларионов. // Методы Менеджмента Качества. – 2005. - №3. - С. 38-42.

53. Илларионов, О.И. Оптимизация планов контроля при статистическом регулировании технологических процессов групповой обработки изделий. X – карты / О.И. Илларионов. // Надежность и контроль качества. – 1996. - №9. - С. 21-28.

54. Илларионов, О.И. Подоптимальные X - планы статистического регулирования технологических процессов групповой обработки/ О.И. Илларионов. // Надежность и контроль качества. -1998. - №6. - С. 56-61.

55. Илларионов, О.И. Проектирование контрольных карт на основе критерия полной вероятности брака / О.И. Илларионов. // Методы Менеджмента Качества. – 2003. - №6. - С. 32-36.

56. Илларионов, О.И. Расчет средних длин серий выборок при анализе налаженного и разлаженного технологических процессов для случая постепенной разладки / О.И. Илларионов. // Надежность и контроль качества. – 1989. - №1. - с.32-36.

57. Илларионов, О.И. Расчет характеристик контрольных x -карт при неточной наладке технологического процесса/ О.И. Илларионов. // Методы Менеджмента Качества. – 2000. - №11. - С. 16-20.

58. Илларионов, О.И. Слагаемые эффективности контрольных карт/ О.И. Илларионов. // Методы Менеджмента Качества. – 2005. - №2. - С. 30-35.

59. Илларионов, О.И. Статистическое регулирование технологических процессов с использованием x - карт при случайных изменениях среднего значения контролируемого параметра / О.И. Илларионов. // Надежность и

контроль качества. -1991. - №4. - с.21-27.

60. Илларионов, О.И. Статистическое регулирование технологических процессов с использованием контрольных карт выборочного среднего при неизвестной дисперсии контролируемого параметра/ О.И. Илларионов. // Надежность и контроль качества. -1999. - №12. - С. 37-44.

61. ИСО 8402-94 Управление качеством и обеспечение качества. Словарь. (Оригиналы международных стандартов ИСО - во ВНИИКИ Госстандарта России). – 1994. – 53 с.

62. Кане, М.М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 580 с.

63. Капитанов, А. В. Распределение качественных признаков в отношении выбора используемых математических методов / А. В. Капитанов, А. В. Козлова // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 18–19 февраля 2019 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – С. 120-122.

64. Капитанов, А. В. Система менеджмента качества в условиях цифровизации / А. В. Капитанов, А. В. Козлова // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых) : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Казань, 07–08 ноября 2019 года. – Казань: ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 143-147.

65. Капитанов, А.В. Использование результатов измерения в системах статистического управления процессами, Реальность - сумма информационных технологий, сборник научных статей международной молодежной научно-практической конференции / А.В. Капитанов, А.В. Козлова. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2016. – С. 119-122.

66. Капитанов, А.В. Использование результатов измерения в системах статистического управления процессами / А. В. Капитанов, А. В. Козлова //

Реальность - сумма информационных технологий : сборник научных статей международной молодежной научно-практической конференции, Курск, 08–10 сентября 2016 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2016. – С. 119-122.

67. Капитанов, А.В. Качество 4.0 и его влияние на статистическое управление качеством/А.В. Капитанов, А.В. Козлова // Наука сегодня: вызовы, перспективы и возможности: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Вологда, 11 декабря 2019 года. – Вологда: ООО "Маркер", 2019. – С. 29-30.

68. Капитанов, А.В. Распределение качественных признаков в отношении выбора используемых математических методов, Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении, Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием / А.В. Капитанов, А.В. Козлова. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – С. 120-122.

69. Каррион, А. Учет частоты дефектов в контрольных картах по качественному признаку / А. Каррион, С. Сан Матиас // Методы Менеджмента Качества. – 2004. - №4. - С. 37-40.

70. Клячкин, В.Н. Анализ эффективности многомерного контроля технологического процесса / В.Н. Клячкин // Методы менеджмента качества. – 2002. - №4. - С. 32-34.

71. Клячкин, В.Н. Многомерный статистический контроль технологического процесса / В.Н. Клячкин. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.

72. Клячкин, В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / В.Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 304 с.

73. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

74. Козлова, А. В. Разработка алгоритма цифровой обработки данных с

целью осуществления анализа полученных результатов, прогнозирования качества и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией / А. В. Козлова // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 1(56). – С. 59-63.

75. Козлова, А. В. Разработка алгоритма цифровой обработки данных с целью осуществления анализа полученных результатов, прогнозирования качества и их последующее внедрение в другие задачи с необходимой адаптацией / А. В. Козлова // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 1(56). – С. 59-63.

76. Козлова, А.В. Применение закона распределения случайных величин при статистическом анализе точности и стабильности технологических и производственных процессов / А.В. Козлова, А.В. Капитанов, В.Г. Мешков // Управление качеством в образовании и промышленности : Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции, Севастополь, 21–22 мая 2020 года / Редколлегия: Белая М.Н. (отв. ред.). – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2020. – С. 188-192.

77. Козлова, А.В. Развитие системы менеджмента качества после внедрения цифровизации в компании / А.В. Козлова, Н.И. Скворцов // Качество в производственных и социально-экономических системах : сборник научных трудов 8-й Международной научно-технической конференции, Курск, 17 апреля 2020 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 220-223.

78. Королькевич, В.А., Королькевич Е. В. Контрольная карта для робастных технологических процессов / В.А. Королькевич, Е.В. Королькевич // Стандарты и качество. – 1990. - №5. - С. 40-41.

79. Коуден, Д. Статистические методы контроля качества / Д. Коуден; под ред. Б.Р. Левина. – М.: Физматлит, 1961. – 624 с. (D. J. Cowden. Statistical Methods in Quality Control. – Englewood Cliffs, N.J., 1957)

80. Круглов, М.Г. Управление качеством: Учебное пособие / М.Г. Круглов, Г.М. Шишков. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 1999. – 234 с.; С. 155-159

81. Кузнецов, Л.А. Контроль и оценка многомерного качества / Л.А.

Кузнецов // Методы Менеджмента Качества. – 2008. - №10. - С. 40-45.

82. Кузнецов, Л.А. Контрольные карты: определение границ регулирования при переменном объеме выборки / Л.А. Кузнецов, Д.Ю. Вишняков // Методы Менеджмента Качества. – 2008. - №8. - С. 26-30.

83. Кузнецов, Л.А. Построение карт контроля качества с помощью непараметрического критерия Вилкоксона – Манна – Уитни / Л.А. Кузнецов, М.Г. Журавлева // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. - №1. - С. 70-74.

84. Кузнецов, Л.А. Построение карт контроля процессов с отличающимися от нормального распределениями показателей качества / Л.А. Кузнецов, М.Г. Журавлева // Методы Менеджмента Качества. – 2009. - №12. - С. 34-38.

85. Лагутин, М.Б. Наглядная математическая статистика: Учебное пособие / М.Б. Лагутин. - М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2007– 472 с.

86. Лapidус, В.А. Система статистического управления процессами. Система Шухарта / В.А. Лapidус // Надежность и контроль качества. – 1999. -№5. - С. 11-19; №6. - С. 3-13; №7. - С. 13-21.

87. Левин, Д. М. Статистика для менеджеров с использованием Microsoft® Excel. 4 изд.: Пер. с англ. / Д. М Левин, Д. Стефан, Т. С Кребиль, М. Л. Беренсон. – М.: "Вильямс", 2004. – 1312 с. (Le-vine D.M. et al. Statistics for Managers Using Microsoft® Excel. 4th Ed. – Prentice Hall, 2002)

88. Макино Т. Контроль качества с помощью персональных компьютеров. – Пер. с японск. А.Б. Орфенова; под ред. Ю.П. Адлера. / Т. Макино, М. Охаси, Х Докэ, К Макино. – М.: Машиностроение, 1991. – 224 с.; С.166-174

89. Мердок Дж. Контрольные карты/Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1986.– 152 с. (J. Murdoch. Control Charts. – The Macmillan Press Ltd, 1979.)

90. Митрохин, И.Н. Обнаружение разладки с помощью контрольных карт / И.Н. Митрохин, А.И. Орлов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2007. - Т.73. №5. - С.74-78.



91. Миттаг Х.- Й. Статистические методы обеспечения качества/Пер. с нем. / Х.-Й. Миттаг, Х. Ринне. – М.: Машиностроение, 1995. – 616 с. (Н. Rinne, Н.-J. Mittag. Statistische Methoden der Qualitätssicherung. – Hanser, 1993)
92. Натальченко, Н.В. Применение статистических методов при оценке результативности процесса производства мяса бройлеров / Н.В. Натальченко // Все о качестве (Отечественный опыт). – 2009. - Вып.58. - С. 79-86.
93. Непомилуев, В.В. Контрольные карты Шухарта как инструмент управления негауссовыми процессами / В.В. Непомилуев, И.В. Дюпин // Методы менеджмента качества. – 2005. - №9. - С. 34-38.
94. Нив, Г. Пространство доктора Деминга: Принципы построения устойчивого бизнеса / Г. Нив. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. –370 с. (Н. Neave. The Deming Dimension. – SPC Press, 1990.)
95. Ноулер Л., Хауэлл Дж., Голд Б. и др. /Пер. с англ. Статистические методы контроля качества продукции. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 104 с. (L.A. Knowler et al. Quality Control by Statistical Methods. – McGraw-Hill Book Company, 1969)
96. Применение статистических методов для рабочих: Практическое руководство. – Нижний Новгород: Нижегородский НИЦ КД. СМЦ «Приоритет», 2002. - 29 с.
97. Просветов, Г.И. Теория вероятностей и математическая статистика: задачи и решения / Г.И. Просветов. - М.: Альфа-Пресс, 2009. – С. 203-216.
98. Просто о сложном. Введение в статистический контроль качества производственного процесса. – Серия "Все о качестве. Зарубежный опыт." – М.: НТК "Трек", 2000. – 21 с.
99. Розенталь, Р.М. Почему в российских компаниях так мало SPC? / Р.М. Розенталь //Методы Менеджмента Качества. – 2010. - №2. - с.41-45.
100. Сархан, А. Введение в теорию порядковых статистик / А. Сархан, Б. Гринберг. - М: Статистика, 1970 – 414 с.
101. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019667751 Российская Федерация. Статистическая обработка больших

