

## 10.13. АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Мустафаев М.Г., к.т.н., научный сотрудник

НПП «Экофон»

Рассмотрены основные факторы производства изделий и показана возможность повышения эффективности производства, совершенствования управления и системы обеспечения качества.

Производство изделий электроники базируется на сложных прецизионных процессах обработки, а к материалам, используемым в производстве приборов, предъявляют высокие требования по чистоте и совершенству структуры [3].

Характерными тенденциями современного промышленного производства изделий являются повышение степени их интеграции. При производстве изделий электроники в особенности характерны следующие основные факторы:

- сложность;
- большое количество физических и химических операций;
- большая чувствительность к отклонениям в проведении процессов и т.д.

Проблема производства конкурентоспособных изделий может быть решена с помощью управление процессом производства за счет:

- введения систем самодиагностики и технологического контроля;
- стабилизации параметров технологического оборудования и т.п.;
- управления технологией производства;
- информационного обеспечения;
- процессов испытания и контроля качества изделий;
- создания системы управления.

Составными частями управления процессом производства являются:

- диспетчерское управление, которое включает наблюдение за состоянием и составлением маршрутов перемещения изделий, а также обслуживание оборудования;
- инженерная подготовка, которая включает составление спецификаций процессов и анализ данных;
- обработка данных, которая включает наблюдение за средствами производства, управление оборудованием и сбор данных.

При производстве изделий на промышленных предприятиях используется автоматизированное оборудование. Однако перспективное автоматизированное производство требует, чтобы все это оборудование или большая часть было интегрировано в единую систему с подчинением одной главной ЭВМ, т.е. было проведено комплексное управление производством, которое включало бы:

- управление производством в реальном масштабе времени;
- управление качеством.

При реализации концепции комплексной автоматизации производства, уменьшение прямых трудовых затрат не является главным преимуществом. Главная цель – интеграция информации и обеспечение гибкости управления процессом производства. При созда-

нии таких систем применяются системный подход и концепция открытой системы.

Первый предполагает, что любая система (производство) может быть встроена в еще более крупную систему, и далее рассматривается уже более крупная система, а не ее составные части.

При таком подходе важнейшим практическим выводом является определение целесообразности встраивания отдельных систем в более крупную систему, так как на любом производстве могут быть технологические установки, или их группы, не поддающиеся автоматизации. Они образуют неинтегрируемые островки автоматизации, поскольку экономически это более целесообразно, чем встраивание их в более крупную систему.

Концепция открытой производственной системы предполагает наличие связей с системами более высокого и более низкого рангов. С повышением точности механизмов и усложнением обратной связи эти системы будут все более приобретать свойства открытых систем и станут полностью адаптирующимися к быстро изменяющимся условиям и требованиям.

Для систем общего назначения характерны наличия:

- материалов в производстве;
- программируемого технологического оборудования;
- данных об особенностях процесса.

Такая система планирует, составляет расписание, определяет и управляет движением изделий и всем рабочим потоком. Она способна выбирать новый оптимальный вариант производственной линии на основе характеристики нового оборудования, встраиваемого в линию. Таким образом, заложена возможность управления качеством на каждом этапе процесса производства.

Производственное оборудование находится в тесной связи с развитием технологии изготовления изделий. Связь между структурой изделий электроники и технологией их изготовления существенна при уменьшении размеров и степени интеграции элементно-технологического разброса параметров, определяющих качество исполнения. При моделировании и проектировании изделий учитывают:

- физические ограничения;
  - альтернативные решения;
  - возможность оптимизации технологического процесса.
- Определение распределения примесей и учет их влияния на характеристики прибора достигается программным обеспечением технологического моделирования. Цель моделирования технологии изготовления схем, имитации поведения прибора в рабочих условиях и расчет его электрических характеристик и параметров, и одновременное увеличение вероятности оптимизации режимов технологии, геометрических размеров и конструкций изделий.

- физические ограничения;
- альтернативные решения;
- возможность оптимизации технологического процесса.

Определение распределения примесей и учет их влияния на характеристики прибора достигается программным обеспечением технологического моделирования. Цель моделирования технологии изготовления схем, имитации поведения прибора в рабочих условиях и расчет его электрических характеристик и параметров, и одновременное увеличение вероятности оптимизации режимов технологии, геометрических размеров и конструкций изделий.

