



004614230

Суворов Евгений Владимирович

**АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ
АВТОМОБИЛЬНЫХ СТЕКОЛ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук
по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление
и обработка информации

25 НОЯ 2010

Бор 2010

Работа выполнена в ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод»

Научный консультант

доктор технических наук,
профессор Макаров Руслан Ильич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Халатов Евгений Михайлович

доктор технических наук,
профессор Талицкий Евгений Николаевич

доктор технических наук,
профессор Кобзев Александр Архипович

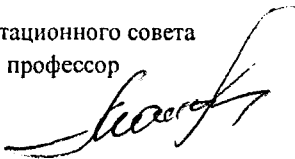
Защита диссертации состоится « 17 » декабря 2010 г. в 16 час. 30 мин.
на заседании диссертационного совета Д.01.01.ТППВО.0187 Торгово-
промышленной палаты Владимирской области по адресу:
600000, Владимир, ул. Студеная гора, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в Центре делового образования
Торгово-промышленной палаты Владимирской области

Автореферат разослан «11» октября 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Р.И. Макаров



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Конкуренция в условиях рыночной экономики обязывает стекольные заводы уделять внимание проблеме качества как важнейшему фактору повышения уровня жизни населения, его социальной и экологической безопасности. Все большее число отечественных специалистов и политиков осознает, что преодоление кризисного состояния производства лежит на пути скорейшего освоения конкурентоспособной продукции с одновременным улучшением ее качества и снижением цены.

Успешное решение проблемы качества важно во многих отношениях. Оно позволяет установить новые прогрессивные пропорции между отраслями и внутри них. Эти пропорции могут быть достигнуты путем совершенствования технологии производства, автоматизации и повышения ее экономичности.

В российской автомобильной промышленности сложилась, на первый взгляд, безвыходная ситуация. С одной стороны есть сборщики, осваивающие передовые технологии, с другой - ответственные производители автокомпонентов, но, тем не менее, конкурентоспособного автомобиля произвести не удастся. Сейчас слабым звеном в цепочке производства автомобилей стали взаимоотношения между поставщиками и сборщиками. И те и другие сталкиваются с непониманием со стороны партнеров по бизнесу: поставщики, предлагая более качественную, но дорожающую продукцию; сборщики, требуя снижения доли дефектов на миллион изделий (возможностей) - *PPM*, себестоимости продукции, и ее сертификации.

Автопроизводители за короткий срок вышли на качественно новый уровень организации производства, используют различные подходы, концепции, методы эффективного менеджмента: *TQM, FMEA, SPS, SIW, Just-in-time*, канбан, «Шесть сигм», *PPAP, MSA, 5S, Lean production*.

Многие российские поставщики производят качественную продукцию, которой комплектуются иномарки, производимые в России. Автопроизводители стремятся к унификации требований для своих поставщиков. Таким документом в России стали технические условия ИСО/ТУ 16049:2002. В ИСО/ТУ 16049 содержатся требования к системам менеджмента качества (СМК) в области автомобилестроения, основанные на требованиях как международного (*ISO 9001:2000*), так и национальных стандартов. ИСО/ТУ 16049 приняты как альтернатива этим стандартам и при-

меняются у поставщика при предъявлении такого требования сборщиком. Наличие сертификата соответствия требованиям «автомобильного стандарта» является условием для заключения контрактов с ведущими российскими автозаводами.

Вопросам управления качеством посвящены исследования ученых разных стран. Неоценимый вклад в развитие концепции управления качеством внесли работы россиян Венецкого И.Г., Длина А.М., американцев В. Шухарта, Э. Деминга, А. Фейгенбаума и др.

Серьезную основу для развития теории управления качеством и концепции интегрированной системы менеджмента (ИСМ), прежде всего применительно к стекольному производству, заложили труды отечественных академиков в области химической технологии и стекольного производства Кафарова В.В., Китайгородского И.И., Саркисова П.Д., академика в области теории систем и управления Прангишвили И.В. и др.

Накоплен значительный опыт в области интеграции систем управления, важность внедрения ИСМ для предприятий России отражена в работах Адлера Ю.П., Бочарова В.В., Василевской С.В., Гусевой Т.В., Никифорова А.Д., Макарова Р.И., Свиткина М.З., Тарбеева В.В., Хорошевой Е.Р. и др.

Вместе с тем следует отметить, что на сегодня еще недостаточно количество научных работ, посвященных управлению качеством производства автомобильных стекол. Пионерскими работами в этой области были кандидатские диссертации Чуплыгина В.Н., Суворова Е.В., в которых с использованием системного подхода и моделирования исследованы принципы создания системы управления качеством триплекса.

Данная диссертационная работа нацелена на восполнение этого пробела. Она излагает основы создания систем менеджмента качества, предлагает методологию использования современных статистических методов и информационных технологий в управлении качеством автомобильных стекол в процессе их производства. Теоретические положения работы подтверждены практикой создания и функционированием системы менеджмента качества в производственном коммерческом объединении (ПКО) «Автостекло» в ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод».

Целью диссертационной работы является разработка основ создания системы менеджмента качества, методологии использования статистических методов и информационных технологий в управлении качеством автомобильных стекол в процессе их производства.

Поставленные в работе цели достигнуты за счет решения следующих задач:

1. Сформулирована задача управления качеством как решение двух взаимосвязанных задач – управление качеством продукции и менеджмент качества. Определены показатели качества автомобильных стекол и их оценки. Показана роль статистических методов и информационных технологий в обеспечении качества продукции.

2. С системных позиций рассмотрен подход к управлению качеством. Проведено моделирование системы управления качеством, управления охраной окружающей среды, управления профессиональной безопасностью и охраной труда. Предложена методика создания интегрированной системы менеджмента в производстве автомобильных стекол.

3. Предложен подход к качеству автомобильных стекол как к объекту управления. Проведен анализ факторов, влияющих на качество изделий. Выявлены зависимости основных свойств и характеристик автомобильных стекол от технологических режимов их изготовления.

4. Определены особенности управления производством многослойных безопасных стекол (триплекса) как технологической системы. Предложены критерии для оценки качества процесса производства. Оценена эффективность технологической системы.

5. Разработано структурное описание технологического процесса производства триплекса с использованием *IDEF*-технологии. На основе процессного подхода проведена идентификация технологических процессов.

6. Разработаны математические модели, описывающие зависимость параметров многослойного безопасного стекла от режима моллирования. Показана эффективность использования разработанных моделей для анализа и выработки решений по коррекции режима моллирования.

7. Определены особенности управления производством закаленного стекла как технологической системы. Предложены критерии для оценки качества процесса производства. Оценена эффективность технологической системы.

8. Разработано структурное описание технологического процесса производства закаленного стекла с использованием *IDEF*-технологии. На основе процессного подхода проведена идентификация технологических процессов.

9. Разработаны математические модели, описывающие зависимость параметров закаленного стекла от технологических режимов. Показана эффективность использования разработанных моделей для анализа и выработки решений по коррекции режима закалки.

10. Определено место системы управления качеством в производстве автомобильных стекол. Предложена информационная поддержка системы управления.

11. Разработана информационная система для поддержки принятия решений (СППР) по стабилизации качества вырабатываемого стекла. В основу алгоритмов СППР положена машинная процедура формирования понятий *CLS-9 (Concept learning system)*.

12. Разработаны алгоритмы оптимального управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол. Имитационным моделированием показана возможность дальнейшего повышения качества вырабатываемых изделий на действующем технологическом оборудовании.