данных, полученных с помощью современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса : № 2019666379 : заявл. 12.12.2019 : опубл. 26.12.2019 / А. В. Козлова, Л. А. Амачиев, А. В. Капитанов, А. Н. Феофанов ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

102. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614035 Российская Федерация. Программный модуль, оценивающий пригодность технологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств "SPC StatPRO": № 2016662547: заявл. 18.11.2016: опубл. 05.04.2017 / В.Г. Митрофанов, С.А. Тясто, А.В. Капитанов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

103. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613820 Российская Федерация. Программный модуль оценки возможностей процесса и индексов воспроизводимости и пригодности процесса экспериментального образца комплекса программных средств "SPC StatPRO": № 2016662600: заявл. 18.11.2016: опубл. 03.04.2017 / В.Г. Митрофанов, С.А. Тясто, А.В. Капитанов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

104. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613821 Российская Федерация. Программный модуль, оценивающий пригодность технологического процесса экспериментального образца комплекса программных средств "SPC StatPRO": № 2016662603: заявл. 18.11.2016: опубл. 03.04.2017 / В.Г. Митрофанов, С.А. Тясто, А.В. Капитанов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

105. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614198 Российская Федерация. Программный модуль для выбора инновационного метрологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств "SPC StatPRO": № 2016662503: заявл. 18.11.2016: опубл. 07.04.2017 / В.Г. Митрофанов, С.А. Тясто, А.В. Капитанов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».

106. Святловский, Е.Е. Занимательная статистика / Е.Е. Святловский. – Ленинград: Кооперативное изд-во "Время", 1933. – 240 с.

107. Седдон, Дж. Свобода от приказов и контроля. Путь к эффективному сервису / Дж. Седдон. – М.: РИА "Стандарты и качество", 2009. – 232 с.

108. Сигел Э. Ф. Практическая бизнес-статистика. 4 изд.: Пер. с англ. – М.: "Вильямс", 2002. – 1056 с. (Siegel A.F. Practical Business Statistics. 4th Ed. – McGraw-Hill, 2000)

109. Скворцов, Н. И. Контроль нарушений на промышленном предприятии за счет внедрения автоматизированной системы менеджмента качества / Н.И. Скворцов, А.А. Сеничев, А.В. Козлова // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 14 февраля 2020 года / Редколлегия: А.А. Горохов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 296-298.

110. Статистические методы повышения качества/Под ред. Х. Куме. Перевод с англ. Адлера Ю. П., Конаревой Л. А. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с. (Hitoshi Kume. Statistical methods for quality improvement. – AOTS, 1985)

111. Статистическое управление процессами. SPC: Ссылочное руководство. – Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2006. - 224 с.

112. Статистическое управление технологическим процессом (методическое пособие). - Серия "Все о качестве. Отечественные разработки." – М.: НТК "Трек", 2001. – 60 с.

113. Уилер Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. Пер. с англ. / Д. Уилер, Д. Чамберс. – М: Альпина Бизнес Букс, 2009. - 409 с. (Wheeler D. J., Chambers D. S. Understanding Statistical Process Control. 2nd Ed. – SPC Press, 1992).
114. Хастингс, Н. Справочник по статистическим распределениям / Н. Хастингс, Дж. Пикок – М.: Статистика, 1980. – 95 с.
115. Хэнсен Б.Л. Контроль качества. Теория и применения. Пер. с англ.; Под ред. А.К. Шубникова. - М.: Прогресс, 1968. - 415 с. (Quality control: theory and applications / Bertrand L. Hansen. - Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1963.)
116. Шор, Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности / Я.Б. Шор. – М.: Сов. Радио, 1962. – 552с.
117. Шпер, В.Л. Ещё раз о контрольных картах и вокруг них. Размышления по поводу одной заокеанской дискуссии / В.Л. Шпер // Надежность и контроль качества. – 1998. - №10, с.3-13.
118. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с. (R. Storm. Wahrscheinlichkeitsrechnung Mathematische Statistik Statistische Qualitätskontrolle. – VEB Fachbuchverlag, 1957).
119. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа: Сб. статей: Пер. с англ./Предисловие Ю.П. Адлера, Ю.А. Кошевника. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 263 с.
120. Эффективность государственного управления. – Пер. С англ.; Общ. Ред. С. А. Батчикова и С. Ю. Глазьева. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», Российский экономический журнал, Издательство АО «Консалтбанкир», 1998. – 848 с.; ККШ – С. 707-734.
121. Юнак, Г.Л. Об интерпретации серий на контрольных картах / Г.Л. Юнак, В.Е. Годлевский, А.Н. Плотников // Методы менеджмента качества. – 2005. - №4. - С. 41-48.
122. Aroian, L.A. The Effectiveness of Quality Control Charts / L.A. Aroian, H. Levene // Journal of the American Statistical Association, 1950. -vol.45. - pp.520-529.

123. Balestracci, D. Data Sanity: A Quantum Leap to Unprecedented Results / D. Balestracci. - Medical Group Management Association, 2009. – 304 P.
124. Bare, I.L. The Self-Instructional Route to Statistical Process Control / I.L. Bare, B.F. Bare. - Milwaukee, ASQ Quality Press, 1991. –166 P.
125. Bisgaard, S. Checking Stability with the Variogram / S. Bisgaard, M. Kulahci. - Quality Engineering, 2005. - vol. 17. - p.323-327.
126. Bisgaard, S. Must a Process Be in Statistical Control before Conducting Designed Experiments? With Discussion / S. Bisgaard. - Quality Engineering, 2008. - vol.20. - p. 143-176.
127. Box, G. Rethinking Statistics for Quality Control / G. Box, S. Narasimhan. - Quality Engineering, 2010. - vol. 22. - p.60-72.
128. Box, G. Selection of Sampling Intervals and Action Limit for Discrete Feedback Adjustment / G. Box, A. Luceno – New York. – Wiley. – 1994.
129. Box, G. Statistical Process Monitoring and Feedback Adjustment: A Discussion / G. Box, T. Kramer. - Technometrics, 1992. - vol. 34(3). - p. 251-267.
130. Carey, R.G. Improving Healthcare with Control Charts: Basic and Advanced SPC Methods and Case Studies / R.G. Carey. - ASQ Quality Press, Milwaukee, WI. – 2003.
131. Carey, R.G. Quality with Confidence in Healthcare: A Practical Guide to Quality Improvement in Healthcare/ R.G. Carey, R.C. Lloyd – N.Y., SPSS Inc., 1997. – 218 P.
132. Chakraborti, S. Phase I Statistical Process Control Charts: An Overview and Some Results / S. Chakraborti, S.W. Human, M.A. Graham. - Quality Engineering, 2009. - v.21. - pp.52-62.
133. Cox, D.R. The mean and coefficient of variation of range in small samples from nonnormal populations/ D.R. Cox. - Biometrika, 1954. - v.41. - pp.469-481.
134. Davis, R.B. Performance of the Control Chart Trend Rule Under Linear Shift / R.B. Davis, W.H. Woodall // Journal of Quality Technology. – 1988. - vol.20, No.4 (Oct.). - pp.260-262.
135. Duncan, A.J. The economic design of x-chart used to maintain current

control of the 16 process / A.J.Duncan // J. Amer. Stat. Association. – 1956. - v.51, #274. - pp.228-242.

136. Egorov, S. Application problems of process capability evaluation methods in modern quality assurance systems / S. Egorov, A. Kapitanov, A. Kozlova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. – Sevastopol: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 033054. – DOI 10.1088/1757-899X/709/3/033054.

137. Fisher, R.A. Statistical Methods for Research Workers / R.A. Fisher. - London, Olive and Boyd. – 1925.

138. Gitlow, H.S. Viewing statistics from a quality control perspective / H.S. Gitlow // International Journal of Quality & Reliability Management. – 2001. - vol.18, N0.2. - pp.169-179.

139. Hahn, G. The role of statistics in business and industry / G. Hahn, N. Doganaksoy. – John Wiley & Sons, Inc., 2008. – 344 P.

140. Hart, M.K. Statistical Process Control for Health Care /M.K. Hart, R.F. Hart. -Duxbury, Pacific Grove, CA. – 2002.

141. Hawkins, D.M. A Nonparametric Change-Point Control Chart / D.M. Hawkins, Q. Deng // Journal of Quality Technology. – 2010. - v.42, No.2. - pp.165-173.

142. Hawkins, D.M. Combined Charts for Mean and Variance Information / D.M. Hawkins, Q. Deng // Journal of Quality Technology. – 2009. - v.41, No.4. - pp.415-425.

143. Hawkins, D.M. The Changepoint Model for Statistical 22 Process Control / D.M. Hawkins, Peihua Qiu, Chang Wook Kang // Journal of Quality Technology. – 2003. - vol.35, No.4 (October). - pp.355-366.

144. Hoerl, R. Statistical thinking: improving business performance / R. Hoerl, R. Snee. – Duxbury, 2002. – 529 P.

145. Hoyer, R.W. A Graphical Exploration of SPC. Part 1: SPC's definitions and procedures / R.W. Hoyer, W.C. Ellis // Quality Progress. – 1996. - vol.29, #5. - pp.65-73.