Учитывая, что измерение параметров изделий сложно, трудоемко то, использование методов физического и технологического моделирования для идентификации параметров приборов позволяет установить обратную связь между характеристиками прибора и технологией его изготовления, в перекрестной проверке

результатов натурального и машинного эксперимента в течение процесса разработки и изготовления.

Моделирование технологии и приборов при их изготовлении обеспечивает точность, системную интегрируемость, так как определение параметров профиля примесей и характеристик приборов имеет существенное значение по мере уменьшения размеров элементов изделий. Кроме того, моделирование обеспечивает точное предсказание физических ограничений и пределов, критических функциональных характеристик и параметров для проектирования и изготовления приборов.

Моделирование позволяет исследовать допустимые отклонения в технологии и выявить факторы, которые могут влиять на процесс изготовления изделий, а также возможно использование технологических моделей в качестве эффективных контроллеров технологического оборудования. Это позволяет проведение моделирования в реальном масштабе времени на средствах вычислительной техники, используемых при управлении технологическим процессом.

Моделирование технологии и приборов позволяет гибкому взаимодействию двух уровней моделирования, созданию программных комплексов сквозного моделирования с единой структурой и автоматизировать процесс расчета. При этом моделирование технологии и приборов облегчает работу пользователя, делает ее без ухудшения эффективности численных методов на различных этапах моделирования. Разработка алгоритмов взаимодействия программ, повышает эффективность численных методов и улучшает сквозное моделирование.

Интеграция методов проектирования позволяет обеспечить жесткий контроль приборов и элементов на основе тонкопленочной технологии. На системном уровне управление процессом производства требует высокой степени интеграции различных программ моделирования технологии и приборов.

Взаимодействие уровней моделирования изготовления приборов включает:

- информацию о технологии;
- моделирование технологического процесса;
- моделирование приборов;
- моделирование характеристик.

Результаты моделирования технологического процесса, значения электрических режимов и электрофизических констант представляют собой исходные данные для программы моделирования приборов, которая рассчитывает их важнейшие характеристики.

Таким образом, использование программ многоуровневого моделирования позволяет точно прогнозировать характеристики изделий, обеспечивает эффективное управление и установление корреляций технологических и электрических параметров элементов и схем, а также оптимальное их проектирование.

В технологическом процессе изготовления изделий существенно возрастает взаимосвязь между параметрами приборов и технологией их изготовления. При этом моделирование позволяет обеспечить разработку элементной, технологической и конструктивной базы с высокими техническими характеристиками изделий.

Для успешного осуществления моделирования необходимо наличие ряда факторов, наиболее важным из которых является использование современной аппаратуры, позволяющей контролировать и измерять различные параметры материалов, приборов и технологических процессов производства.

Применение различных методов контроля в производстве изделий электроники [8, 4] позволяет установить статистическую взаимосвязь их параметров с режимами технологического процесса (ТП) и закономерности распределения параметров в зависимости от технологических факторов.

Повышение информативности результатов контроля достигается переходом от статистической обработки к причинному анализу взаимосвязей исследуемых параметров. С этой целью проводится:

- автоматизированный статистический контроль технологического процесса;
- статистический анализ и регулирование технологического процесса.

По мере накопления статистической информации и увеличения степени согласованности ТП определяется объем контроля и его периодичность. Задачи обеспечения максимального объема информации могут быть решены методом факторного планирования эксперимента.

Реализация задач осуществляется путем организации межоперационного статистического анализа и регулирования ТП с применением причинного анализа взаимосвязей параметров элементов и компонентов. На этих этапах решаются задачи определения технологических ограничений и норм параметров.

На основе статической обработки полученных данных результатов анализа и выданных рекомендаций, относительно управляющих воздействий на ТП принимается решение относительно корректировки режимов ТП.

После получения результатов статистического и причинного анализа возникает задача принятия решений относительно управляющих воздействий на ТП производства. Эти решения принимаются на основе полученных результатов с учетом особенности ТП.

Основными характеристиками ТП производства изделий в условиях контроля являются:

- наличие интервалов времени между моментами формирования информации и возможностью воздействия на ТП;
- выбор метода, предполагающий получение достоверных выводов с некоторой долей вероятности;
- неполнота описания ТП, обусловленная сложностью формализации знаний о данном процессе;
- невозможность количественного описания некоторых сторон процесса и регистрации большинства входных параметров.

Из-за сложности ТП изготовления изделий знания о процессе не будут полными, и соответствовать текущему состоянию ТП. Поэтому предусматривается возможность корректировать сумму знаний о процессе.