Методы исследования

В основу решения поставленной задачи положен выполненный на основе системного подхода анализ технологических процессов производства автомобильных стекол и систем управления, синтез моделей систем менеджмента, а также систем статистического контроля и регулирования производством многослойных и закаленных автомобильных стекол.

Модели систем менеджмента качества, экологического менеджмента, профессиональной безопасности и охраны труда строились с использованием процессного подхода, технологий моделирования *IDEFO* и *DFD*. Идентификация технологических процессов производства автомобильных стекол проводилась с использованием статистических методов обработки экспериментальных данных.

Эффективность алгоритмов статистического контроля и регулирования технологическими процессами производства автомобильных стекол оценивалась имитационным моделированием с использованием реальных данных, собранных в производственных условиях.

Научная новизна

1. Получены теоретические результаты в новом для производства автомобильных стекол, связанные с использованием моделирования и статистических методов анализа при проведении научных исследований, проек-

тировании и эксплуатации систем менеджмента качества на стекольных заводах.

2. Предложен системный подход при разработке системы менеджмента качества для производства автомобильных стекол. СМК должна создаваться как подсистема интегрированной системы менеджмента стекольного завода.

3. Построены процессные модели системы менеджмента качества, экологического менеджмента, профессиональной безопасности и охраны труда «как есть» и интегрированной системы менеджмента стекольного завода «как должно быть».

5. Разработано структурное описание технологических процессов производства автомобильных стекол на основе процессного подхода с использованием методологии *IDEFO*. Проведена идентификация процессов производства триплекса и закаленного стекла: выявлены определяющие переменные, с помощью регрессионных уравнений описаны взаимосвязи между входными и выходными данными.

6. Исследованы различные методы статистического анализа и контроля качества изделий, точности и стабильности технологических процессов и производства в целом. Предложена методика использования имитационного моделирования для оценки возможностей повышения качества вырабатываемых изделий на действующих технологических линиях.

7. Показана эффективность использования информационных технологий при анализе и контроле технологических процессов производства автомобильных стекол и выработке корректирующих действий.

Практическое значение

1. Методика построения системы менеджмента качества, экологического менеджмента, профессиональной безопасности и охраны труда использована в ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» при подготовке и сертификации систем менеджмента ПКО «Автостекло» на соответствие требованиям соответствующих стандартов.

2. Методы и алгоритмы статистического анализа точности и стабильности технологических процессов производства автомобильных стекол по режимным переменным и показателям качества вырабатываемых изделий используются в ПКО «Автостекло» в системах менеджмента качества.

3. Вычислительный эксперимент и имитационное моделирование применяются при оценке результативности управления технологическими

линиями в производстве автомобильных стекол. Результаты моделирования используются при корректировке режимов работы технологических линий.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Процессные модели систем менеджмента качества, экологического менеджмента, профессиональной безопасности и охраны труда, представляющие подсистемы интегрированной системы менеджмента ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод»

2. Структурное описание технологических процессов производства автомобильных стекол на основе процессного подхода. Результаты идентификации процессов: перечень определяющих переменных, регрессионные уравнения, описывающие взаимосвязи между входными и выходными данными.

3. Результаты исследования эффективности использования статистических методов для контроля качества технологических систем и процессов производства автомобильных стекол. Рекомендации по использованию статистических методов для контроля и выработки регулирующих воздействий.

4. Совокупность методов и алгоритмы статистического анализа точности и стабильности технологического процесса производства автомобильных стекол по режимным переменным и показателям качества вырабатываемых изделий.

5. Методы и алгоритмы статистического регулирования процессами в производстве автомобильных стекол, основанные на использовании результатов корреляционного и регрессионного анализов данных работы технологических линий и отдельных стадий производства.

6. Методика использования вычислительного эксперимента и имитационного моделирования для оценки результативности алгоритмов управления технологическим процессом производства автомобильных стекол по ретроспективным данным и выработки корректирующих действий по повышению эффективности производства.

7. Методика использования информационных технологий для поддержки принятия решений по стабилизации качества вырабатываемых изделий и оптимального управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол.

Таким образом, в виде совокупности названных положений выносятся на защиту научно-технические результаты, вносящие вклад в дальней-

шее развитие теории и практики создания и эксплуатации систем менеджмента качества в производстве автомобильных стекол на стекольных заводах отрасли промышленности строительных материалов.

Публикации

Основное содержание диссертации отражено в 21 научной работе, в их числе 19 статей, учебное пособие и одна монография. Четыре статьи журнала «Стекло и керамика» переведены на английский язык и изданы в США «*Plenum publishing corporation*».

Апробация работы

Основные научные результаты доложены: на международных конференциях «Математические методы в технике и технологиях» ММТТ-20, Ярославль, 2007; ММТТ-21, Саратов 2008; ММТТ-22, Псков, 2009, ММТТ-23, Смоленск, 2010; второй международной научно-технической конференции Автоматизация машиностроительного производства, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Вологда, 2006; межвузовской конференции Актуальные вопросы экономического развития (инвестиционная привлекательность и инновационная направленность), Владимир, 2009.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 285 страницах машинописного текста. Составляет из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы содержит 91 наименование. Таблиц 51, рисунков 86.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, научные и практические результаты. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе описывается система обеспечения качества автомобильного стекла. Приводятся понятия качества продукции и показатели качества автомобильного стекла. Качество рассматривается как объект управления. Даются положения управления качеством с точки зрения кибернетического подхода. Для управления качеством создаются системы менеджмента качества (СМК), входящие в состав системы общего менеджмента предприятий. Наиболее эффективным способом совершенствования управления предприятием является создание интегрированных систем менеджмента (ИСМ), отвечающих требованиям двух или более стан-

дартов и функционирующие как единое целое. Описываются требования к системам качества, закрепленные в международных, национальных и внутрифирменных стандартах, приводится их анализ.

По международному стандарту ИСО рассматриваются три направления в управлении качеством:

1. общее руководство качеством (административное управление качеством) - общие функции управления, определяющие политику в области качества, цели и ответственность, а также осуществляют с помощью таких средств, как планирование качества, управление качеством, обеспечение и улучшение качества в рамках СМК;

2. управление качеством – методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для выполнения требований по качеству;

3. всеобщее руководство качеством – подход к руководству организацией, нацеленный на качество, основанный на участии всех ее членов и направленный на достижение долгосрочного успеха путем удовлетворения требований потребителя и выгоды для членов организации.

В диссертационной работе рассматривается второе направление управления качеством. Исследуются и разрабатываются методы и алгоритмы управления качеством оперативного характера, использующие статистические методы, моделирование и информационные технологии для управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол.

Автопроизводители стремясь унифицировать требования для своих поставщиков, издали стандарт ИСО/ТУ 16949:2002, который совместно с *ISO 9001:2000* устанавливает требования к системе качества при проектировании и разработке, производстве, монтаже и обслуживании продукции автомобилестроения.

Промышленники развитых стран все чаще рассматривают стандарты ИСО 9000 как необходимую, но недостаточную основу современных и будущих систем качества. Все большее значение в промышленности развитых стран (США, Германии, Великобритании, Японии и др.) придают идеологии всеобщего управления качеством *Total Quality Management (TQM)*.

В современных условиях управление качеством во многом базируется на стандартизации. Стандартизация представляет собой нормативный способ управления процессом производства продукции путем установления норм и правил в нормативно-технических документах. Так, стандарт

ГОСТ 5727–88. Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия, устанавливает основные требования к качеству безопасных многослойных и закаленных стекол для средств наземного транспорта, к правилам приемки и методам испытаний, определяет порядок транспортировки и хранения, содержит указания по эксплуатации, определяет гарантии изготовителя о соответствии стекла требованиям стандарта, гарантийный срок хранения изделий и эксплуатации.