146. Hoyer, R.W. A Graphical Exploration of SPC. Part 2: The Probability Structure of Rules for Interpreting Control Charts / R.W. Hoyer, W.C. Ellis // *Quality Progress*. – 1996. - vol.29, #6. -pp.57-64.
147. *Industrial Quality Control*, v.10, pp.62-64.
148. ISO 8258:1991(E). - Shewhart control charts.
149. Jensen, W.A. Effects of Parameter Estimation on Control Chart Properties: A Literature Review/ W.A. Jensen, L. A. Jones-Farmer, Ch. W. Champ, W. H. Woodall // *Journal of Quality Technology*. – 2006. -vol.38, No.4. - pp.349-364.
150. Juran, J.M. Early SQC: A Historical Supplement / J.M. Juran. - *Quality Progress*, Sept., 1997. – pp. 73-81.
151. Kanji, G.K. Arif. *Statistical Process Control: A New Approach* / G.K. Kanji, Osama Hasan. – Wisdom House, 2003. – 186 P.
152. Kapitanov, A. The information model of the modern digital production / A. Kapitanov, A. Kozlova, S. Tyasto // *MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 сентября 2018 года*. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 02065. – DOI 10.1051/matecconf/201822402065.
153. Katsuya Hosotani. *The QC Problem Solving Approach. Solving Workplace Problems, the Japanese Way*. – Tokyo, 3A Corporation, 1989. – 170 P.
154. Laney, D. *Improved Control Charts for Attributes* / D. Laney. – *Quality Engineering*, 2002, v.14(4), P.531-537.
155. Levinson, W.A. *Transparency Masters to Accompany SPC Essentials and Productivity Improvements: A Manufacturing Approach* / W.A. Levinson, F. Tumbelty. - Milwaukee, ASQ Quality Press, 1997. – 408 P.
156. Mahmoud M.A., Henderson G.R., Epprecht E.K., and Woodall W.H. Estimating the Standard Deviation in Quality Control Applications. – *Journal of Quality Technology*, 2010, vol.42, No.4 (October), pp.348-357.
157. Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th Ed /D.C. Montgomery. – John Wiley & Sons, 2009. – 734 P.
158. Montgomery, D.C. *Journal of Quality Technology Has Practical Value*

/D.C. Montgomery, P.R. Nelson // Quality Progress. – 1997. - vol.30, #3. - pp.10-11.

159. Morton, A. (ed.). Methods for Hospital Epidemiology and Healthcare Quality Improvement. - eICAT, 2005.

160. Neave, G. There's nothing normal about SPC! / G. Neave // Training for Quality. -1997. - vol.5, #3. - pp.106-111.

161. Nelson, L.S. The Shewhart Control Chart – Tests for Special Causes / L.S. Nelson //Journal of Quality Technology. – 1984. - vol.16, No.4 (October). - pp.237-239.

162. Nelson, L.S. When Should the Limits on a Shewhart Control Chart Be Other Than a Center Line  $\pm 3$ -Sigma? / L.S. Nelson. – J. Quality Technology, 2003, v.35(4), pp.424-425.

163. Ott, E.R. Process quality control: troubleshooting and interpretation of data / E.R. Ott, E.G. Schilling, D.V. Neubauer.– N.Y., McGraw-Hill (3rd Ed.), 2000. – 600 P.

164. Page, E.S. Continuous Inspection Schemes / E.S. Page. – Biometrics, 1954. - vol. 41(1). -pp.100-115.

165. Page, E.S. Control charts for the mean of a normal population/ E.S. Page // Journal of the Royal Statistical Society. - ser.B. – 1954. - v.16. - pp.131-135.

166. Palm, A. Discussion / A. Palm // Journal of Quality Technology. -2000. - vol.32, No.4 (October). -pp.356- 360.

167. QI Story: Tools and Techniques – QUALTEC QUALITY SERVICES, 1991. – 150 P.

168. Quesenberry, C. The Effect of Sample Size on Estimated Limits for X and X Control Charts / C. Quesenberry // Journal of Quality Technology. – 1993. -vol.25, No.4 (October). - pp.237-247.

169. Rigdon, S.E. Cruthis E.N. Champ C.W. Design Strategies for Individuals and Moving Range Control Charts / S.E. Rigdon, E.N. Cruthis, C.W. Champ // Journal of Quality Technology. – 1994. - vol.26, No.4 (Oct.). - pp.274-287.

170. Roberts, S.W. Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages /S.W. Roberts. – Technometrics, 1959, vol.42(1), p.97-102.

171. Saniga, E.M. Economic Statistical Control Chart Design with an



Application to  $\bar{x}$  and R Charts /E.M. Saniga. – Technometrics, 1989, v.31(3), pp.313-320.

172. Shewhart, W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product / W.A. Shewhart . – ASQ (republished), 1980. – 501 P.

173. Shewhart, W.A. Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control / W.A. Shewhart. – N.Y., Dover Publications, Inc., (republished), 1986. – 160 P.

174. Sullivan, J.H. A Control Chart for Preliminary Analysis of Individual Observations / J.H. Sullivan, W.H. Woodall // Journal of Quality Technology. – 1996. - vol.28, No.3 (July). - pp.265-278.

175. The Memory Jogger A Pocket Guide of Tools for Continuous Improvement. – GOAL/QPC, 1988. – 90 P.

176. Turner, R. The Red Bead Experiment for Educators/ R. Turner. - Quality Progress, June, 1988 – pp.69-74.

177. Walker, E. False Signal Rates for the Shewhart Control Chart with Supplementary Runs Tests/ E. Walker, J. W. Philpot, J. Clement // Journal of Quality Technology. – 1991. - vol.23, No.3 (July). - pp.247-252.

178. Western Electric. Statistical Quality Control Handbook. – Western Electric Corp. – 1956.

179. Wheeler, D. EMP III. Using Imperfect Data/ D. Wheeler. – SPC Press, 2006. – 316 P.

180. Wheeler, D. J. Advanced Topics in Statistical Process Control. The Power of Shewhart's Charts/ D. Wheeler. – SPC Press, 1995. – 470 P.

181. Wheeler, D. Understanding variation. The Key to Managing Chaos / D. Wheeler. – SPC Press, 1993. - 136 P.

182. Wise, S.A. Innovative control charting: practical SPC solutions for today's manufacturing environment/ S.A. Wise, D.C. Fair.– Milwaukee, ASQ Quality Press, 1998. – 292 P.

183. Woodall, W.H. Autocorrelated Data And SPC /W.H. Woodall, F.W. Faltin // ASQC Statistics Division Newsletter. – 1993. - v.13, #4. - pp.18-21.

184. Woodall, W.H. Conflicts Between Deming's Philosophy and the Economic

Design of Control Charts / W.H. Woodall. – Frontiers in Statistical Quality Control, 3rd Ed., Vienna, 1987. – pp.242-248.

185. Woodall, W.H. Control Charts Based on Attribute Data: Bibliography and Review /W.H. Woodall // Journal of Quality Technology. – 1997. - vol.29, No.2. - pp.172-183.

186. Woodall, W.H. Controversies and Contradictions in Statistical Process Control / W.H. Woodall // Journal of Quality Technology. – 2000. - vol.32, No.4 (October). - pp.341-350.

187. Woodall, W.H. Research Issues and Ideas in Statistical Process Control / W.H. Woodall, D.C. Montgomery, // Journal of Quality Technology. -1999. -vol.31, No.4 (October). - pp.376-386.

188. Woodall, W.H. Statistical process control with several components of common cause variability / W.H. Woodall, E.V. Thomas,. – IIE Transactions, 1995, vol.27, pp.757-764.

189. Woodall, W.H. Use of Control Charts in Health Care Monitoring and Public Health Surveillance (with discussion) /W.H. Woodall // Journal of Quality Technology. -2006. - vol.38, No.1. - pp.89-104.

190. Woodall, W.H. Using Ranges to Estimate Variability / W.H. Woodall, D.C. Montgomery. – Quality Engineering, 2001, vol.13(2), pp.211-217.

191. Woodall, W.H. Weakness of the Economic Design of Control Charts /W.H. Woodall. – Letter to the Editor, Technometrics, 1986, v.28(4), pp.408-409.

192. Zhang Hang, et al. Determining Statistical Process Control Baseline Periods in Long Historical Data Streams / Zhang Hang, S.L. Albin, S.R. Wagner // Journal of Quality Technology. – 2010. - v.42, No.1. - pp.21-35.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А Фрагмент исходного текста программы оценки  
возможностей процесса и индексов воспроизводимости**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ**

Программный модуль оценки возможностей процесса и индексов  
воспроизводимости и пригодности процесса экспериментального образца  
комплекса программных средств «SPC StatPRO»

```
TfmEvaluationTP = class(TForm)
Con: TADOConnection;
RzPanel1: TRzPanel;
RzPanel2: TRzPanel;
RzBitBtn1: TRzBitBtn;
cxEditRepository1: TcxEditRepository;
cxStyleRepository1: TcxStyleRepository;
cxStyle_Grey: TcxStyle;
GridBandedTableViewStyleSheetDevExpress: TcxGridBandedTableViewStyleSheet;
q_IP: TADOQuery;
ds_IP: TDataSource;
q_IPID_IP: TIntegerField;
q_IPIzmeryaemiy_Priznak: TWideStringField;
lkcb_d_IP: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;
cxGrid1: TcxGrid;
cxGrid1DBTableView1: TcxGridDBTableView;
cxGrid1Level1: TcxGridLevel;
RzPanel4: TRzPanel;
RzDBNavigator1: TRzDBNavigator;
RzPanel5: TRzPanel;
RzPanel3: TRzPanel;
RzPanel7: TRzPanel;
```