Для повышения эффективности производства используют автоматизированную систему управления ТП, позволяющую управлять процессом на основе учета отклонений режимов технологических операций и свойств исходных материалов, и автоматизированные системы статистического анализа, контроля и регулирования процесса. Основой для автоматизированной системы статистического анализа, контроля и регулирования ТП являются связи параметров эффективности производственного процесса.

Информационное взаимодействие систем осуществляется через базу данных, обеспечивающую оперативный сбор, хранение, корректировку и выдачу данных по режимам технологических операций и т.д.

Стабильность основных параметров приборов приобретает все большее значение для прогноза и улучшения качества изделий электроники и электронных систем в целом

[2, 10, 11]. Экстенсивные методы исследования не всегда оправдывают себя в области технологии производства приборов. Статистические исследования и накопленные сведения о том, как влияют технологические факторы на характеристики приборов, позволяют выявить наиболее важные причины разброса значений параметров в минимальном числе экспериментов. Сочетание математических моделей с моделирующими программами позволяет установить связь между параметрами прибора и технологическими факторами, связать разброс параметров прибора с конкретной вызвавшей его причиной с помощью частных производных, полученных из модели. Это определяет наиболее важный причинный фактор и делает его эффективным средством для оценки методов и приемов, направленных на улучшение технологического контроля.

Уменьшение разброса основных приборных параметров улучшает качество, позволяет прогнозировать выход годных изделий при изготовлении, вероятность выхода приборов с характеристиками, не совпадающими с заданными, уменьшается. При этом возрастает однородность изделий по параметрам и процент выхода годных.

Уменьшить разброс параметров можно, используя статистический анализ технологического процесса и анализ накопленных сведений о приборе, а также используя такие методы технологического контроля, как составление контрольных диаграмм и эксперимент, хотя метод факторного эксперимента показал себя хорошо. При этом исследуемые факторы в факторном анализе должны быть предварительно критически отобраны для уменьшения числа и сложности экспериментов, необходимых для уменьшения разброса основных приборных параметров.

Разброс параметров можно уменьшить, применяя методы с учетом иерархического уровня компонентов разброса приборного параметра и вызванный технологическими факторами, к которым чувствительны параметры прибора.

При разбросе параметров имеет место один из уровней. Это позволяет понять причины разброса, что может указывать на то, что разброс связан с последовательностью технологической обработки или может указывать на технологические факторы, связанные с групповой технологической обработкой.

При определении разброса по технологическим факторам, один из факторов преобладает. Проведение жесткого контроля над этим фактором уменьшает разброс. Предполагая, что параметр представляет собой линейную аддитивную функцию независимых факторов, можно применить линейную модель.

Применение уравнений и моделирующих программ позволяют описывать связь приборных параметров с технологическими факторами. Анализ приборных параметров в сочетании со статистическими данными по технологическому процессу и по испытаниям приборов может выявить доминирующий технологический фактор, вызывающий разброс приборных параметров.

Стратегия уменьшения разброса в соответствии с технологическими факторами имеет вид:

- определение доминирующего уровня разброса приборного параметра;
- определение средних значений и разброса технологических переменных;
- оценка технологических переменных;
- определение доминирующей технологической переменной, вызывающей разброс параметра;
- определение способа уменьшения разброса параметра.

В каждом конкретном случае определяется доминирующий уровень разброса и доминирующий технологический фактор, вызывающий разброс, что позволяет провести коррекцию технологического процесса для уменьшения разброса параметров приборов.

В процессе управления технологическим процессом производства изделий во всей цепочке от контроля до регистрации и записи результатов в основном используются электрические сигналы. Связующим звеном между исследуемым объектом и входными устройствами измерительных и управляющих систем является датчик, определяющий точность и достоверность результатов контроля [9].

При использовании датчиков возникают различные виды их взаимодействий со средой – механическое, электрическое, магнитное, тепловые, которые могут влиять на показатели датчика.

Характеристики датчиков, предназначенных для преобразования физических величин, не должны существенно изменяться под воздействием других величин, т.е. выходной сигнал такого датчика не должен зависеть от влияния внешних воздействующих факторов. Для обеспечения требуемой вероятности регистрации сигнала приращение выходного сигнала, обусловленное изменением внешних параметров, должно быть минимально по сравнению с величиной на входе датчика. Поэтому выбирают датчики, на показания которых внешние факторы не влияют. Это позволит снизить дополнительную погрешность, обусловленную воздействием внешних факторов.

