

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

Учебное пособие

Под редакцией профессора Р.И. Макарова

Владимир 2010

УДК 658.56 : 666.1.054.3(075.8)

ББК 65.291.823.2я73

И74

Авторы:

Р.И. Макаров, Е.В. Суворов, В.В. Тарбеев, Е.Р. Хорошева

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор зав. кафедрой менеджмента
Владимирского государственного гуманитарного университета

В. И. Денисенко

Доктор технических наук, профессор
кафедры вычислительной техники

Владимирского государственного университета

И. Р. Дубов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

И74 **Информационные** технологии в управлении качеством автомобильного стекла : учеб. пособие / Р. И. Макаров [и др.]; Владимир. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 276 с. ISBN 978-5-9984-0038-4

Излагается метод использования информационных технологий в управлении техническими системами на примере производства автомобильного стекла. Рассматриваются вопросы стандартизации в управлении качеством продукции, принципы построения систем поддержки принятия решений и оптимального управления технологическими процессами в производстве безопасных автомобильных стекол. Показывается эффективность использования *IDEFO*-методологии для моделирования систем менеджмента. Описываются особенности применения статистических методов для анализа и регулирования качества вырабатываемого стекла, информационных технологий для поддержки качества автомобильного стекла в процессе производства; указывается на перспективность применения имитационного моделирования для совершенствования управления технологическими процессами. Приводятся алгоритмы управления процессами, протекающими в основном технологическом оборудовании.

Предназначено для специализированной подготовки магистрантов первого, второго курсов очной формы обучения направления 230200 – Информационные системы по программе 230218 – «Анализ и синтез информационных систем», а также рассчитано на специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией систем менеджмента качества в стекольной отрасли. Пособие может быть полезно аспирантам и студентам вузов, специализирующимся в области управления качеством продукции в промышленности.

Ил. 84. Табл. 44. Библиогр.: 80 назв.

УДК 658.56 : 666.1.054.3(075.8)

ББК 65.291.823.2я73

ISBN 978-5-9984-0038-4

© Владимирский государственный университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	9
<i>Глава 1. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА.....</i>	<i>13</i>
1.1. Качество автомобильного стекла и ориентация на потребителей.....	13
1.2. Основные понятия управления качеством.....	15
1.3. Взаимосвязь систем менеджмента в производстве.....	24
1.4. Нормативные акты и документы по управлению качеством продукции.....	30
<i>Глава 2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА.....</i>	<i>35</i>
2.1. Системный подход к технологии управления качеством	35
2.2. Моделирование системы управления качеством автомобильного стекла.....	43
2.3. Анализ принципов построения систем управления охраной окружающей среды (СУООС).....	59
2.4. Моделирование системы управления охраной окружающей среды	66
2.5. Моделирование системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда.....	76
2.6. Интегрированная система менеджмента. Методы создания. Моделирование системы.....	89
<i>Глава 3. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БЕЗОПАСНОГО МНОГОСЛОЙНОГО СТЕКЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ.....</i>	<i>118</i>
3.1. Модель технологии производства многослойного стекла. Выделение ключевых показателей.....	118
3.2. Оценка надежности технологической системы производства безопасного многослойного стекла.....	138
3.3. Оценка отлаженности и настроенности технологических процессов по режимным переменным.....	145
3.4. Оценка отлаженности и настроенности технологических процессов по характеристикам произведенной продукции и уровню дефектности.....	150

3.5. Разработка математических моделей, описывающих зависимость параметров многослойного безопасного стекла от режима моллирования.....	159
3.6. Использование многофакторных моделей для анализа и принятия решений по коррекции режима моллирования в производстве многослойного стекла.....	164
<i>Глава 4. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ.....</i>	<i>179</i>
4.1. Модель технологии производства закаленного стекла. Выделение ключевых показателей.....	179
4.2. Оценка качества технологической системы и технологических процессов производства закаленного стекла.....	195
4.3. Оценка отлаженности и настроенности технологического процесса закалки по характеристикам выработанной продукции и уровню дефектности.....	209
4.4. Разработка моделей, описывающих процесс закалки автомобильного стекла.....	212
<i>Глава 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ.....</i>	<i>228</i>
5.1. Место системы управления качеством в производстве.....	228
5.2. Реформирование процессов менеджмента и управление качеством в производстве автомобильного стекла.....	236
5.3. Поддержка принятия решений по стабилизации качества вырабатываемого стекла.....	239
5.4. Оптимизация управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол.....	256
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	265
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	268
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	269

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие написано на базе научных исследований, проведенных Владимирским государственным университетом в течение ряда лет совместно с ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». В пособии рассматриваются методические и практические аспекты применения информационных технологий в управлении качеством продукции на примере производства автомобильного стекла.