RzPanel10: TRzPanel;  
Label14: TLabel;  
cb\_SelectionSize: TcxEditRepositoryComboBoxItem;  
q\_RightSolutionsMI\_Import: TADOQuery;  
ds\_RightSolutionsMI\_Import: TDataSource;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportID: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportID\_IS: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportSredstvo\_Izmereniya: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportU1e: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportU2e: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportID\_IP: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportIzmeryaemiy\_Priznak: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportT: TFloatField;  
q\_RightSolutionsMI\_ImportID\_Resheniye: TFloatField;  
3  
q\_RightSolutionsMI\_ImportResheniye: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTP\_Import: TADOQuery;  
ds\_RightSolutionsTP\_Import: TDataSource;  
q\_RightSolutionsTE\_Import: TADOQuery;  
ds\_RightSolutionsTE\_Import: TDataSource;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportID\_AD: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportID\_Measure: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportMeasureCode: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportID\_IP: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportIzmeryaemiy\_Priznak: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportID\_Distribution: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportDistributionLaw: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportNormalDistributionLaw: TBooleanField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportUpperSpecificationLimit: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportLowerSpecificationLimit: TFloatField;

q\_RightSolutionsTP\_ImportTolerance: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportX\_average: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportSigma: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportLp\_0\_135: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportM\_50: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportUp\_99\_865: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportCpl: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportCpu: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportCpk: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportCp: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportID\_Availability: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTP\_ImportAvailability: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportID\_AD: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportID\_Measure: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportMeasureCode: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportID\_IP: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportIzmeryaemiy\_Priznak: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportID\_Distribution: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportDistributionLaw: TWideStringField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportNormalDistributionLaw: TBooleanField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportUpperSpecificationLimit: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportLowerSpecificationLimit: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportTolerance: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportX\_average: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportSigma: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportLp\_0\_135: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportM\_50: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportUp\_99\_865: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportPpl: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportPpu: TFloatField;

q\_RightSolutionsTE\_ImportPpk: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportPp: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportID\_Availability: TFloatField;  
q\_RightSolutionsTE\_ImportAvailability: TWideStringField;  
q\_KK: TADOQuery;  
ds\_KK: TDataSource;  
q\_KKID\_KK: TAutoIncField;  
4  
q\_KKFK\_ID\_IP: TIntegerField;  
q\_KKKK\_Code: TWideStringField;  
q\_KKKK\_SelectionSize: TWordField;  
q\_KKXss: TFloatField;  
q\_KKSs: TFloatField;  
q\_KKA3: TFloatField;  
q\_KKB3: TFloatField;  
q\_KKB4: TFloatField;  
q\_KKUCLX: TFloatField;  
q\_KKLCLX: TFloatField;  
q\_KKUCLS: TFloatField;  
q\_KKLCLS: TFloatField;  
q\_KKVGSTx: TFloatField;  
q\_KKVGSTs: TFloatField;  
q\_KKNGSTx: TFloatField;  
q\_KKNGSTs: TFloatField;  
q\_KKIsProcessStable: TBooleanField;  
q\_KK\_Selection: TADOQuery;  
ds\_KK\_Selection: TDataSource;  
Label15: TLabel;  
RzPanel11: TRzPanel;  
cxGrid4: TcxGrid;

cxGridDBTableView3: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel3: TcxGridLevel;  
cxGridDBTableView3MeasureCode: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3DistributionLaw: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3NormalDistributionLaw: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3UpperSpecificationLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3LowerSpecificationLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Tolerance: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3X\_average: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Sigma: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Lp\_0\_135: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3M\_50: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Up\_99\_865: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Ppl: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Ppu: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Ppk: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Pp: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView3Availability: TcxGridDBColumn;  
RzPanel13: TRzPanel;  
cxGrid5: TcxGrid;  
cxGridDBTableView4: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel4: TcxGridLevel;  
cxGridDBTableView4MeasureCode: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4DistributionLaw: TcxGridDBColumn;  
5  
cxGridDBTableView4NormalDistributionLaw: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4UpperSpecificationLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4LowerSpecificationLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Tolerance: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4X\_average: TcxGridDBColumn;

cxGridDBTableView4Sigma: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Lp\_0\_135: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4M\_50: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Up\_99\_865: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Cpl: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Cpu: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Cpk: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Cp: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView4Availability: TcxGridDBColumn;  
RzDBNavigator2: TRzDBNavigator;  
RzDBNavigator3: TRzDBNavigator;  
RzDBNavigator4: TRzDBNavigator;  
q\_KK\_SelectionID\_X: TAutoIncField;  
q\_KK\_SelectionFK\_ID\_KK: TIntegerField;  
q\_KK\_SelectionKK\_Number: TSmallintField;  
q\_KK\_SelectionX1: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionX2: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionX3: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionX4: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionX5: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionX\_sred: TFloatField;  
q\_KK\_SelectionS: TFloatField;  
q\_d\_IP: TADOQuery;  
IntegerField1: TIntegerField;  
WideStringField1: TWideStringField;  
ds\_d\_IP: TDataSource;  
cxGrid3: TcxGrid;  
cxGridDBTableView2: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel2: TcxGridLevel;  
cxGridDBTableView2KK\_Number: TcxGridDBColumn;



cxGridDBTableView2X1: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2X2: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2X3: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2X4: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2X5: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2X\_sred: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2S: TcxGridDBColumn;  
RzPanel6: TRzPanel;  
cxGrid6: TcxGrid;  
cxGridDBTableView5: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel5: TcxGridLevel;  
RzPanel12: TRzPanel;  
6  
cxGridDBTableView5B4: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5UCLX: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5LCLX: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5UCLS: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5LCLS: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5VGSTx: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5VGSTs: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5NGSTx: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5NGSTs: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView5IsProcessStable: TcxGridDBColumn;  
Label1: TLabel;  
cb\_YesNo: TcxEditRepositoryComboBoxItem;  
cxDBComboBox1: TcxDBComboBox;  
q\_d\_Pp\_Cp\_Availability: TADOQuery;  
q\_d\_Pp\_Cp\_AvailabilityID\_Availability: TIntegerField;  
q\_d\_Pp\_Cp\_AvailabilityAvailability: TWideStringField;  
q\_d\_Pp\_Cp\_AvailabilityLowerLimit: TFloatField;

```

q_d_Pp_Cp_AvailabilityUpperLimit: TFloatField;
ds_d_Pp_Cp_Availability: TDataSource;
cxGroupBox1: TcxGroupBox;
EdCpk: TcxTextEdit;
EdPp: TcxTextEdit;
EdPpk: TcxTextEdit;
cxTextEdit1: TcxTextEdit;
RzBitBtn2: TRzBitBtn;
EdCp: TcxTextEdit;
7
RzPanel10.Enabled := not(cxDBComboBox1.EditingValue);
for I := 0 to cxGroupBox1.ControlCount - 1 do
cxGroupBox1.Controls[I].Enabled := not(cxDBComboBox1.EditingValue);
for I := 0 to cxGroupBox2.ControlCount - 1 do
cxGroupBox2.Controls[I].Enabled := not(cxDBComboBox1.EditingValue);
If (cxDBComboBox1.EditingValue) and (CB1PopUp) then
ShowMessage('Процесс стабилен!');
end;
CB1PopUp := false;
end;
procedure TfmEvaluationTP.cxDBComboBox1PropertiesPopup(Sender: TObject);
begin
CB1PopUp := True;
end;
procedure TfmEvaluationTP.cxDBLookupComboBox1PropertiesChange(Sender:
TObject);
begin
cxDBLookupComboBox1.PostEditValue;
If q_RightSolutionsMI_Import.RecordCount = 0 then

```

```
ShowMessage('Нет пригодных средств измерения для данного измеряемого признака!');
If q_RightSolutionsTE_Import.RecordCount = 0 then
ShowMessage('Нет пригодного технологического оборудования для данного измеряемого признака!');
If q_RightSolutionsTP_Import.RecordCount = 0 then
ShowMessage('Нет воспроизводимого технологического процесса для данного измеряемого признака!');
end;
procedure TfmEvaluationTP.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Dir:= ExtractFileDir ( ParamStr(0) );
Con.ConnectionString:='Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source='+
8
Dir+'\DBEvaluationTP.mdb;Persist Security Info=False';
sql:= cl_sql.Create(Con, false);
q_IP.Open;
q_RightSolutionsMI_Import.Open;
q_RightSolutionsTP_Import.Open;
q_RightSolutionsTE_Import.Open;
q_KK.Open;
q_KK_Selection.Open;
q_d_IP.Open;
q_d_Pp_Cp_Availability.Open;
end;
procedure TfmEvaluationTP.FormDestroy(Sender: TObject);
begin
q_IP.Close;
q_RightSolutionsMI_Import.Close;
q_RightSolutionsTP_Import.Close;
```

```

q_RightSolutionsTE_Import.Close;
q_KK.Close;
q_KK_Selection.Close;
q_d_IP.Close;
q_d_Pp_Cp_Availability.Close;
end;
procedure TfmEvaluationTP.RzBitBtn1Click(Sender: TObject);
var i, n, Ns: integer;
    Xs, S, Xss, Ss, A_x, A_s: real;
begin
    If q_KK_Selection.RecordCount = 0 then Exit;
    //Расчет Xs и S
    cxGrid3.BeginUpdate;
    q_KK_Selection.First;
    Xss := 0;
    Ss := 0;
    Ns := q_KK_Selection.RecordCount;
    For i:= 0 to Ns - 1 do
    begin
        q_KK_Selection.Edit;
        n := q_KKKK_SelectionSize.AsInteger;
        Xs := q_KK_SelectionX1.AsFloat + q_KK_SelectionX2.AsFloat +
            q_KK_SelectionX3.AsFloat +
            q_KK_SelectionX4.AsFloat;
        If n = 5 then Xs := Xs + q_KK_SelectionX5.AsFloat;
        Xs := Xs / n;
        q_KK_SelectionX_sred.AsFloat := Xs;
        S := sqr(q_KK_SelectionX1.AsFloat - Xs) + sqr(q_KK_SelectionX2.AsFloat - Xs) +
            sqr(q_KK_SelectionX3.AsFloat - Xs) + sqr(q_KK_SelectionX4.AsFloat - Xs);
    end;
end;

```

```

If n = 5 then S := S + sqr(q_KK_SelectionX5.AsFloat - Xs);
S := sqrt(s / n);
q_KK_SelectionS.AsFloat := S;
Xss := Xss + Xs;
Ss := Ss + S;
q_KK_Selection.Post;
q_KK_Selection.Next;
end;
cxGrid3.EndUpdate;
//Расчет остальных параметров КК
cxGrid6.BeginUpdate;
q_KK.Edit;
Xss := Xss / Ns;
q_KKXss.AsFloat := Xss;
Ss := Ss / Ns;
q_KKSs.AsFloat := Ss;
q_KKUCLX.AsFloat := Xss + q_KKA3.AsFloat * Ss;
q_KKLCLX.AsFloat := Xss - q_KKA3.AsFloat * Ss;
q_KKUCLS.AsFloat := q_KKB4.AsFloat * Ss;
q_KKLCLS.AsFloat := q_KKB3.AsFloat * Ss;
A_x := (q_KKUCLX.AsFloat - Xss) / 3;
A_s := (q_KKUCLS.AsFloat - Ss) / 3;
q_KKVGSTx.AsFloat := Xss + A_x;
q_KKNGSTx.AsFloat := Xss - A_x;
q_KKVGSTs.AsFloat := Ss + A_s;
q_KKNGSTs.AsFloat := Ss - A_s;
q_KK.Post;
cxGrid6.EndUpdate;
ShowMessage('Данные контрольной карты успешно обработаны.' + #13#10 +