Погрешность, связанная с возможным изменением функции преобразования датчика в реальных условиях эксплуатации, может быть уменьшена правильным выбором места его установки, согласованным с входными устройствами измерительных и управляющих систем.

В системах управления контроль проводят в течение длительного времени, в связи с чем важной характеристикой датчика является стабильность. Особое значение имеет равнозначность функции преобразования параметра в сигнал во всем динамическом диапазоне значений параметра. Функция преобразования определяется в основном конструктивными параметрами датчика. Следовательно, повышение точности и достоверности контроля достигается выбором оптимального варианта конструкции датчика.

Одна из проблем, возникающая при эксплуатации датчиков, – обеспечение электромагнитной совместимости, т.е. создание условий для совместной и независимой работы различных устройств в системах управления и контроля. При соблюдении этих условий гарантируется нормальное функционирование не только датчика, но и системы в целом. Для обеспечения оптимальных условий и режимов эксплуатации датчика согласовывают и подбирают взаимное расположение устройств, применяют развязывающие фильтры.

Для контроля механических напряжений и давления используют тензорезисторные датчики, изготовленные на основе полупроводников и их пленок, обладающие высокими параметрами чувствительности и стабильности. Измерение быстроменяющихся давлений осуществляют пьезоэлектрическим датчиком.

Эффективность преобразования определяется выбором материалов с оптимальным сочетанием свойств [6].

Пленки на основе различных химических соединений и сплавов и датчики на их основе находят широкое применение в приборостроении и других отраслях.

Применение тонкопленочных датчиков в труднодоступных местах исследуемого объекта и в жестких условиях эксплуатации позволяет повысить точность контроля и обеспечить воспроизводимость результатов.

Элементы датчиков изготавливаются путем применения тонкопленочной технологии. Напыление материалов производится на подложку. Подложка как элемент пленочной структуры определяет ее механические, упругие и прочностные свойства. Правильно выбранный материал подложки позволяет расширить диапазон параметров датчиков, повысить их устойчивость к воздействию различных нагрузок. Материал подложки должен обладать опреде-

ленными механическими свойствами, термостабильностью, иметь с материалом пленки близкие термомеханические свойства.

При выборе материалов необходимо учесть, что материал должен испаряться в вакууме с образованием на подложке механически прочных стабильных пленок. Необходимым условием является также воспроизведение параметров исходного материала на пленке.

Проведенные исследования и анализ условий эксплуатации датчиков показывает, что для обеспечения достоверности результатов контроля и оптимального функционирования систем управления должны выполняться следующие требования:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- отсутствие обратного воздействия датчика на контролируемый процесс;
- высокая чувствительность;
- соответствие диапазону изменений контролируемой величины;
- согласование между датчиками и устройствами систем управления.

С учетом данных требований характер возможных пределов погрешности  $\delta$  может быть описан выражением:

$$\delta = K_1 X_1 + K_2 X_2,$$

где

$K_1, K_2$  – коэффициенты нелинейности и погрешности функции преобразования датчика соответственно;

$X_1, X_2$  – начальное и предельное значения контролируемой величины.

Оптимальное функционирование производственного процесса и достоверность результатов контроля качества параметров и режимов технологического процесса изготовления изделий обеспечивается путем обоснованного выбора и размещения датчиков в технологической схеме производства.

Качество выпускаемых изделий и их конкурентоспособность существенным образом зависят от системы обеспечения качества. Оптимальная система обеспечения качества на предприятии дает возможность организовать разработки и производство, обеспечить высокие надежность и качество изделий радиоэлектроники при минимальных затратах [12].

Совершенствование качества элементов и компонентов радиоэлектроники закладывается при выработке основных концепций создания изделия. Предварительные работы по подготовке к производству изделия включают:

- разработку и планирование производства;
- управление постановкой процесса производства и производственного контроля.

Эти этапы работ важны для надежности и качества изделия, формируют основы, на которых в дальнейшем в процессе производства использования комплектующих изделий, промежуточных и конечных испытаний, наблюдения за изделиями и обслуживания их в эксплуатации, устанавливаются надежность и качество [1, 13]. Все эти работы по обеспечению качества на разных стадиях изготовления и эксплуатации изделий объединяются интегральным планом обеспечения качества, детальными поэтапными планами и системой информации о качестве, действующей на всех стадиях и представляющие информацию в нужные, запланированные заранее точки.