Учебное пособие состоит из предисловия, введения и пяти глав.

В первой главе описывается система обеспечения качества автомобильного стекла. Приводятся понятия качества продукции и показателей 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 эффективный способ совершенствования управления предприятием – создание интегрированных систем управления, отвечающих требованиям двух или более стандартов и функционирующих как единое целое.

Описываются требования к системам качества, закрепленные в международных, национальных и внутрифирменных стандартах, приводится их анализ.

Очередным этапом в области развития систем качества стало использование *CALS*-технологий, реализующих 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.

Приводятся примеры внедрения интегрированных систем менеджмента (ИСМ) на стекольных заводах России. В завершении главы рассматриваются нормативные акты и документы по управлению качеством продукции.

Вторая глава посвящена рассмотрению системного подхода к технологии управления качеством автомобильного стекла. Описываются принципы построения современных систем управления качеством, охра-

ной окружающей среды, профессиональной безопасностью и охраной труда. Для адекватного отображения процессов, протекающих в системах управления, используется моделирование. Моделирование проводится с использованием *SADT*-методологии (ее стандартизированное подмножество *IDEF*), методов и технологии диаграмм потока данных *DFD*.

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

С использованием *DFD*-технологии разрабатывается процессная модель интегрированной системы менеджмента Борского стекольного завода. Созданная модель после экспертизы специалистами завода и доработки была использована при разработке ИСМ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод».

В третьей главе описывается модель технологии производства многослойного стекла (триплекса). Определяются ключевые показатели изделий и технологических процессов производства стекла. Оценивается надежность технологической системы производства безопасного многослойного стекла по производительности, коэффициенту использования машин, стадиям изготовления стекла и выходу продукции.

Оценивается отлаженность и настроенность технологических процессов по режимным переменным, показателям свойств выработанной продукции и уровню дефектности. Статистический анализ напряжений в кромке стекла показывает на недостаточную стабильность и точность ведения технологического процесса моллирования. Анализ вида дефектов, возникающих в процессе выработки безопасных стекол, выявил большую долю дефектов, связанных с боем заготовок стекла на пирамидах, дефектами печати, царапинами, грязью и сколами.

Разрабатываются математические модели в виде систем линейных уравнений регрессии, адекватно описывающие зависимость параметров многослойного безопасного стекла от режима моллирования.

Описывается методика использования многофакторных моделей для анализа и принятия решений по коррекции режима моллирования в производстве многослойного стекла. В основу методики положены анализ регрессионных моделей, гистограмм распределения показателей качества вырабатываемого стекла и принятие решений по выбору корректирующих действий на основе морфологического подхода.

Четвертая глава посвящена описанию управления качеством закаленного стекла в процессе производства. Строится модель технологии производства закаленного стекла, определяются ключевые показатели изделий из закаленного стекла и технологических процессов. Оценивается качество технологической системы по параметрам ее работоспособности, затрачиваемым ресурсам и качеству изготавливаемой продукции. Статистический анализ технологической системы производства закаленного стекла показал достаточную стабильность и точность процесса. Вместе с тем указывается на возможность дальнейшего улучшения показателей работы цеха закаленного стекла.

Проводится оценка технологического процесса для управления им при производстве закаленного стекла требуемого качества и количества, а также в целях недопущения непроизводительных затрат и потерь ресурсов, подтверждения соответствия технологических процессов требованиям стандарта предприятия при аудитах, набора статистических данных для принятия управленческих и конкретных технических решений по совершенствованию оцениваемых процессов. В качестве объекта исследования рассматривается закалка, представляющая собой критический процесс, определяющий геометрию и параметры готовых стекол.

Оценивается отлаженность и настроенность технологического процесса закалки по показателям свойств вырабатываемой продукции и уровню дефектности. Анализ результатов испытаний выработанного закаленного стекла в течение года и дефектности *PPM* показал невысокую стабильность и точность процесса.

Технологический процесс закалки стекла является сложным, слабоструктурированным и слабо формализуемым объектом. Для исследования процесса закалки строилась когнитивная модель, которая может использоваться в системе менеджмента качества для выработки корректирующих действий, а также для поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом закалки стекла.