Важная роль в управлении качеством принадлежит техническим условиям на продукцию и стандарту предприятия, в котором определены основные технологические параметры процесса изготовления автомобильных стекол.

В условиях научно-технического прогресса в решении проблем значительного повышения качества играет важную роль оптимальное управление техническим уровнем продукции. В связи с этим возрастающее значение приобретает кибернетический подход к управлению качеством, сущность которого состоит в объединении разрозненных мероприятий в единую систему целеустремленных, постоянно осуществляемых действий на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Очередным этапом в области развития систем качества стало использование *CALS*-технологий, реализующие стратегию систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности процессов управления. Эффект от внедрения *CALS*-технологии достигается за счет использования электронной информации при формировании, обеспечении и поддержке качества изделий.

Идеология управления качеством породила множество отечественных систем. Большое влияние на дальнейшее развитие систем менеджмента качества оказала Единая система государственного управления качеством продукции. Главной целью Единой системы государственного управления качеством продукции является всемерное использование научно-технических, производственных и социально-экономических возможностей для достижения высоких темпов улучшения качества всех видов продукции.

В главе приводятся примеры внедрения ИСМ на стекольных заводах России. Внедрение ИСМ позволяет качественно улучшить процесс управленческого планирования и контроля над деятельностью предприятия со стороны высшего и среднего руководства; обеспечивает должное представление о результатах деятельности предприятия западным партнерам;

оказывает положительный эффект на расширение сотрудничества с зарубежными предприятиями и организациями.

В завершение главы рассматриваются нормативные акты и документы по управлению качеством продукции.

Вторая глава посвящена рассмотрению системного подхода к технологии управления качеством автомобильного стекла (рис.1).

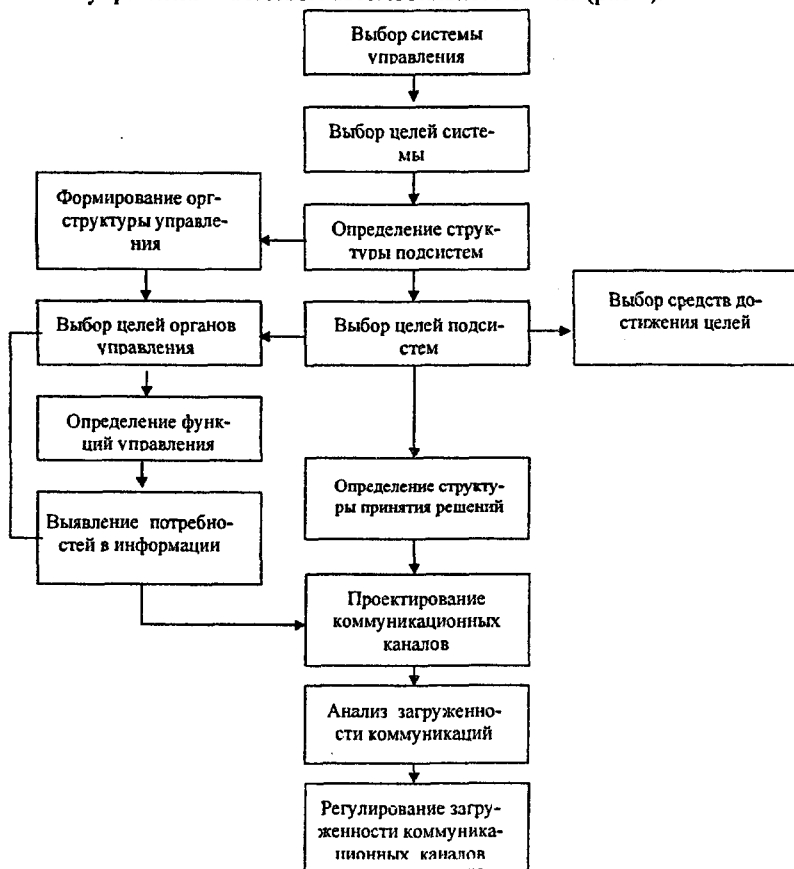


Рис.1. Структура системного подхода при организации системы управления качеством

Создание системы управления качеством автомобильного стекла возникло из проблемы обеспечения качества вырабатываемой продукции,

которая выдвинула свои цели и призвана выполнять функции для достижения этих целей. Повышение качества вырабатываемой продукции достигается за счет совершенствования в целом системы управления качеством, и в первую очередь системы управления основными процессами изготовления автомобильного стекла.

Создание и внедрение систем менеджмента представляет собой сложный и длительный процесс, однако вследствие быстро меняющихся экономических условий, бизнес предъявляет жесткие требования к срокам разработки. Нередки случаи, когда из-за ошибок на ранних этапах стадии создания приходится отодвигать на более позднее время сроки введения систем менеджмента в эксплуатацию. Информационная поддержка ранних этапов разработки систем менеджмента (описание деятельности организации) с помощью CASE- средств (*ARIS, BPwin, Design/IDEF, IDEF0/EM Tool*, БИГ- мастер и др.) позволяет ускорить эти этапы и, в то же время, уменьшить количество ошибок.

Для оценки создаваемой системы выбираются показатели качества и эффективности реализации системой процессов по управлению качеством продукции. Оценивание качества системы проводится с использованием таких эмпирических показателей, как управляемость, способность, самоорганизация. В качестве критерия эффективности системы выбирается вектор, компонентами которого являются результативность, ресурсоемкость и оперативность управления.

При создании СМК ПКО «Австекло» приходилось учитывать ограничения, вытекающие из общесистемных, структурных и функциональных свойств больших систем. Общесистемные свойства и вытекающие из него ограничения проявлялись в том, что ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» входит в группу «*Glaverbel*». В соответствии с решением Координационного Комитета группы все заводы группы должны работать по единым требованиям и изготавливать продукцию одинакового качества в соответствии с требованиями спецификаций «*Glaverbel*». Качество

«*Glaverbel*» должно: соответствовать запросам потребителей, т.е. определяться назначением продукции; обеспечивать конкурентоспособность продукции группы на рынке по отношению к другим ведущим производителям быть унифицированным внутри группы.

В главе описываются принципы построения современных систем управления качеством, охраной окружающей среды, профессиональной

безопасности и охраны труда. Для адекватно отображения процессов, протекающих в системах управления, использовалось моделирование. Моделирование проводилось с использованием *SADT*- методологии (ее стандартизированное подмножество *IDEF*), методов и технологии диаграмм потока данных *DFD*.

Исследуются структурные и другие характеристики подсистем управления качеством, охраной окружающей среды, профессиональной безопасностью и охраной труда стекольного завода, которые рассматривались как исследуемые системы, а интегрированная система управления (ИСУ) - их надсистемой. Для определения цели интегрированной системы управления использовалась методика, учитывающая среду и целеполагание. Рассмотрены варианты построения ИСМ на основе структур стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2001 и ГОСТ Р ИСО 14001- 98 (последние версии этих стандартов - ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ГОСТ Р ИСО 14001-2007). Для формализации задачи выбора последовательности разработки и внедрения подсистем ИСУ использовался метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационного подхода – метода управления внедрением нововведений.

Применение информационной модели, основанной на оценке степени влияния внедряемой подсистемы управления (нововведения) на реализацию глобальной цели создания ИСУ, заключается в оценке степени ответственности цели каждого нововведения (рис. 2).