```

```

'Дальнейший анализ наличия нарушений критериев стабильности процесса'
+#13#10 +
'производится по построенному графику результатов выборок.');
```

end;

```

procedure TfmEvaluationTP.RzBitBtn2Click(Sender: TObject);
var i: integer;
PpCp: real;
begin
//Определяем стабильность
//1 - Процесс НЕ стабилен
//2 - Процесс УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО стабилен
10
//3 - Процесс стабилен
For i := 1 to 3 do
begin
q_d_Pp_Cp_Availability.Locate('ID_Availability', i, []);
PpCp := (StrToFloat(EdPp.Text) / StrToFloat(EdCp.Text));
If (q_d_Pp_Cp_AvailabilityLowerLimit.AsFloat < PpCp)
and (PpCp <= q_d_Pp_Cp_AvailabilityUpperLimit.AsFloat)
then cxTextEdit1.Text := q_d_Pp_Cp_AvailabilityAvailability.AsString;
end;
edPpCp.Text := FloatToStr(PpCp);
ShowMessage('Стабильность процесса успешно рассчитана!');
end;
end.
```

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б Фрагмент исходного текста программы оценки  
пригодность технологического процесса**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ**

Программный модуль, оценивающий пригодность технологического процесса  
экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO»

type

TfmCheckTP = class(TForm)

Con: TADOConnection;

q\_Measure: TADOQuery;

ds\_Measure: TDataSource;

q\_MeasureResults: TADOQuery;

ds\_MeasureResults: TDataSource;

RzPanel1: TRzPanel;

RzPanel2: TRzPanel;

CheckProcessing: TRzBitBtn;

q\_AvailabilityDecision: TADOQuery;

cxEditRepository1: TcxEditRepository;

ds\_AvailabilityDecision: TDataSource;

cxStyleRepository1: TcxStyleRepository;

cxStyle\_Grey: TcxStyle;

GridBandedTableViewStyleSheetDevExpress: TcxGridBandedTableViewStyleSheet;

q\_MeasureID\_Measure: TAutoIncField;

q\_MeasureFK\_ID\_IP: TIntegerField;

q\_MeasureMeasureCode: TWideStringField;

q\_MeasureFK\_ID\_Distribution: TIntegerField;

q\_MeasureUpperSpecificationLimit: TFloatField;

q\_MeasureLowerSpecificationLimit: TFloatField;

q\_MeasureTolerance: TFloatField;

q\_MeasureResultsID\_X: TAutoIncField;  
q\_MeasureResultsValue\_X: TFloatField;  
q\_MeasureResultsFK\_ID\_Measure: TIntegerField;  
q\_d\_IP: TADOQuery;  
ds\_d\_IP: TDataSource;  
q\_d\_DistributionLaw: TADOQuery;  
ds\_d\_DistributionLaw: TDataSource;  
q\_d\_Availability: TADOQuery;  
ds\_d\_Availability: TDataSource;  
q\_d\_IPID\_IP: TIntegerField;  
q\_d\_IPIzmeryaemiy\_Priznak: TWideStringField;  
q\_d\_DistributionLawID\_Distribution: TIntegerField;  
q\_d\_DistributionLawDistributionLaw: TWideStringField;  
q\_d\_DistributionLawNormalDistributionLaw: TBooleanField;  
q\_d\_AvailabilityID\_Availability: TIntegerField;  
3  
q\_d\_AvailabilityAvailability: TWideStringField;  
q\_d\_AvailabilityLowerLimit: TFloatField;  
q\_d\_AvailabilityUpperLimit: TFloatField;  
lkcb\_IP: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
lkcb\_DistributionLaw: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
lkcb\_Availability: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
q\_AvailabilityDecisionID\_AD: TAutoIncField;  
q\_AvailabilityDecisionFK\_ID\_Measure: TIntegerField;  
q\_AvailabilityDecisionUp\_99\_865: TFloatField;  
q\_AvailabilityDecisionLp\_0\_135: TFloatField;  
q\_AvailabilityDecisionCpk: TFloatField;  
q\_AvailabilityDecisionCp: TFloatField;  
q\_AvailabilityDecisionFK\_ID\_Availability: TIntegerField;  
RzPanel4: TRzPanel;



RzDBNavigator1: TRzDBNavigator;  
RzPanel5: TRzPanel;  
RzPanel6: TRzPanel;  
RzDBNavigator2: TRzDBNavigator;  
RzPanel3: TRzPanel;  
cxGrid3: TcxGrid;  
cxGridDBTableView2: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel2: TcxGridLevel;  
RzPanel7: TRzPanel;  
cxGridDBTableView2Availability: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2LowerLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2UpperLimit: TcxGridDBColumn;  
RzPanel8: TRzPanel;  
cxDBTextEdit1: TcxDBTextEdit;  
Label11: TLabel;  
Label1: TLabel;  
cxDBTextEdit2: TcxDBTextEdit;  
cxDBTextEdit3: TcxDBTextEdit;  
Label2: TLabel;  
Label3: TLabel;  
cxDBCheckBox1: TcxDBCheckBox;  
cxDBTextEdit4: TcxDBTextEdit;  
q\_d\_DistributionLawForMeasure: TADOQuery;  
IntegerField1: TIntegerField;  
WideStringField1: TWideStringField;  
4  
BooleanField1: TBooleanField;  
ds\_d\_DistributionLawForMeasure: TDataSource;  
RzPanel9: TRzPanel;  
cxGroupBox1: TcxGroupBox;

```

cxDBTextEdit8: TcxDBTextEdit;
cxDBTextEdit9: TcxDBTextEdit;
cxDBTextEdit10: TcxDBTextEdit;
q_AvialabilityDecisionX_average: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionSigma: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionM_50: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionCpl: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionCpu: TFloatField;
RzPanel10: TRzPanel;
Label6: TLabel;
Label10: TLabel;
Label12: TLabel;
cxDBTextEdit11: TcxDBTextEdit;
cxDBTextEdit7: TcxDBTextEdit;
cxDBTextEdit12: TcxDBTextEdit;
cxDBTextEdit13: TcxDBTextEdit;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
cxDBTextEdit14: TcxDBTextEdit;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision: TADOQuery;
IntegerField2: TIntegerField;
WideStringField2: TWideStringField;
FloatField1: TFloatField;
FloatField2: TFloatField;
ds_d_AvailabilityForAvialabilityDecision: TDataSource;
5
cxGroupBox1.Controls[I].Enabled := cxDBCcheckBox1.Checked;
for I := 0 to cxGroupBox2.ControlCount - 1 do
cxGroupBox2.Controls[I].Enabled := not(cxDBCcheckBox1.Checked);
end;

```

```
procedure TfmCheckTP.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Dir:= ExtractFileDir ( ParamStr(0) );
Con.ConnectionString:='Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source='+
Dir+'\DBCheckTP.mdb;Persist Security Info=False';
sql:= cl_sql.Create(Con, false);
q_Measure.open;
q_MeasureResults.open;
q_AvialabilityDecision.open;
q_d_IP.open;
q_d_DistributionLaw.open;
q_d_Availability.open;
q_d_DistributionLawForMeasure.open;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision.open;
end;

procedure TfmCheckTP.FormDestroy(Sender: TObject);
begin
q_Measure.close;
q_MeasureResults.close;
q_AvialabilityDecision.close;
q_d_IP.close;
q_d_DistributionLaw.close;
q_d_Availability.close;
q_d_DistributionLawForMeasure.close;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision.close;
end;

procedure TfmCheckTP.q_MeasureAfterInsert(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureInsertRecord := True;
end;
```

6

```

procedure TfmCheckTP.q_MeasureAfterPost(DataSet: TDataSet);
begin
//Добавление строки в таблице AvialabilityDecision
If q_MeasureInsertRecord then
begin
q_AvialabilityDecision.Insert;
q_AvialabilityDecisionFK_ID_Measure.AsInteger :=
q_MeasureID_Measure.AsInteger;
q_AvialabilityDecision.Post;
q_MeasureInsertRecord:= false;
end;
end;

procedure TfmCheckTP.q_MeasureBeforePost(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat :=
q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat -
q_MeasureTolerance.AsFloat;
end;

procedure TfmCheckTP.q_MeasureResultsAfterInsert(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureResultsFK_ID_Measure.AsInteger := q_MeasureID_Measure.AsInteger;
end;

procedure TfmCheckTP.CheckProcessingClick(Sender: TObject);
var i: integer;
x_sred, Sigma, Cpl, Cpu, Cpk, Cp: real;
begin
If cxDBCheckBox1.Checked THEN //Нормальный закон распределения
begin
If q_MeasureResults.RecordCount = 0 then Exit;

```

```

cxGrid2.BeginUpdate;
q_AvialabilityDecision.Edit;
// расчитываем среднее значение X
x_sred := 0;
q_MeasureResults.First;
for I := 0 to q_MeasureResults.RecordCount - 1 do
begin
x_sred := x_sred + q_MeasureResultsValue_X.AsFloat;
q_MeasureResults.Next;
end;
x_sred := x_sred / q_MeasureResults.RecordCount;
q_AvialabilityDecisionX_average.AsFloat := x_sred;
//Расчитываем среднеквадратичное отклонение
Sigma := 0;
q_MeasureResults.First;
for I := 0 to q_MeasureResults.RecordCount - 1 do
begin
Sigma := Sigma + sqr(q_MeasureResultsValue_X.AsFloat - x_sred);
q_MeasureResults.Next;
end;
Sigma := sqrt(Sigma / q_MeasureResults.RecordCount);
q_AvialabilityDecisionSigma.AsFloat := Sigma;
//Расчитываем нижний показатель пригодности
Cpl := (x_sred - q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat) /
(3 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionCpl.AsFloat := Cpl;
//Расчитываем верхний показатель пригодности
Cpu := (q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat - x_sred) /
(3 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionCpu.AsFloat := Cpu;