В главе разрабатывается система линейных регрессионных моделей, описывающая влияние процесса закалки на форму и размеры гнутых изделий, а также механическую прочность закаленных стекол. Проводится статистический анализ разработанных моделей и влияния режимных переменных на свойства готовой продукции.

В пятой главе описывается применение 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 «Автостекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Описываются структура и функции системы мониторинга *GP 2000*.

Рассматриваются вопросы улучшения качества автомобильных стекол за счет использования информационных технологий в управлении технологическими процессами. 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.

Рассматривается оперативная, настольная СППР, использующая для управления качеством вырабатываемой продукции данные о технологическом процессе, результаты контроля качества и значения контролируемых возмущающих воздействий. В основу алгоритмов СППР положена машинная процедура формирования понятий *CLS-9 (Concept learning system)*. С помощью процедуры формируются понятия, которые представляются в системе «признак – значение». 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*.

В главе описывается методика использования имитационного моделирования для оценки эффективности управления производством автомобильного стекла. Исследуются алгоритмы оптимального управления горизонтальной печью фирмы *SIV* при выработке закаленного стекла для автомобиля *DAEWOO LANOS*. Показывается возможность дальнейшего повышения качества вырабатываемых закаленных автомобильных стекол на существующем технологическом оборудовании за счет внедрения оптимального управления технологическим процессом.

ВВЕДЕНИЕ

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 [1]. 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 зарубежных фирм за короткий срок вышли на качественно новый уровень организации производства, используют различные подходы, концепции, методы эффективного менеджмента: *TQM*, *FMEA*, *SPS*, *SW*, *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 16949:2002 [2]. В ИСО/ТУ 16049 содержатся требования к СМК в области автомобилестроения, основанные на требованиях как международного (*ISO 9001:2008*), так и национальных стандартов. ИСО/ТУ 16049 приняты как альтернатива этим стандартам и применяются у поставщика при предъявлении такого требования сборщиком. Наличие сертификата соответствия требованиям «автомобильного стандарта» является условием для заключения контрактов с ведущими автозаводами.

В ИСО/ТУ 16049 описаны требования к организации, а также установлены конкретные методы по достижению этих требований. Так, на предприятии должны работать *FMEA*-команды, в ходе перспективного планирования качества продукции (*APQP – Advanced Product Quality Planning*) для каждого из процессов должны быть определены и включены в план управления соответствующие статистические инструменты (*SPS – статистическое управление процессами*); необходимо освоить *PPAP (Product Part Approval Process – процесс согласования производства части)* и *MSA (Measurement-System-Analysis – анализ измерительных систем)*. Комплексное использование названных методов позволяет производить более качественную продукцию.

Настало время, когда производители продукции поняли, что путь их выживания и благополучия в рыночной среде – это создание продукции высокого качества, конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

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

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 В.В. Кафарова, И.И. Китайгородского, П.Д. Саркисова, академика в области теории систем и управления И.В. Прангишвили и других.

Накоплен значительный опыт в области интеграции систем управления, важность внедрения ИСМ для предприятий России отра-

жена в работах Ю.П. Адлера, В.В. Бочарова, С.В. Василевской, Т.В. Гусевой, А.Д. Никифорова, Р.И. Макарова, М.З. Свиткина, В.В. Тарбеева, Е.Р. Хорошевой и других.

ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» имеет богатые традиции в области управления качеством продукции и природоохранной деятельности. Борский стекольный завод входит в семью предприятий Группы *Asahi*, в то же время является лидером стекольной отрасли России. На рынке автомобильного стекла стекольный завод удерживает лидирующие позиции. Качество продукции завода подвержено неоднократным аудитам автопроизводителей и сертификатом поставщика *Ford Q1*. Значительная часть продукции лидера российского автомобилестроения ОАО «ВАЗ» комплектуется стеклами производства Борского стекольного завода.

На заводе ведутся работы по совершенствованию систем менеджмента, итогом которого станет получение единого сертификата на соответствие требованиям международных стандартов *ISO 9001*, *ISO 14001* и *OHSAS 18001* с областью распространения на организации группы «*Glaverbel*» в России.

Производственная деятельность стекольного завода сопряжена с потенциальной опасностью загрязнения окружающей среды или нанесения ей ущерба. Завод контролирует свою деятельность с целью соблюдения соответствующих природоохранных стандартов, реализует программы по охране окружающей среды.

В ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» ведутся работы по совершенствованию систем менеджмента. Уделяется большое внимание повышению уровня и компетенции сотрудников, поскольку будущее компании зависит от суммы накопленных внутри компании знаний и их применения. На заводе работает школа «Секреты успеха», где обучаются молодые и талантливые сотрудники отделов и подразделений компании.

Значительное внимание завод уделяет внедрению последних достижений науки в области менеджмента в производство. Финансирует проведение научных исследований, направленных на повышение эффективности систем менеджмента, в которых активное участие принимают ведущие специалисты завода и по результатам проведенных исследований защищают ученые степени.

Результаты научных исследований и практический опыт внедрения в производство нашли отражение в изданных учебных пособиях, рекомендованных для студентов, обучающихся по направлению 270106 «Строительство» [3, 4].

Вместе с тем следует отметить, что сегодня еще недостаточно научных работ, посвященных управлению качеством производства автомобильного стекла для наземного транспорта. Пионерскими работами в этой области были кандидатские диссертации В.Н. Чуплыгина [5], Е.В. Суворова [6], в которых с использованием системного анализа и моделирования исследованы принципы создания системы управления качеством триплекса. Оценена эффективность применения статистических методов при контроле качества продукции, определении точности и стабильности технологических процессов производства, удовлетворенности потребителей качеством вырабатываемого стекла и обслуживанием.

Процессы жизненного цикла продукции включают: планирование процессов жизненного цикла, процессы, связанные с потребителями, проектирование и разработку, процесс закупок, процессы производства и обслуживания, управление устройствами для мониторинга измерений.

В учебном пособии рассматривается более подробно организация процессов управления производством автомобильного стекла. Приводятся примеры использования статистических методов анализа для мониторинга технологического процесса и контроля качества вырабатываемой продукции. Рассматриваются алгоритмы статистического регулирования технологическими процессами для обеспечения требуемого качества вырабатываемого автомобильного стекла. Описываются результаты функционального моделирования СМК ПКО «Автостекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Модель отражает спецификацию всех операций и действий (процессов менеджмента), осуществляемых в СМК, а также характер взаимосвязей между ними. Посредством анализа возможных путей улучшения СМК можно переходить от существующей ситуации, отображаемой моделью КАК ЕСТЬ, к желаемой, которая будет описываться моделью КАК БУДЕТ. Для моделирования системы менеджмента качества в ПКО «Автостекло» выбрана *IDEF0*-методология [7].

Модель *IDEF0* является иерархически организованной совокупностью диаграмм. Разработка диаграмм проводилась с использованием *CASE* – средств автоматизации проектирования и моделирования информационных систем – программы *BPwin*.

Глава 1

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

1.1. Качество автомобильного стекла и ориентация на потребителей

Решение проблемы качества – важнейший фактор повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработку стратегии, организацию производства, маркетинг и другие.

В литературе и практике существуют различные трактовки понятия качества. Международная организация по стандартизации определяет качество как совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности. Во многих случаях потребности могут меняться со временем. Это предполагает проведение периодического анализа требований к качеству. Обычно потребности переносятся в характеристики продукции на основе установленных критериев. Потребности могут включать такие аспекты, как эксплуатационные характеристики, функциональная пригодность, надежность, безопасность использования, безопасность для окружающей среды, экономические и эстетические требования и так далее.

В условиях рыночных отношений, когда предприятиям и организациям предоставлено право самостоятельно выходить на внешний рынок, они сталкиваются с необходимостью объективной оценки соответствия качества и надежности своей продукции – с ее сертификацией. Сертификация представляет документальное подтверждение третьей, независимой стороной, соответствия продукции определенным требованиям, конкретным стандартам или техническим условиям. Так, сертификация безопасного многослойного стекла в системе

Госстандарта, проведенная независимым, компетентным органом, означает документальное подтверждение его соответствия межгосударственному стандарту ГОСТ 5727–88. Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия.

Показатели качества продукции разнообразны. Поэтому применительно к каждому виду продукции выбирается соответствующая номенклатура показателей, наиболее полно характеризующая ее качество. По характеризующим свойствам применяют следующие группы показателей: назначения и экономические [8]. Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения. Эти показатели разделяются на две группы: производственную и потребительскую.

Для автомобильного стекла к производственной группе показателей назначения относятся: *Yield* – выход продукции, *Cadence* – ритмичность производства, *CU* – коэффициент использования оборудования, *PPM (part per million)* – доля дефектов на миллион изделий (возможностей) и другие.