Значимость нововведения (потенциал нововведения) вычисляется по формуле:

$$H_i = -\sum q_{j,i} \log (1 - p_{j,i}), \quad (1)$$

где H_i – значимость нововведения для достижения i -ой подцели ($i=1,2, 3$);

$q_{j,i}$ – вероятность использования j -го нововведения при достижении i -ой подцели;

$p_{j,i}$ – вероятность достижения i -ой подцели при использовании j -го нововведения.

Сравнительные оценки влияния внедрения подсистем ИСУ на достижение подцелей приведены в таблице 1.



Рис.2. Информационная модель для оценки последовательности внедрения подсистем ИСУ

Таблица 1
Сравнительная оценка влияния внедрения подсистем на достижение подцелей ИСУ

Подцели	Повышение качества продукции и сервиса	Повышение экологичности производства	Снижение травматизма, улучшение условий и безопасности труда
Система управления качеством	0,52	0,1	0,05
Система управления охраной окружающей среды	0,07	0,22	0,1
Система управления профессиональной безопасностью и охраной труда	0,07	0,1	0,5

Проведенный анализ позволил обосновать последовательность внедрения подсистем при создании ИСУ на Борском стекольном заводе:

- сначала создается подсистема управления качеством, выполняющая функции базовой системы, затем, последовательно, к ней добавляются подсистемы управления охраной окружающей среды - СУООС, профессиональной безопасности и охраны труда – СУПБиОТ.

С использованием *DFD*-технологии разработана процессная модель интегрированной системы менеджмента Борского стекольного завода. Созданная модель после экспертизы специалистами завода и доработки послужила основой для разработки ИСМ ОАО "Эй Джи Си Борский стекольный завод". Интегрированная система менеджмента является частью системы общего менеджмента организации. Она пока еще не затрагивает финансовый менеджмент, менеджмент рисков, менеджмент ценных бумаг и др. О тождественности понятий «интегрированная система менеджмента» и «система общего менеджмента» можно будет говорить лишь после того, как будут разработаны стандарты на все области, охватываемые общим менеджментом организации.

В третьей главе анализируется производство многослойного стекла (триплекса) как объекта управления, исследуются методы контроля и управления качеством изделий в процессе их изготовления. Разработано структурное описание технологического процесса производства триплекса на основе процессного подхода с использованием методологии *IDEF0*. Проведена идентификация процессов производства триплекса: выявлены определяющие переменные.

Оценена надежность в целом технологической системы производства безопасного многослойного стекла по производительности, коэффициенту использования машин стадий изготовления стекла и выходу продукции. Коэффициент использования машин стадий изготовления триплекса, характеризующий временную эффективность технологического процесса, составлял 85,4 – 86,5%. При этом коэффициент вариации колебался в широких пределах, от 23,6 до 12,6%, что характеризует невысокую точность исполнения процесса. Важнейшим показателем работы производства триплекса является выход продукции, который составил 95,1% со стандартным отклонением 3,3%, что характеризует высокую однородность анализируемых данных по выходу продукции.

Исследована отлаженность и настроенность технологических процессов по режимным переменным, по показателям свойств вырабатываемых

мой продукции и уровню дефектности. Объектом оценивания в работе являлся один из ключевых технологических процессов— моллирование, определяющий геометрию и параметры готовых стекол. Технологический процесс моллирования протекает в трехкамерной печи непрерывного действия. Режим моллирования контролируется 150-ю термopарами типа ХА, установленными в своде и поде печи равномерно по ширине и длине камер. С помощью методов кластерного и множественного корреляционного анализов были существенно понижены размеры системы, описывающей температурный режим моллирования стекла. В результате обработки исходных данных было выделено 38 представительных импульсов (вместо 150), достаточных для контроля температурного режима моллирования. Как показали расчеты, температурный режим в камере предварительного нагрева, в главной камере и камере отжига характеризуется стационарностью и высокой точностью.

Стабильность и точность процессов являются основными показателями исполнения технологического процесса производства триплекса и во многом, но не полностью, определяют показатели качества производимой продукции, т.к. на качество могут влиять и другие факторы. Поэтому была оценена отлаженность и настроенность технологического процесса по показателям свойств произведенной продукции и уровню дефектности.

Статистический анализ напряжений в кромке стекла показал на недостаточную стабильность и точность ведения технологического процесса моллирования, что требует принятия решений по повышению стабильности и точности процесса.

Анализ вида дефектов, возникающих в процессе выработки безопасных стекол, выявляет большую долю дефектов, связанную с боем заготовок стекла на пирамидах, дефектами печати, царапинами, грязью и сколами.

Для и поиска путей дальнейшего улучшения качества вырабатываемой продукции разрабатывались математические модели в виде систем линейных уравнений регрессии, описывающих зависимость параметров многослойного безопасного стекла от режима моллирования.

Качество многослойного ветрового стекла для автомобилей оценивается по отклонению поверхности стекла от опорной поверхности контрольного шаблона. Отклонение (провис) измеряется щупом в трех точках по ширине стекла. В результате обработки статистических данных в течение 96 смен работы цеха получено следующее уравнение регрессии:

$$y = 2,2 - 0,008T_{15} - 0,005 T_{16} + 0,056 T_{17} - 0,11 T_{19} + 0,027 T_{22} + 0,005 T_{23} - 0,131 T_{26} + 0,021 T_{27} - 0,045 T_{28} + 0,008 T_{32} + 0,021 T_{33} + 0,185 T_{37} + 0,001 \cdot T_{38} - 0,013 T_{45} - 0,026 T_{48} + 0,04 T_{49} \quad (1)$$

где y – величина провиса, мм;

T_i – температура в камерах печи моллирования, °C;

i – код термопары.

Созданная модель (1) адекватно описывает зависимость провиса от режима моллирования. Средняя абсолютная погрешность модели составляет 0,22 мм, что удовлетворяет предъявляемым требованиям контроля процесса.

Технические условия на изделие определяют требования к напряжениям в зоне кромки стекла шириной 20 мм. Поверхностные напряжения сжатия должны соответствовать требованиям, указанным в технических условиях на изделие и иметь равномерное распределение вдоль кромки стекла. Напряжения растяжения не должны превышать заданной величины.

На производстве напряжения измеряются в 12-и точках вдоль кромки изделия (по периметру). Для уменьшения размерности решаемой задачи были обоснованы и выбраны наиболее информативные точки измерения по сторонам стекла. В результате обработки статистических данных выработки многослойного стекла разработаны системы независимых уравнений регрессии, описывающие напряжения растяжения и сжатия в контрольных точках. Так, напряжения растяжения в контрольных точках описываются следующей системой уравнений:

$$y_1 = -276,9 - 0,031T_{14} - 0,218T_{18} + 0,19T_{19} + 0,202T_{20} + 0,005T_{23} - 0,057T_{24} + 0,125T_{26} - 0,151T_{30} - 0,012T_{31} + 0,379T_{36} - 0,496T_{37} - 0,052T_{39} + 0,035T_{41} + 0,006T_{42} - 0,013T_{43} + 0,02T_{45} + 0,538T_{47} - 0,047T_{50}, \quad (2)$$

оценки уравнения: $R^2 = 44 \%$, $F = 3,55$, $S_e = 0,61$ МПа, $\bar{e} = 0,44$ МПа,

$dw = 2,17$;

$$y_5 = 111,8 + 0,13T_{19} - 0,203T_{21} + 0,076T_{22} - 0,008T_{23} + 0,046T_{24} - 0,149T_{28} - 0,185T_{30} + 0,076T_{33} + 0,032T_{35} + 0,005T_{38} - 0,041T_{39} + 0,006T_{42} + 0,033T_{48}, \quad (3)$$