```

```

//Расчитываем подтвержденный индекс пригодности
// Cpk = min(Cpl; Cpu)
If Cpl > Cpu then Cpk := Cpu
else Cpk := Cpl;
q_AvialabilityDecisionCpk.AsFloat := Cpk;
//Расчитываем индекс пригодности
Cp := q_MeasureTolerance.AsFloat / (6 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionCp.AsFloat := Cp;
q_AvialabilityDecision.Post;
end
ELSE //Отличный от нормального закон распределения
begin
q_AvialabilityDecision.Edit;
//Расчитываем нижний показатель пригодности
Cpl := (q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat -
q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat)
/
(q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat - q_AvialabilityDecisionLp_0_135.AsFloat);
q_AvialabilityDecisionCpl.AsFloat := Cpl;
//Расчитываем верхний показатель пригодности
Cpu := (q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat -
q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat) /
(q_AvialabilityDecisionUp_99_865.AsFloat - q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat);
q_AvialabilityDecisionCpu.AsFloat := Cpu;
//Расчитываем подтвержденный индекс пригодности
// Cpk = min(Cpl; Cpu)
If Cpl > Cpu then Cpk := Cpu
else Cpk := Cpl;
q_AvialabilityDecisionCpk.AsFloat := Cpk;
//Расчитываем индекс пригодности

```

```

Cp := q_MeasureTolerance.AsFloat /
(q_AvialabilityDecisionUp_99_865.AsFloat -
q_AvialabilityDecisionLp_0_135.AsFloat);
q_AvialabilityDecisionCp.AsFloat := Cp;
q_AvialabilityDecision.Post;
end;

//Определяем пригодность
q_AvialabilityDecision.Edit;
//1 - Процесс НЕ стабилен
//2 - Процесс УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО стабилен
//3 - Процесс стабилен
If Cp < Cp then
begin
For i := 1 to 3 do
begin
q_d_Availability.Locate('ID_Availability', i, []);
If (q_d_AvailabilityLowerLimit.AsFloat < Cp) and (Cp <=
q_d_AvailabilityUpperLimit.AsFloat)
then q_AvialabilityDecisionFK_ID_Availability.AsInteger := i;
end;
end
else q_AvialabilityDecisionFK_ID_Availability.AsInteger := 1;
q_AvialabilityDecision.Post;
cxGrid2.EndUpdate;
ShowMessage('Пригодность успешно рассчитана!');
end;
end.

```

**ПРИЛОЖЕНИЕ В Фрагмент исходного текста программы оценки  
пригодность технологического оборудования**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ**

Программный модуль, оценивающий пригодность технологического  
оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC  
StatPRO»

type

TfmCheckTE = class(TForm)

Con: TADOConnection;

q\_Measure: TADOQuery;

ds\_Measure: TDataSource;

q\_MeasureResults: TADOQuery;

ds\_MeasureResults: TDataSource;

RzPanel1: TRzPanel;

RzPanel2: TRzPanel;

CheckProcessing: TRzBitBtn;

q\_AvialabilityDecision: TADOQuery;

cxEditRepository1: TcxEditRepository;

ds\_AvialabilityDecision: TDataSource;

cxStyleRepository1: TcxStyleRepository;

cxStyle\_Grey: TcxStyle;

GridBandedTableViewStyleSheetDevExpress: TcxGridBandedTableViewStyleSheet;

q\_MeasureID\_Measure: TAutoIncField;

q\_MeasureFK\_ID\_IP: TIntegerField;

q\_MeasureMeasureCode: TWideStringField;

q\_MeasureFK\_ID\_Distribution: TIntegerField;

q\_MeasureUpperSpecificationLimit: TFloatField;

q\_MeasureLowerSpecificationLimit: TFloatField;



q\_MeasureTolerance: TFloatField;  
q\_MeasureResultsID\_X: TAutoIncField;  
q\_MeasureResultsValue\_X: TFloatField;  
q\_MeasureResultsFK\_ID\_Measure: TIntegerField;  
q\_d\_IP: TADOQuery;  
ds\_d\_IP: TDataSource;  
q\_d\_DistributionLaw: TADOQuery;  
ds\_d\_DistributionLaw: TDataSource;  
q\_d\_Availability: TADOQuery;  
ds\_d\_Availability: TDataSource;  
q\_d\_IPID\_IP: TIntegerField;  
q\_d\_IPIzmeryaemiy\_Priznak: TWideStringField;  
q\_d\_DistributionLawID\_Distribution: TIntegerField;  
q\_d\_DistributionLawDistributionLaw: TWideStringField;  
q\_d\_DistributionLawNormalDistributionLaw: TBooleanField;  
3  
q\_d\_AvailabilityID\_Availability: TIntegerField;  
q\_d\_AvailabilityAvailability: TWideStringField;  
q\_d\_AvailabilityLowerLimit: TFloatField;  
q\_d\_AvailabilityUpperLimit: TFloatField;  
lkcb\_IP: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
lkcb\_DistributionLaw: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
lkcb\_Availability: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;  
cxGrid1DBTableView1Tolerance: TcxGridDBCColumn;  
cxGrid1Level1: TcxGridLevel;  
RzPanel4: TRzPanel;  
RzDBNavigator1: TRzDBNavigator;  
RzPanel5: TRzPanel;  
RzPanel6: TRzPanel;  
RzDBNavigator2: TRzDBNavigator;

RzPanel3: TRzPanel;  
cxGrid3: TcxGrid;  
cxGridDBTableView2: TcxGridDBTableView;  
cxGridLevel2: TcxGridLevel;  
RzPanel7: TRzPanel;  
cxGridDBTableView2Availability: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2LowerLimit: TcxGridDBColumn;  
cxGridDBTableView2UpperLimit: TcxGridDBColumn;  
RzPanel8: TRzPanel;  
cxDBTextEdit1: TcxDBTextEdit;  
Label11: TLabel;  
Label1: TLabel;  
cxDBTextEdit2: TcxDBTextEdit;  
cxDBTextEdit3: TcxDBTextEdit;  
Label2: TLabel;  
Label3: TLabel;  
cxDBCheckBox1: TcxDBCheckBox;  
cxDBTextEdit4: TcxDBTextEdit;  
q\_d\_DistributionLawForMeasure: TADOQuery;  
IntegerField1: TIntegerField;  
WideStringField1: TWideStringField;  
BooleanField1: TBooleanField;  
ds\_d\_DistributionLawForMeasure: TDataSource;  
RzPanel9: TRzPanel;  
cxGroupBox1: TcxGroupBox;  
4  
cxDBTextEdit11: TcxDBTextEdit;  
cxDBTextEdit7: TcxDBTextEdit;  
cxDBTextEdit12: TcxDBTextEdit;  
cxDBTextEdit13: TcxDBTextEdit;

```

Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
cxDBTextEdit14: TcxDBTextEdit;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision: TADOQuery;
IntegerField2: TIntegerField;
WideStringField2: TWideStringField;
FloatField1: TFloatField;
FloatField2: TFloatField;
ds_d_AvailabilityForAvialabilityDecision: TDataSource;
q_AvialabilityDecisionID_AD: TAutoIncField;
q_AvialabilityDecisionFK_ID_Measure: TIntegerField;
q_AvialabilityDecisionX_average: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionSigma: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionM_50: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionUp_99_865: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionLp_0_135: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionPpl: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionPpu: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionPpk: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionPp: TFloatField;
q_AvialabilityDecisionFK_ID_Availability: TIntegerField;
5
cxGroupBox1.Controls[I].Enabled := cxDBCheckBox1.Checked;
for I := 0 to cxGroupBox2.ControlCount - 1 do
cxGroupBox2.Controls[I].Enabled := not(cxDBCheckBox1.Checked);
end;
procedure TfmCheckTE.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Dir:= ExtractFileDir ( ParamStr(0) );
Con.ConnectionString:='Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source='+

```

```
Dir+'\\DBCheckTE.mdb;Persist Security Info=False';
sql:= cl_sql.Create(Con, false);
q_Measure.open;
q_MeasureResults.open;
q_AvialabilityDecision.open;
q_d_IP.open;
q_d_DistributionLaw.open;
q_d_Availability.open;
q_d_DistributionLawForMeasure.open;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision.open;
end;
procedure TfmCheckTE.FormDestroy(Sender: TObject);
begin
q_Measure.close;
q_MeasureResults.close;
q_AvialabilityDecision.close;
q_d_IP.close;
q_d_DistributionLaw.close;
q_d_Availability.close;
q_d_DistributionLawForMeasure.close;
q_d_AvailabilityForAvialabilityDecision.close;
end;
procedure TfmCheckTE.q_MeasureAfterInsert(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureInsertRecord := True;
6
end;
procedure TfmCheckTE.q_MeasureAfterPost(DataSet: TDataSet);
begin
//Добавление строки в таблице AvialabilityDecision
```

```

If q_MeasureInsertRecord then
begin
q_AvialabilityDecision.Insert;
q_AvialabilityDecisionFK_ID_Measure.AsInteger :=
q_MeasureID_Measure.AsInteger;
q_AvialabilityDecision.Post;
q_MeasureInsertRecord:= false;
end;
end;

procedure TfmCheckTE.q_MeasureBeforePost(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat :=
q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat -
q_MeasureTolerance.AsFloat;
end;

procedure TfmCheckTE.q_MeasureResultsAfterInsert(DataSet: TDataSet);
begin
q_MeasureResultsFK_ID_Measure.AsInteger := q_MeasureID_Measure.AsInteger;
end;

procedure TfmCheckTE.CheckProcessingClick(Sender: TObject);
var i: integer;
x_sred, Sigma, Ppl, Ppu, Ppk, Pp: real;
begin
If cxDBCheckBox1.Checked THEN //Нормальный закон распределения
begin
If q_MeasureResults.RecordCount = 0 then Exit;
cxGrid2.BeginUpdate;
q_AvialabilityDecision.Edit;
// рассчитываем среднее значение X
x_sred := 0;