Обеспечение качества в основном формируется на основе испытаний и контроля готовой продукции, а современные методы обеспечения качества стремятся обеспечивать высокие надежность и качество изделий мероприятиями, проводимыми в течение всего процесса разработки и изготовления изделий так, чтобы на конечные стадии изготовления изделие приходило заведомо надежным и высококачественным. Это требует большого внимания, повышенной

квалификации планировщиков и организаторов разработки и производства, что, в конечном счете, дешевле и главное – надежность и качество оказываются стабильнее и устойчивее. При этом очень важно обеспечить взаимодействие и преемственность действий работающих на каждом этапе создания изделий. Разработки проводятся с совершенствованием методов, аппаратуры, приемов. Примерно до 60% всех отказов, выявленных при производстве изделий, обусловлены ошибками, которые были сделаны на этапах планирования, разработки изделий и подготовки производства. Устранение этих отказов на поздних этапах производства обходится чрезмерно дорого и ухудшает качество изделий. Более ранний анализ надежности и качества и устранение на ранних стадиях изготовления всех замеченных дефектов позволяет существенно улучшить процесс создания высоконадежных изделий. Связь в системе обеспечения надежности и качества на разных этапах создания изделий имеет вид:

- начало производства;
- формирование требований к качеству;
- анализ ошибок;
- анализ отказов;
- статистические методики исследования;
- создание изделий;
- разработка;
- конструирование;
- планирование производственного процесса.

Эффективность оценок качества изделий связана с неточностью проверок, с неопределенностью критериев качества, ошибками испытательного персонала.

Стратегия совершенствования качества основывается на методах предупреждения ошибок, которые ухудшают качество, планирования качества и надежности. Это планирование охватывает все стадии создания изделия, от выбора принципов построения изделия, исходных материалов и комплектующих изделий, разработки, до обслуживания готовых изделий в эксплуатации, у потребителя. Применение методов, обеспечивающих высокие надежность и качество изделия, полноценны, если они охватывают все этапы создания изделий. Все этапы связаны качеством. И система оценки качества определяет эффективность вклада каждого этапа, каждой стадии в качестве изделия. Не браковать некачественные изделия, а прогнозировать деятельность системы, обеспечивающей выход из производства высококачественных, высоконадежных изделий. Проверяется деятельность, стабильность, устойчивость системы, обеспечивающей качество. Процесс создания изделий включает совместное действие людей, окружающих условий, материалов, методов, машин, измерительных систем, управления, обеспечивающих производство высококачественных изделий. Производственный процесс имеет границы звеньев, на которых вырабатывается информация о ходе процесса, о стабильности качества изделий. Изделия, проходящие эти промежуточные границы, изготавливаются так, что гарантируется заданное качество изделий к окончанию производства изделий.

Производственный процесс обеспечивает высокое качество изделий благодаря системе внутренних связей качества по звеньям и требованиям к качеству на каждом этапе работы. Каждый работник знает критерии качества, реализуемые на том участке, на котором он работает.

Реализация таких принципов улучшает надежность и качество изделий, обеспечивает экономические преимущества и уменьшение количества изменений, вносимых в изделия. Основными принципами системы совершенствования изделий при производстве являются:

- удовлетворение запросов потребителя;
- качество – основная задача управления производством;

- обучение, повышение квалификации сотрудников.

Система совершенствования качества позволяет сочетать повышение качества и надежности с повышением производительности.

Каждое мероприятие анализируется с позиций, что оно реально может дать для совершенствования качества, как оно скажется на качестве изделий, сочетаются с требованием о непрерывном, неизменном совершенствовании качества. Планируется и выполняется ряд мероприятий превентивного характера, которые могли бы содействовать улучшению качества. Устранять причины изготовления изделий низкого качества и тем совершенствовать качество изделий. Задачи анализа качества, причин его возможного ухудшения и разработка мероприятий по устранению этих причин. Следить за разрабатываемыми мероприятиями, оценивать их эффективность, сообщать информацию об этой эффективности, ее стабильности. Анализируются статистические данные об отдельных производственных операциях.

Система охватывает разработку изделий, закупку деталей и комплектующих, поставку исходных материалов, производство, которая с обеспечением надежности, гарантирует высокую долговечность и качество. Качество и надежность связаны не только с тщательной разработкой всех его элементов, не в меньшей степени они зависят и от любого звена в цепочке производственных процессов изготовления, от выбора поставщика материалов, от системы обучения рабочих, от качества измерительных систем. Важно все и система обеспечения надежности и качества должна учитывать это.

Принципы совершенствования качества и надежности направлены на создание непрерывного процесса совершенствования изделий.