оценки уравнения: $R^2 = 38 \%$, $F = 4,1$, $S_e = 0,64$ МПа, $\bar{e} = 0,49$ МПа,

$dw = 2,42$;

$$y_8 = 308,6 - 0,044T_{14} - 0,012T_{15} + 0,1T_{17} - 0,24T_{21} + 0,27T_{24} - 0,058T_{25} - 0,27T_{26} + 0,125T_{27} + 0,145T_{28} + 0,3T_{30} + 0,02T_{32} - 0,104T_{34} + 0,046T_{35} - 0,2T_{36} - 0,527T_{37} - 0,003T_{38} - 0,046T_{41} - 0,129T_{44} + 0,096T_{45}, \quad (4)$$

оценки уравнения: $R^2 = 58\%$, $F = 6$, $S_e = 0,6$ МПа, $\bar{e} = 0,42$ МПа, $dW = 2,36$;

$$y_{10} = 179,2 - 0,017T_{15} - 0,124T_{17} + 0,269T_{18} - 0,3T_{19} - 0,044T_{26} + 0,204T_{28} + 0,4T_{30} - 0,012T_{32} - 0,316T_{36} + 0,412T_{37} + 0,003T_{38} + 0,14T_{39} - 0,078T_{41} - 0,101T_{44} - 0,68T_{47} - 0,077T_{49}, \quad (5)$$

оценки уравнения: $R^2 = 44\%$, $F = 4,2$, $S_e = 0,65$ МПа, $\bar{e} = 0,46$ МПа,

$dW = 2,2$;

где R^2 – коэффициент детерминации;

F – расчетное значение критерия Фишера;

S_e – стандартная ошибка модели;

\bar{e} – средняя абсолютная ошибка аппроксимации;

dW – расчетное значение критерия Дарбина–Уотсона.

Значимость моделей регрессии проверялась с использованием F -критерия Фишера. Расчетные значения коэффициентов F больше табличного $F_{\tau} = 1,8$ при уровне значимости 5%. Разработанные модели (2-5) считаются значимыми. В структуре моделей все коэффициенты значимы при уровне значимости 5%. Средняя абсолютная погрешность \bar{e} описания моделями напряжений растяжения находится в пределах от 0,42 до 0,49 МПа, что удовлетворяет предъявляемым требованиям.

В главе показана эффективность использования разработанных моделей и гистограмм распределения показателей качества вырабатываемого стекла для выработки решений по коррекции режима моллирования. С использованием метода морфологического ящика рассчитывались корректирующие действия. Результаты расчетов коррекции режима моллирования приведены в табл.2.

Таблица 2

Коррекция среднего значения температур в камерах печи моллирования

Решение по коррекции температуры в камерах печи моллирования	Уменьшение напряжения растяжения, %				Увеличение напряжения сжатия, %			
	y_1	y_5	y_8	y_{10}	y_1	y_5	y_7	y_{11}
Увеличить температуру T14 на 4,5 %	21,7		21,1		7,3	17,3		
Уменьшить температуру T22 на 0,5 %		8,6						

Окончание табл. 2

Уменьшить температуру Т35 на 1,8 %		19,1	17,8		8,8			
Увеличить температуру Т43 на 5,2 %	17,2			26,7				
Увеличить температуру Т49 на 2,3 %							12,8	
Смещение центров распределения напряжений	38,9	27,7	38,9	26,7	16,1	17,3	12,8	-
Критериальные требования	38,8	27,6	26	24,2	16,3	-	13	-

Четвертая глава посвящена управлению качеством закаленного стекла в процессе производства. Приводится структурное описание технологического процесса закалки с использованием *IDEF*-технологии. На основе процессного подхода проведена идентификация технологических процессов, выявлены ключевые показатели процессов и изделий из закаленного стекла.

Определены особенности управления производством закаленного стекла как технологической системы. Качество процесса производства оценивалось с помощью следующих показателей: выработке по пропущенному стеклу, ритмичности выхода годной продукции (*CADENCE*), коэффициенту использования технической системы (*CU*), выходу годной продукции (*Yield*). Для анализа изменяющихся во времени показателей использовали временные ряды, порождаемые аддитивным случайным процессом:

$$Y_t = U_t + V_t + e_t, \quad (6)$$

где U_t - тренд;

V_t - сезонная компонента;

e_t - случайная компонента.

t - уровни наблюдения, $t=1, 2, 3, \dots$

Как показал проведенный статистический анализ, технологическая система производства закаленного стекла характеризуется достаточной стабильностью и точностью процесса. Среднее арифметическое значение выхода закаленного стекла *Yield* составляет 93,56% со стандартным отклонением 1,12%. Коэффициент вариации равен 1,2%, что характеризует вы-

Вместе с тем выявлена возможность дальнейшего улучшения показателей работы цеха закаленного стекла.

Технологический процесс представляет собой основную часть производственного процесса, содержит взаимосвязанные операции (процессы) технологической системы в отношении предмета труда с целью изготовления из него продукции. В работе исследуется один из ключевых технологических процессов в производстве закаленного стекла – закалка, представляющий собой критический процесс, определяющий геометрию и параметры готовых стекол.

Стабильность и точность процесса закалки являются основными показателями исполнения технологического процесса производства закаленного стекла, но не полностью определяют качество вырабатываемой продукции, т.к. на качество могут влиять и другие факторы. Поэтому в работе оценивалась отлаженность и настроенность технологического процесса по показателям произведенной продукции и уровню дефектности.

Статистический анализ результатов испытаний выработанного закаленного стекла в течение года и дефектности *PPM* показал невысокую стабильность и точность технологического процесса. Стабильность и точность процесса не полностью определяют качества вырабатываемой продукции, т.к. на качество могут влиять и другие факторы. Поэтому в работе дополнительно оценивалась отлаженность и настроенность технологического процесса по показателям произведенной продукции и уровню дефектности.

Изделия из закаленного стекла для наземного транспорта должны быть механически прочными. При испытаниях на характер разрушения контролируется количество образовавшихся осколков, их геометрические размеры и отсутствие заостренных концов. Характер разрушения (тест на фрагментацию) во многом зависит от технологического процесса закалки.

Анализ результатов испытаний выработанного закаленного стекла в течение года показал невысокую стабильность и точность процесса. Коэффициента вариации результатов испытаний составил: по фрагментации 223%; по удару 241%.

Дефекты закаленного стекла, обнаруженные в течение месяца работы горизонтальной печи *SIV*, отображены на диаграмме (рис.3). Наиболее часто встречались дефекты вида неприлегание стекла и царапины. Процент бракованных изделий по каждому из этих видов дефектов достигал двух

процентов. Дефекты вида бой, потери при переналадках, дефекты черного канта не превышали одного процента.