```

```

q_MeasureResults.First;
for I := 0 to q_MeasureResults.RecordCount - 1 do
begin
x_sred := x_sred + q_MeasureResultsValue_X.AsFloat;
q_MeasureResults.Next;
end;
x_sred := x_sred / q_MeasureResults.RecordCount;
q_AvialabilityDecisionX_average.AsFloat := x_sred;
//Расчитываем среднеквадратичное отклонение
Sigma := 0;
q_MeasureResults.First;
for I := 0 to q_MeasureResults.RecordCount - 1 do
7
begin
Sigma := Sigma + sqr(q_MeasureResultsValue_X.AsFloat - x_sred);
q_MeasureResults.Next;
end;
Sigma := sqrt(Sigma / q_MeasureResults.RecordCount);
q_AvialabilityDecisionSigma.AsFloat := Sigma;
//Расчитываем нижний показатель пригодности
Ppl := (x_sred - q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat) /
(3 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionPpl.AsFloat := Ppl;
//Расчитываем верхний показатель пригодности
Ppu := (q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat - x_sred) /
(3 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionPpu.AsFloat := Ppu;
//Расчитываем подтвержденный индекс пригодности
// Cpk = min(Cpl; Cpu)
If Ppl > Ppu then Ppk := Ppu

```

```

else Ppk := Ppl;
q_AvialabilityDecisionPpk.AsFloat := Ppk;
//Расчитываем индекс пригодности
Pp := q_MeasureTolerance.AsFloat / (6 * Sigma);
q_AvialabilityDecisionPp.AsFloat := Pp;
q_AvialabilityDecision.Post;
end
ELSE //Отличный от нормального закон распределения
begin
q_AvialabilityDecision.Edit;
//Расчитываем нижний показатель пригодности
Ppl := (q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat -
q_MeasureLowerSpecificationLimit.AsFloat)
/
(q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat - q_AvialabilityDecisionLp_0_135.AsFloat);
q_AvialabilityDecisionPpl.AsFloat := Ppl;
//Расчитываем верхний показатель пригодности
Ppu := (q_MeasureUpperSpecificationLimit.AsFloat -
q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat)
/
(q_AvialabilityDecisionUp_99_865.AsFloat - q_AvialabilityDecisionM_50.AsFloat);
q_AvialabilityDecisionPpu.AsFloat := Ppu;
//Расчитываем подтвержденный индекс пригодности
// Cpk = min(Cpl; Cpu)
If Ppl > Ppu then Ppk := Ppu
else Ppk := Ppl;
q_AvialabilityDecisionPpk.AsFloat := Ppk;
8
//Расчитываем индекс пригодности
Pp := q_MeasureTolerance.AsFloat /

```

```
(q_AvailabilityDecisionUp_99_865.AsFloat -  
q_AvailabilityDecisionLp_0_135.AsFloat);  
q_AvailabilityDecisionPp.AsFloat := Pp;  
q_AvailabilityDecision.Post;  
end;  
  
//Определяем пригодность  
q_AvailabilityDecision.Edit;  
//1 - Оборудование НЕ стабильно  
//2 - Оборудование УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО стабильно  
//3 - Оборудование стабильно  
If Ppk < Pp then  
begin  
For i := 1 to 3 do  
begin  
q_d_Availability.Locate('ID_Availability', i, []);  
If (q_d_AvailabilityLowerLimit.AsFloat < Pp) and (Pp <=  
q_d_AvailabilityUpperLimit.AsFloat)  
then q_AvailabilityDecisionFK_ID_Availability.AsInteger := i;  
end;  
end  
else q_AvailabilityDecisionFK_ID_Availability.AsInteger := 1;  
q_AvailabilityDecision.Post;  
cxGrid2.EndUpdate;  
ShowMessage('Пригодность успешно рассчитана!');  
end;  
end.
```



**ПРИЛОЖЕНИЕ Г Фрагмент исходного текста программы выбора  
инновационного метрологического оборудования**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ**

Программный модуль для выбора инновационного метрологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO»

type

TForm1 = class(TForm)

Con: TADOConnection;

q\_SelectMI\_123\_Iterations: TADOQuery;

ds\_SelectMI\_123\_Iterations: TDataSource;

q\_SelectMI\_123\_IterationsID: TAutoIncField;

q\_SelectMI\_123\_IterationsMPE: TFloatField;

q\_SelectMI\_123\_IterationsRE: TFloatField;

q\_SelectMI\_123\_IterationsT: TFloatField;

q\_SelectMI\_123\_IterationsFK\_ID\_Resheniye: TWordField;

q\_SelectMI\_45\_Iterations: TADOQuery;

ds\_SelectMI\_45\_Iterations: TDataSource;

q\_SelectMI\_45\_IterationsID: TAutoIncField;

q\_SelectMI\_45\_IterationsU1e: TFloatField;

q\_SelectMI\_45\_IterationsU2e: TFloatField;

q\_SelectMI\_45\_IterationsT: TFloatField;

q\_SelectMI\_45\_IterationsFK\_ID\_Resheniye: TWordField;

RzPanel1: TRzPanel;

q\_d\_ResheniyeID\_Resheniye: TAutoIncField;

q\_d\_ResheniyeResheniye: TWideStringField;

ds\_d\_Resheniye: TDataSource;

cxGrid2: TcxGrid;

```
cxGridDBTableView1: TcxGridDBTableView;
cxGridLevel1: TcxGridLevel;
RzPanel3: TRzPanel;
btn45Processing: TRzBitBtn;
3
cxGridDBTableView1Sredstvo_Izmereniya: TcxGridDBColumn;
cxGridDBTableView1U1e: TcxGridDBColumn;
cxGridDBTableView1U2e: TcxGridDBColumn;
cxGridDBTableView1Izmeryaemiy_Priznak: TcxGridDBColumn;
cxGridDBTableView1T: TcxGridDBColumn;
cxGridDBTableView1FK_ID_Resheniye: TcxGridDBColumn;
cxStyleRepository1: TcxStyleRepository;
cxStyle_Grey: TcxStyle;
GridBandedTableViewStyleSheetDevExpress: TcxGridBandedTableViewStyleSheet;
q_d_IP: TADOQuery;
ds_d_IP: TDataSource;
q_d_SI: TADOQuery;
ds_d_SI: TDataSource;
q_d_IPID_IP: TIntegerField;
q_d_IPIzmeryaemiy_Priznak: TWideStringField;
q_d_SIID_IS: TIntegerField;
q_d_SISredstvo_Izmereniya: TWideStringField;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_SI: TIntegerField;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_IP: TIntegerField;
q_SelectMI_45_IterationsFK_ID_SI: TIntegerField;
q_SelectMI_45_IterationsFK_ID_IP: TIntegerField;
lkcb_IP: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;
lkcb_SI: TcxEditRepositoryLookupComboBoxItem;
q_SelectMI_45_Iterations.DisableControls;
q_SelectMI_45_Iterations.First;
```

```

While not q_SelectMI_45_Iterations.Eof do
begin
//4-ая итерация
If not (q_SelectMI_45_IterationsU1e.AsFloat <=
0.15*q_SelectMI_45_IterationsT.AsFloat)
then
4
begin
q_SelectMI_45_Iterations.Edit;
q_SelectMI_45_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 5;
q_SelectMI_45_Iterations.Post;
q_SelectMI_45_Iterations.Next;
Continue;
end;
//5-ая итерация
Uobshee := q_SelectMI_45_IterationsU1e.AsFloat +
q_SelectMI_45_IterationsU2e.AsFloat;
If not (Uobshee <= 0.3*q_SelectMI_45_IterationsT.AsFloat) then
begin
q_SelectMI_45_Iterations.Edit;
q_SelectMI_45_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 6;
q_SelectMI_45_Iterations.Post;
end
//подходит по 4 и 5 итерациям
else
begin
q_SelectMI_45_Iterations.Edit;
q_SelectMI_45_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 7;
q_SelectMI_45_Iterations.Post;
end;
end;

```

```
q_SelectMI_45_Iterations.Next;
end;
q_SelectMI_45_Iterations.EnableControls;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Dir:= ExtractFileDir ( ParamStr(0) );
Con.ConnectionString:='Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source='+
Dir+'\DBSelectMI.mdb;Persist Security Info=False';
sql:= cl_sql.Create(Con, false);
q_SelectMI_123_Iterations.Open;
q_d_Resheniye.Open;
q_d_IP.Open;
q_d_SI.Open;
end;
procedure TForm1.FormDestroy(Sender: TObject);
begin
q_d_Resheniye.Close;
5
q_SelectMI_123_Iterations.Close;
q_SelectMI_45_Iterations.Close;
q_d_IP.Close;
q_d_SI.Close;
end;
procedure TForm1.btn123ProcessingClick(Sender: TObject);
var Umpe, Ure, U1: real;
begin
q_SelectMI_123_Iterations.DisableControls;
q_SelectMI_123_Iterations.First;
While not q_SelectMI_123_Iterations.Eof do
```

```
begin
//1-ая итерация
If not (q_SelectMI_123_IterationsRE.AsFloat <=
0.05*q_SelectMI_123_IterationsT.AsFloat) then
begin
q_SelectMI_123_Iterations.Edit;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 1;
q_SelectMI_123_Iterations.Post;
q_SelectMI_123_Iterations.Next;
Continue;
end;
//2-ая итерация
If not (q_SelectMI_123_IterationsMPE.AsFloat <=
0.1*q_SelectMI_123_IterationsT.AsFloat) then
begin
q_SelectMI_123_Iterations.Edit;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 2;
q_SelectMI_123_Iterations.Post;
q_SelectMI_123_Iterations.Next;
Continue;
end;
//3-я итерация
Umpe := q_SelectMI_123_IterationsMPE.AsFloat/sqrt(3);
Ure := q_SelectMI_123_IterationsRE.AsFloat/sqrt(3);
U1 := Umpe + Ure;
If not (U1 <= 0.15*q_SelectMI_123_IterationsT.AsFloat) then
begin
q_SelectMI_123_Iterations.Edit;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 3;
q_SelectMI_123_Iterations.Post;
```

```
end
6
//подходит по 1, 2 и 3-ей итерациям
else
begin
q_SelectMI_123_Iterations.Edit;
q_SelectMI_123_IterationsFK_ID_Resheniye.AsInteger := 4;
q_SelectMI_123_Iterations.Post;
end;
q_SelectMI_123_Iterations.Next;
end;
//Перенесем все подходящие СИ в таблицу SelectMI_45_Iterations
sql.ExecSQL('DELETE FROM SelectMI_45_Iterations');
sql.ExecSQL('INSERT INTO SelectMI_45_Iterations ( FK_ID_SI, FK_ID_IP, T ) ' +
'SELECT FK_ID_SI, FK_ID_IP, T ' +
'FROM SelectMI_123_Iterations WHERE
SelectMI_123_Iterations.FK_ID_Resheniye=4');
q_SelectMI_123_Iterations.EnableControls;
btn45Processing.Enabled := true;
sql.ReopenQuery(q_SelectMI_45_Iterations);
end;
end.
```