При разработке производственного процесса результаты анализа возможностей отказов и вероятных последствий принимаются за основу при разработке планов контроля над результатами производства по отдельным этапам, планов входного контроля покупных деталей и комплектующих элементов.

Контроль и анализ выполняются с использованием планов контроля возможных отказов, интегрированной динамической модели отказов, построенной с использованием этих планов.

Система интегрированной динамической модели отказов использует результаты анализа возможных отказов, выполняемых на разных участках разработки изделий, планирования производства и др.

Таким образом, стратегия совершенствования качества включает в себя:

- методы, подходы, способы, системы обеспечения качества;
- планирование и управление качеством, регулирование процессов производства;
- результаты производственной деятельности;
- непрерывность;
- процесс совершенствования;
- информацию о качестве.

Методы и принципы обеспечения качества изделий позволяют осуществлять непрерывное улучшение и совершенствование выпускаемых изделий и обеспечить их конкурентоспособность.

Таким образом, комплексный подход к производственному процессу, учитывающий особенности технологии производства изделий, моделирование приборов и технологии их изготовления, связь приборных параметров с технологическими факторами, совершенствование управления производством, улучшение технологического контроля, позволяет уменьшить разброс параметров изделий, повысить стабильность процессов и эффективность производства в целом.

## Литература

1. Бердичевский Б.Е. Вопросы обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры при разработке [Текст] / Б.Е. Бердичевский. – М. : Сов. радио, 1977. – 384 с.
2. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок [Текст] / Л.А. Коледов. – М. : Лань, 2007. – 400 с.
3. Курносов А.И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем [Текст] / Курносов А.И., Юдин В.В. – М. : Высшая школа, 1986. – 368 с.
4. Левашов И.П. Организация контроля качества микроэлектронных устройств [Текст] / И.П. Левашов // Радиоэлектроника. – 1983. – №2. – С. 1-10.
5. Малер Р. Элементы интегральных схем [Текст] / Малер Р., Кейминс Т. – М. : Мир, 1989. – 630 с.
6. Мустафаев Г.А. Датчики на основе полупроводниковых структур [Текст] / Г.А. Мустафаев // Информатика – Машиностроитель. – 1997. – №2. – С. 53-55.
7. Мустафаев Г.А. Микропленочные датчики на основе эффективных материалов [Текст] / Г.А. Мустафаев // Машиностроитель. – 1999. – №8. – С. 39-41.
8. Мустафаев М.Г. Некоторые проблемы при создании микроэлектронных приборных структур [Текст] / М.Г. Мустафаев // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. науч. тр. – Красноярск : СФУ, 2009. – С. 263-266.
9. Мустафаев Г.А. Некоторые требования и условия применения датчиков уровня сигнала [Текст] / Г.А. Мустафаев // Машиностроитель. – 1996. – №4. – С. 49-51.
10. Мустафаев Г.А. Оценка надежности преобразователей [Текст] / Г.А. Мустафаев // Цветная металлургия. – 1995. – №10. – С. 33-35.
11. Мустафаев Г.А. Повышение эффективности термостатов [Текст] / Г.А. Мустафаев // Машиностроитель. – 1996. – №2. – С. 17-19.
12. Мустафаев А.Г. Система обеспечения качества [Текст] / Мустафаев А.Г., Мустафаев М.Г. // Электронная промышленность. – 2007. – №1. – С. 41-43.
13. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем [Текст] / А.А. Чернышев. – М. : Радио и связь, 1988. – 256 с.

## Ключевые слова

Производство; интеграция, технология; управления; система; параметр; моделирование; контроль; процесс; эффективность; качество; метод.

*Мустафаев Марат Гусейнович*

## РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы. Совершенствование управления и повышение эффективности производства является актуальным направлением исследований.

Научная новизна и практическая значимость. В работе рассмотрены возможные направления повышения эффективности работы предприятия и обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции, а также система обеспечения качества изделий. Показана возможность применения комплексного подхода по совершенствованию производственного контроля и обеспечения выпуска продукции высокого качества.

Поставлены и решены задачи по реализации эффективной системы управления производством и технологическим процессом производства продукции. Предлагаемые методы позволяют оптимизировать затраты при производстве изделий и повысить эффективность производства в целом.

Заключение. Статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям.

Статью рекомендую опубликовать в открытой печати.

*Козырев Е.Н., д.э.н., проф., заведующий кафедрой Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета)*