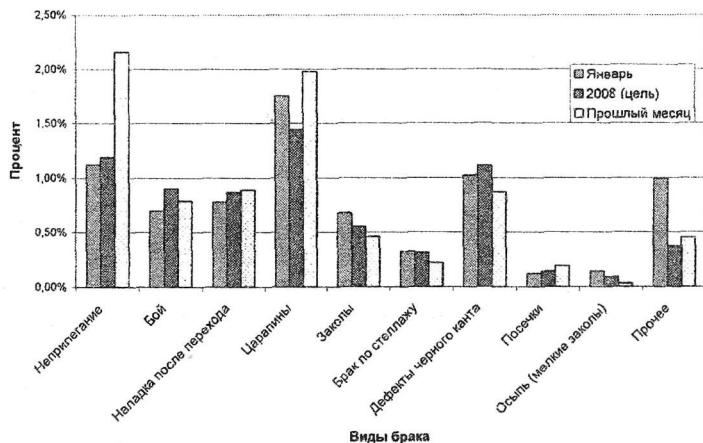


Рис. 3. Диаграмма Парето дефектов закаленного стекла

Технологический процесс закалки стекла является сложным, слабо структурированным и слабо формализуемым объектом исследования. На результат закалки влияет одновременно множество управляемых и неуправляемых величин и их взаимосвязи. Все это приводит к тому, что традиционные методы исследования могут быть мало пригодными и для изучения таких объектов необходимо использовать способы решения задач с нечеткими знаниями и данными.

Удобным инструментом исследования слабо структурированных, плохо формализуемых задач является когнитивная структуризация, которая способствует углублению понимания проблем, выявлению противоречий, качественному их анализу. Для построения когнитивной модели технологического процесса закалки стекла в диссертации была предложена следующая методика:

- 1) По априорным данным строилась начальная (априорная) когнитивная модель.
- 2) Априорная модель предъявлялась экспертам для уточнения и внесения поправок.

В качестве экспертов привлекались специалисты производства, хорошо знающие технологический процесс закалки стекла и имеющие опыт управления этим процессом (начальник производства, технолог производства, опытный закальщик).

3) Проводился анализ предложенных экспертами когнитивных моделей с привлечением системного аналитика. С использованием полученной информации аналитик строил обобщенную когнитивную модель, учитывая мнения экспертов.

4) Обобщенная модель предъявлялась экспертам для чтения. После обсуждения и согласования строилась результирующая когнитивная модель, отражающая процесс закалки стекла.

5) Для описания характера влияния элементов графа друг на друга выбирались лингвистические переменные типа «влияние положительное» или «влияние отрицательное». Эти переменные условно помечались на дугах графа знаками: (+) - влияние положительное и (-) – влияние отрицательное.

С использованием данной методики была построена когнитивная модель в виде ориентированного графа, отражающая структуру причинно-следственных связей процесса закалки стекла (рис. 4). Построенная когнитивная модель может использоваться в системе менеджмента качества для выработки корректирующих действий, а также для поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом закалки стекла.

В главе разрабатываются системы линейных регрессионных моделей, описывающие влияние процесса закалки на форму и размеры гнутых изделий (7), а также механическую прочность закаленных стекол (8). Проводится статистический анализ разработанных моделей и оценивается влияние режимных переменных на свойства готовой продукции.

Показана эффективность использования разработанных моделей для анализа и выработки решений по коррекции режима закалки.

$$\begin{aligned}y_1 &= 31,5 + 0,006 x_4 - 4,57 x_{12} - 2,3 x_{13} + 5,44 x_{17}; \\y_2 &= -23,14 + 0,022 x_4 - 0,016 x_5 + 2,8 x_{12} - 0,014 x_{14} + 9,6 x_{17} + 0,055 x_{21}; \\y_3 &= 5 - 0,74 x_{13} + 6,97 x_{15} - 6,84 x_{18} - 0,08 x_{19}; \\y_4 &= -14,45 - 0,01 x_8 + 3,73 x_{12} + 1,57 x_{13} - 4,63 x_{17} - 6,5 x_{18}; \\y_5 &= 5,33 - 0,017 x_{11} - 1,5 x_{13} + 0,018 x_{14} - 0,15 x_{19}.\end{aligned}\tag{7}$$

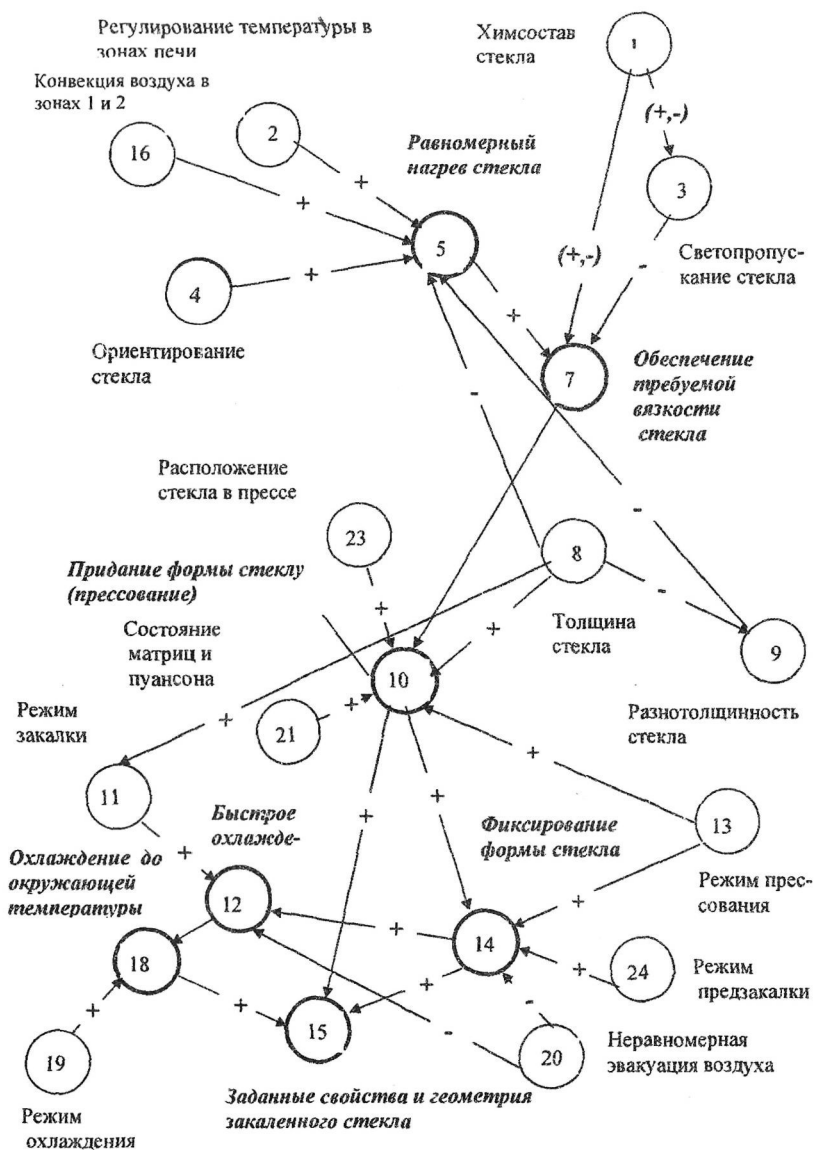


Рис. 4. Когнитивная модель процесса закалки стекла
22

$$\begin{aligned}
 y_6 &= 442,3 - 26,6x_{13} - 316,4x_{18} - 8,0x_{19} \\
 y_7 &= 146,1 - 0,33x_{11} - 90,0x_{18} - 2,38x_{19} + 0,31x_9 \\
 y_8 &= -196,5 + 6,0x_{13} + 154,8x_{18} + 1,6x_{19} + 0,25x_6
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

где *результативные признаки*: y_1 -неприлегание на стороне $A-B$; y_2 -неприлегание на стороне $B-C$; y_3 - неприлегание на стороне $C-D$; y_4 - неприлегание на стороне $D-F$; y_5 - отклонение образующей цилиндра; y_6 - максимального количества осколков при испытаниях; y_7 - минимальное количество осколков при испытаниях; y_8 - максимальная длина осколков;

влияющие факторы: x_4 - температура свода в камере 1 по центру зоны 1; x_5 - температура подовая в камере 1 в зоне 11; x_8 -температура свода в камере 3 по центру зоны 1; x_{11} - температура подовая в камере 4 в зоне 12; x_{13} - количество потоков заготовок стекла на транспортирующем конвейере; x_{14} - показания пирометра 1 температуры заготовок стекла на входе пресса; x_{15} - замедление валков на входе пресса; x_{17} -режим прессования, интервал левый 1; x_{18} - режим прессования, интервал левый 2; x_{19} - высота подъема пуансона; x_{21} -давление воздуха, подаваемого с низу при предварительном охлаждении прессованного стекла.