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д Фрагмент исходного текста программы  
статистической обработки больших данных**

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ**

Статистическая обработка больших данных, полученных с помощью  
современного цифрового оборудования в области контроля качества  
технологического процесса

```
class main {
    private $host;
    private $user;
    private $pass;
    private $db;

    function __construct($host, $user, $pass, $db) {
        $this->host = $host;
        $this->user = $user;
        $this->pass = $pass;
        $this->db = $db;
    }

    private function db_connect() {
        $q = mysqli_connect($this->host, $this->user, $this->pass, $this->db);
        return $q;
    }

    public function db_connect_close($q) {
        mysqli_close($q);
    }

    public function get($q) {
        return $_GET[$q];
    }

    public function post($q) {
        return $_POST[$q];
    }

    public function query($sql) {
        $q = $this->db_connect();
        $result = mysqli_query($q, $sql);
    }
}
```

```

    $this->db_connect_close($q);
    return $result;
}

public function get($value) {
    if(empty($value)) return $_GET;
    else return $_GET[$value];
}

public function post($value) {
    if(empty($value)) return $_POST;
    else return $_POST[$value];
}

public function session($name, $value) {
    session_start();
    $_SESSION[$name] = $value;
    return false;
}

public function auth($login, $password) {
    $sql = "SELECT * FROM `users` WHERE `login` = '{$login}'";
    $query = $this->query($sql);
}

public function getApiJson($url) {
    $json = file_get_content($url);
    $content = json_decode($json);
    return $content;
}

public function insert_id($sql) {
    $q = $this->db_connect();
    $result = mysqli_query($q, $sql);
    $id = mysqli_insert_id($q);

    $this->db_connect_close($q);
    return $id;
}

public function simulationWork($data) {
    $sql = "INSERT INTO `products` (`serial_number`, `batch_number`, `date`,
`date_log`, `customer_id`, `brand_id`, `category_id`) VALUES";

```



```

$count = count($data['products']);

$rows = $data['products'];

$sql .= "({$rows['serial_number']}', '{$rows['batch_number']}', NOW(),
NOW(),                               '{$rows['customer_id']}', '{$rows['brand_id']}',
'{$rows['category_id']}')";

unset($rows);

$id = $this->insert_id($sql);

$sql = "INSERT INTO `properties` (`product_id`, `property_id`, `value`,
`unit_id`,                          `date_log`) VALUES";

$count = count($data['properties']);

$i = 0;

foreach($data['properties'] as $key => $props) {
    $cnt = count($props);

    foreach($props as $num => $array) {
        $sql .= "({$id}', '{$key}', '{$array['value']}', '{$array['unit_id']}',
NOW())";
        if(($i + 1) == $count && ($num + 1) == $cnt) $sql .= "";
        else $sql .= ", ";
    }

    $i++;
}

$query = $this->query($sql);

return $sql;
}

public function simulation() {
    // Симулируем мониторинг изделий

    $limit      = 1;
    $prop_limit = 5;
    $prop       = array('7', '8'); // Какие характеристики нас интересуют?
    $bigData    = array();        // Объявляем массив, куда будем записывать

```

```

        данные
    $unit_id      = 3;           // Идентификатор единицы измерения

    for($i = 0; $i < $limit; $i++) {
        $bigData['products']['serial_number'] =          substr($this-
>filter(md5(date("Y-m-d"))), 0, 7);
        $bigData['products']['batch_number']   =          substr($this->filter(md5(date("Y-m-d H"))), 0, 7);
        $bigData['products']['customer_id']    = rand(1, 1);
        $bigData['products']['brand_id']       = rand(1, 1);
        $bigData['products']['category_id']    = rand(1, 1);

        foreach($prop as $props) {
            for($j = 0; $j < $prop_limit; $j++) {
                $bigData['properties'][$props][] = array(
                    'value'      => rand(5, 12),
                    'unit_id'    => $unit_id
                );
            }
        }
    }

    return $bigData;
}

public function getProducts() {
    $sql = "SELECT pr.*, prop.`property_id`, prop.`value`, prop.`unit_id`,
un.`value` as `unit_name` FROM `products` pr LEFT JOIN
`properties` prop ON (pr.`id` = prop.`product_id`) LEFT JOIN
`units` un ON (prop.`unit_id` = un.`id`) ORDER BY
pr.`date_log` DESC LIMIT 0, 1000";

    $query = $this->query($sql);

    while($row = mysqli_fetch_array($query)) {
        $data['product'][$row['id']] = array(
            'id'           => $row['id'],
            'serial_number' => $row['serial_number'],
            'batch_number' => $row['batch_number'],
            'date_log'     => date("d.m.Y, H:i", strtotime($row['date_log'])),
            'customer_id'  => $row['customer_id'],
            'brand_id'     => $row['brand_id'],
            'category_id'  => $row['category_id'],
        );
    }
}

```

```

    $data['props'][$row['id']][$row['property_id']] = array(
        'unit_name'    => $row['unit_name'],
        'value'        => $row['value'],
    );
}

return $data;
}

public function getRz($data) {
    foreach($data as $key => $rows) {
        foreach($rows as $row) {
            $Hi[$key] += $row['value'];
        }

        $sum += $Hi[$key];
    }

    $result = $sum / 5;

    return $result;
}

public function getStatusRz($q) {
    if($q > 20) {
        return "<span class='red'>Выход за пределы допустимых
значений</span>";
    } else {
        return "<span class='green'>Успешно</span>";
    }
}

public function filter($str) {
    return implode(", array_filter(str_split($str), function($digit) {
        return (is_numeric($digit));
    }));
}
}

```

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е Справки о внедрении результатов исследования,  
полученных в диссертации**

Общество с Ограниченной Ответственностью  
“ДРГ-НМ”

Тульская область, г. Ясногорск ул. Заводская дом 3 строение 54, 301032,  
тел./факс: +7 (48766) 2-08-40, +7 48766 2-08-41, +7 48766 2-08-42;  
E-mail: info@drghnm.ru; код ОГРН 1177154017138

СПРАВКА

*о внедрении результатов исследования, полученных в диссертации А.В. Козловой  
«Разработка метода идентификации пригодности измерительного оборудования в  
управлении автоматизированными производственными системами»*

Настоящим подтверждается, что результаты диссертационной работы А.В. Козловой приняты к использованию в ООО «ДРГ-НМ».

Предприятием производятся компоненты гидравлических систем, к точности изготовления которых предъявляются повышенные требования. Большие объемы производства подразумевают автоматизацию процессов, в т.ч. и производственного контроля. Представленные результаты в виде практического применения программ для ЭВМ признаны полезными и планируются к использованию в процессе разработки и развития производственных систем предприятия в области автоматизации технического контроля изделий.

Актуальность решаемой задачи заключается в конкурентном преимуществе предприятия, экономика которого основывается на наиболее продвинутых электронных технологиях и услугах, включая технологии анализа «больших данных» и прогностические технологии.

Предполагается, что внедрение результатов диссертационной работы А.В. Козловой позволит предприятию повысить эффективность производственного процесса технического контроля изделий методом аналитического подхода с использованием цифровой системы обработки данных.

Заместитель директора  
ООО «ДРГ-НМ»



Медведева Я.Н.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКА

технологические проекты  
оснащение производств  
инструментальное обеспечение  
информационная поддержка



Г Р У П П А  
**ТЕХНОПОЛИС**

www.technopolice.ru

## СПРАВКА

*о внедрении результатов исследования, полученных в диссертации А. В. Козловой  
«Разработка метода идентификации пригодности измерительного оборудования в управлении  
автоматизированными производственными системами»*

Результаты диссертационного исследования, полученные Александрой Владимировной Козловой, представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в практической деятельности Группы Технополис при разработке мероприятий по технической поддержке предприятий, внедряющих методы анализа воспроизводимости и пригодности средств и процессов измерения, а также в работе учебного подразделения Группы Технополис в виде практического применения программ для ЭВМ:

1. статистическая обработка больших данных, полученных с помощью современного цифрового оборудования в области контроля качества технологического процесса;
2. программный модуль, оценивающий пригодность технологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO»;
3. программный модуль, оценки возможностей процесса и индексов воспроизводимости и пригодности процесса экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO»;
4. программный модуль, оценивающий пригодность технологического процесса экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO»;
5. программный модуль для выбора инновационного метрологического оборудования экспериментального образца комплекса программных средств «SPC StatPRO».

Разработанное программное обеспечение обеспечивает полную и частичную автоматизацию операций проверки пригодности измерительного оборудования и статистической обработки большого объема данных (для различного вида технологических процессов), а также совмещение во времени этих операций с процессом измерения.

Генеральный директор

Доктев А. А.




---

**ООО «Инженерно-технологический центр Технополис»**

Юридический адрес:  
Россия, 117218, город Москва, улица Дмитрия Ульянова,  
дом 42, строение 1, этаж 4, комната 4

Почтовый адрес:  
Россия, 117218, Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 42, стр. 1  
Тел.: +7 (499) 517-91-91; 8 (800) 700-16-35  
Факс: +7 (499) 125-91-81, info@technopolice.ru