В пятой главе описывается методика применения информационных технологий для поддержки качества автомобильного стекла в процессе производства.

Определяется место систем управления качеством в производстве. Рассматриваются подходы к информатизации управления качеством на предприятии. В качестве примера рассматривается место информационных технологий в управлении производством автомобильного стекла в ПКО «Автомобильное стекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Описываются структура и функции система мониторинга GP 2000. Главное назначение системы – обеспечение прослеживаемости процессов, повышение оперативности управления, автоматизация документооборота, создание электронного хранилища документов.

Проблема повышения качества изделий решается путем обучения и переобучения исполнителей, подбором и расстановкой кадров по результатам работы и машинного тестирования, индивидуальной подготовкой специалистов. Наряду с повышением уровня исполнительской, технологической дисциплины, материальной заинтересованности многое зависит от уровня разработки и использования в управлении технологическими процессами компьютерных информационных технологий. Применение компьютерных систем для поддержки принятия

решений (СППР) оператора позволяет заметно снизить потери от брака и сократить материальные затраты в производстве. Функционирование СППР дисциплинирует исполнителей, способствует повышению ответственности за дело и стимулирует рост их квалификации.

В диссертации решены вопросы создания оперативной настольной СППР, использующей для управления качеством вырабатываемой продукции данные о технологическом процессе, результаты контроля качества и значения контролируемых возмущающих воздействий. В основу построения алгоритмов СППР положена машинная процедура формирования понятий *CLS-9* (*Concept learning system*), с помощью которой формируются понятия в системе "признак - значение". СППР представляет собой человеко-машинную систему (рисунок 5).

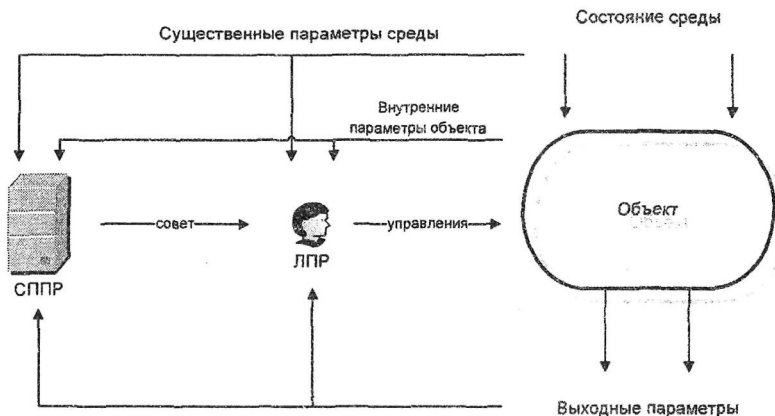


Рис. 5. Структура системы поддержки принятия решений

Описывается программное обеспечение СППР. В качестве примера приводятся результаты исследования эффективности использования процедуры *CLS-9* в СППР закальщика при выработке закаленного стекла для автомобиля *DAEWOO LANOS*. Результаты испытаний процедуры *CLS-9* в двух режимах работы приведены в таблице 3.

Как показали испытания для формирования предварительного понятия достаточно иметь исходную обучающую выборку в объеме 20-30% от гене-

ральной совокупности возможных ситуаций. При этом достоверность выдаваемых советов будет превышать 80%.

Таблица 3

Результат исследования процедуры *CLS-9*

Объем обучающей выборки, шт. (%)		5 (2%)	10 (4%)	15 (6%)	20 (8%)	25 (10%)	30 (12%)
Процент верных советов	Без обучения	20%	40%	60%	70%	80%	87%
	С обучением	40%	50%	67%	77%	80%	87%

В главе решена задача управления технологическим процессом закалки стекла. Управление процессом закалки представляет многокритериальную задачу принятия решений. Выбираемое решение оценивается совокупностью критериев, характеризующих отклонения изделия от требуемой формы и механические свойства стекла. С учетом сказанного задача управления технологическим процессом закалки сформулирована в следующем виде:

минимизировать линейную форму критерия

$$K = C_1y_1 + C_2y_2 + C_3y_3 + C_4y_4 + C_5y_5, \quad (9)$$

при выполнении следующей системы ограничений

$$y_i \leq y_{i, \text{зад}} \text{ для } i=1, 2, \dots, 5, \quad (10)$$

$$y_j \leq y_{j, \text{зад}} \text{ для } j=6, 8, \quad (11)$$

$$y_7 \geq y_{7, \text{зад}}, \quad (12)$$

$$x_{n, \text{мин}} \leq x_n \leq x_{n, \text{макс}} \text{ для } n=1, 2, \dots, 21. \quad (13)$$

Первое ограничение (10) требует, чтобы неприлегание по сторонам стекла и отклонение образующей цилиндра y_i не превышало заданной величины $y_{i, \text{зад}}$. Второе ограничение (11) определяется требованиями на характер разрушения стекла при испытаниях. Максимальное количество осколков y_6 и наибольшая длина осколков y_8 не должны превышать значений $y_{j, \text{зад}}$ указанных в ГОСТ. Неравенство (12) ограничивает минимальное количество осколков при испытаниях изделий, которое не должно быть меньше $y_{7, \text{зад}}$. Последнее неравенство (13) устанавливает то, что решения (управляющие воздействия) x_n по коррекции режима работы оборудования должны выбираться из допустимой области.

В процессе промышленной эксплуатации коэффициенты моделей (9) могут изменяться. При этом система неравенств (10-13) может стать несовместимой, при которой сформулированная задача, как задача линейного программирования, не будет иметь решения. В связи со сказанным задача управления была сведена к решению задачи безусловной минимизации с использованием метода штрафных функций. Поиск оптимального режима проводился с использованием алгоритма покоординатного спуска.

Для оценки эффективности предложенного алгоритма управления было использовано имитационное моделирование. Моделирование показало возможность дальнейшего повышения качества вырабатываемых закаленных автомобильных стекол на существующем технологическом оборудовании и обосновало целесообразность применения оптимального управления (таблица 4).

Таблица 4

Сравнительные характеристики вырабатываемых закаленных стекол для автомобиля *DAEWOO LANOS* при оптимальном управлении с ручным ведением процесса

Характеристика стекла	Результаты моделирования		Ручное ведение процесса	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Неприлегание на стороне <i>A-B</i>	1,16	0,83	1,65	0,85
Неприлегание на стороне <i>B-C</i>	1,96	0,003	1,66	0,99
Неприлегание на стороне <i>C-D</i>	1,1	0,36	1,64	0,81
Неприлегание на стороне <i>D-F</i>	1,41	0,28	1,06	0,58
Отклонение образующей цилиндра	0,84	0,72	2,08	1,54
Максимальное количество осколков	165,4	11,8	175,8	53,2
Минимальное количество осколков	59,1	0,49	65,1	13,76
Максимальные размеры осколков	56,6	2,7	52,8	11,61

При оптимальном управлении процессом закалки улучшаются критические характеристики закаленного стекла, отражающие характер разрушения при испытаниях. Вариация показателей уменьшается с 21–30% при ручном управлении до 0,83–7,1% при оптимальном управлении. Увеличивается точность изготовления стекла за счет уменьшения величины неприлегания к контрольному шаблону и отклонения образующей цилиндра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены основы создания системы менеджмента качества, методика использования статистических методов и информационных технологий в управлении качеством автомобильных стекол в процессе их производства, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие современных методов управления качеством.

Научные и практические результаты диссертации сформулированы в *следующих выводах*:

1. Получены теоретические результаты в новом для производства автомобильных стекол, связанные с использованием моделирования и статистических методов анализа при проведении научных исследований, проектировании и эксплуатации систем менеджмента качества на стекольных заводах.

2. Предложен системный подход при разработке системы менеджмента качества для производства автомобильных стекол. СМК должна создаваться как подсистема интегрированной системы менеджмента стекольного завода.

3. Построены процессные модели системы менеджмента качества, экологического менеджмента, профессиональной безопасности и охраны труда «как есть» и интегрированной системы менеджмента стекольного завода «как должно быть».

5. Разработано структурное описание технологических процессов производства автомобильных стекол на основе процессного подхода с использованием методологии *IDEF0*. Проведена идентификация процессов производства безопасных многослойных (триплекс) и закаленных стекол: выявлены определяющие переменные, с помощью системы регрессионных уравнений описаны взаимосвязи между входными и выходными данными.

6. Исследованы методы статистического анализа и контроля качества изделий, точности и стабильности технологических процессов и производства триплекса и закаленных стекол для автомобильного транспорта.

7. Разработаны методы и алгоритмы статистического регулирования процессами в производстве автомобильных стекол, основанные на использовании результатов корреляционного и регрессионного анализов данных работы технологических линии и отдельных стадий производства.

8. Предложена методика использования информационных технологий для поддержки принятия решений по стабилизации качества вырабатываемых изделий и оптимального управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол.

8. Показана эффективность использования информационных технологий для поддержки принятия решений по стабилизации качества вырабатываемых изделий и оптимального управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол.

9. Сформулирована и решена задача оптимального управления технологическим процессом производства закаленных стекол. Оценена результативность алгоритмов управления с использованием вычислительного эксперимента.

10. Теоретические положения диссертации и практический опыт создания систем менеджмента качества отражены в монографии «Управление качеством автомобильного стекла», Владимир, 2009.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Макаров Р.И., Хорошева Е.Р., Суворов Е.В., Кочетов А.И. Модель системы менеджмента качества производства безопасного стекла для наземного транспорта. Материалы четвертой всероссийской конференции. Том 2. Вологда, 2006. - С.111-114.

2. Суворов Е.В., Кочетов А.И., Макаров Р.И. Использование математических моделей для оценки качества технологического процесса производства безопасного трехслойного стекла. Межвуз. сб. науч.тр. Современные проблемы экономики и новые технологии исследований. Часть 2. Владимир, 2006. - С.269-271.

3. Макаров Р.И., Суворов Е.В., Кочетов А.И. Применение статистических методов в производстве безопасного стекла для наземного транспорта. Материалы второй международной научно-технической конференции. Автоматизация машиностроительного производства, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Том 2. Вологда, 2006. - С.121-124.

4. Макаров Р.И., Суворов Е.В., Кочетов А.И. Выделение ключевых характеристик в производстве трехслойного безопасного стекла. Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Сборник научных статей / Под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова – М.: Горячая линия – Телеком, 2006, С.253-257.

5. Макаров Р.И., Суворов Е.В., Кочетов А.И. Анализ влияния режима моллирования на форму поверхности многослойного стекла. Сб. тр. XX международной научной конференции. Математические методы в технике и технологиях. Том 7. Ярославль, 2007. - С.285-286.

6. Мельцаева О.А., Суворов Е.В. Обоснование выбора точек контроля процесса моллирования многослойного стекла. Сб. тр. XX международной научной конференции. Математические методы в технике и технологиях. Том 7. Ярославль, 2007. - С.285-286.

7. Красноперов И.С., Суворов Е.В. Обоснование выбора точек контроля температурного режима моллирования многослойного стекла. Сб. тр. XX международной научной конференции. Математические методы в технике и технологиях. Том 7. Ярославль, 2007. - С.283-285.

8. Макаров Р.И., Суворов Е.В., Кочетов А.И. Выбор корректирующих действий в производстве многослойного стекла на основе статистического анализа. Межвуз. сб. науч. трудов. Формирование социально-ориентированной экономики: вопросы теории и практики. Владимир, 2007. – С.220-222.

9. Макаров Р.И., Обухов Ю.М., Суворов Е.В. Математическое моделирование производства гнутого закаленного автомобильного стекла. Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-21); сб.тр. XXI Междунар. конф. в 10 т.Т.9, секция 10 /под общ. ред. проф. В.С. Балакирева; Псковский гос. политехн. и-т. 2009.-С.187-188.

10. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Обухов Ю.М. Моделирование процесса закалки автомобильного стекла для выработки корректирующих действий. ж. Стекло и керамика, №1. 2010, -С.3-5.

11. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Математическое описание процесса закалки автомобильного стекла. Стекло и керамика, -2009. - №5. – С.12-14.

12. Макаров Р.И., Суворов Е.В., Тарбеев В.В., Хорошева Е.Р. Управление качеством автомобильного стекла. Монография. Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-т, 2009. -280 с.

13. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Автоматизация процесса принятия решений в производстве закаленного стекла. Актуальные вопросы экономического развития (инвестиционная привлекательность и инновационная направленность) / Материалы межвузовской конференции 28 апреля 2009. Владимир. Изд-во: филиал ВЗФЭИ в г. Владимире. С.111-113.

14. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Подходы к реформированию процессов менеджмента и управления качеством в производстве автомобильного стекла. Вестник Костромского гос. университета им. Н.А. Некрасова. Том 15. Серия технические и экономические науки «Системный анализ. Теория и практика». Кострома, 2009. №2.–С.65-67.

15. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Выбор структуры моделей для описания показателей качества изделий из закаленного стекла. Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сборник научных статей; Выпуск 14/ Под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова – М.: «Центр информационных технологий в природопользовании», 2009, -С.85-89.

16. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Обухов Ю.М. Моделирование процесса закалки автомобильного стекла для выработки корректирующих действий. ж. Стекло и керамика, №1. 2010, -С.3-5.

17. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Использование систем поддержки принятия решений в управлении качеством закаленных автомобильных стекол. Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия технические и естественные науки "Системный анализ. Теория и практика", Том 16, №1. 2010. -С. 60-62.

18. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Управление процессом закалки гнутого автомобильного стекла. Вестник филиала Всероссийского заочного финансово-экономического института в г. Владимире: Выпуск 4.- Владимир, 2010. -С.231-232.

19. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Место автоматизированной системы управления качеством в производстве автомобильного стекла. Вестник филиала Всероссийского заочного финансово-экономического института в г. Владимире: Выпуск 4.- Владимир, 2010. -С.232-233.

20. Макаров Р.И., Суворов Е.В. Повышение качества вырабатываемого закаленного стекла на действующей технологической линии. ж. Стекло и керамика, №5. 2010, -С.18-21.

Подписано в печать 29.09.10.

Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 1,86. Тираж 50 экз.

Заказ 256-2010г.

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.