К потребительской группе показателей относятся: размеры, предельные отклонения размеров, отклонения толщины, светопропускание, оптические искажения, стойкость к удару и другое.

К потребительской группе показателей относятся также экологические показатели, характеризующие уровень вредных воздействий на окружающую среду закаленного и безопасного многослойного автомобильного стекла, и процессов, связанных с хранением, транспортированием, эксплуатацией.

Экономические показатели качества изделия также условно делятся на показатели производственной и потребительской групп. К числу показателей производственной группы относятся себестоимость закаленного и многослойного автомобильного стекла, капиталовложения в производство автомобильного стекла, рентабельность производства и так далее.

К потребительской группе экономических показателей качества автомобильного стекла можно отнести капиталовложения, связанные с эксплуатацией изделия и другие.

Для потребителя важна ожидаемая стоимость ценной продукции [11]. Потребитель будет пользоваться продукцией, если она удовле-

творят его ценностью и стоимостью. Стекольные заводы, которые не удовлетворяют потребностей автосборщиков по ценности либо стоимости, вскоре обнаруживают, что клиенты ушли от них и что они уступили свою нишу рынка более профессиональным конкурентам, которые лучше поняли потребности клиента. Чем выше уровень удовлетворенности потребителя, тем выше возможности развития бизнес-процессов производителей автомобильных стекол.

Борьба за потребителей в условиях рыночных отношений может проходить по двум путям. На первом пути производители автомобильных стекол увеличивают ценность своей продукции с увеличением ее стоимости. Введение новых технологий и совершенствование старых требует дополнительных инвестиций, что стимулируется повышением требований потребителя, который готов платить больше за более высокое качество продукции. На втором пути борьба за потребителя идет не только за счет повышения качества продукции, но и за счет одновременного снижения ее стоимости. При этом надо помнить, что на мнение потребителя большое влияние оказывает имидж предприятия, который для потребителя может стать решающим.

Одним из преимуществ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» является качество его продукции, способной конкурировать как внутри России, так и за рубежом [10]. Стекольный завод сертифицировал в Госстандарте и Госстрое России основные виды своей продукции: автомобильное стекло, листовое стекло. Кроме Российских сертификатов, завод омологировал автомобильное стекло во Франции по международным нормам. В настоящее время ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» имеет омологационные свидетельства на все виды автомобильного стекла по межъевропейским и американским стандартам безопасности ветровых многослойных стекол «триплекс», боковых и задних закаленных стекол – одобрение по стандарту США и Канады *ANS 26.1.1983*, одобрение по Правилам № 43/R в странах западной Европы, одобрение в странах Общего рынка по директиве 92/22 ЕЭС.

1.2. Основные понятия управления качеством

Качество продукции по своей сущности – неустойчивый объект, стремящийся отклониться от заданного уровня, заданных параметров. Неустойчивость качества продукции зависит от качества производст-

венного процесса, качества средств производства, качества труда [11]. Поэтому качество продукции может рассматриваться как объект управления, так как оно характеризуется наличием плановых заданий параметров и стремлением уклониться от плановых заданий. К качеству могут быть приложены основные принципы теории управления.

Развитие науки управления характеризуется множественностью школ и подходов, разрабатывавших те или иные аспекты менеджмента. 50-60-е гг. двадцатого века характеризуются использованием системного подхода к управлению предприятиями, которые стали рассматриваться как открытые системы, активно взаимодействующие с внешней средой. На основе исследования операций, использования экономико-математических моделей стали решаться сложные задачи управления запасами, распределения ресурсов, массового обслуживания и тому подобные.

Продолжением системных исследований явились разработки ситуационного подхода к управлению. В основе подхода лежит конкретная ситуация, с которой сталкивается организация в процессе функционирования. Управление ситуацией осуществляется путем выделения наиболее важных в конкретных условиях переменных, взаимосвязанное рассмотрение которых позволяет решать возникшие проблемы.

Теория управления продолжает пополняться новыми знаниями. Процессный подход к управлению отражает стремление теоретиков и практиков менеджмента интегрировать все виды деятельности по решению управленческих проблем в единую цепочку. Под процессом в соответствии со стандартом ИСО понимается любая деятельность или комплекс деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, а под процессным подходом – систематическая идентификация и менеджмент применяемых организацией процессов, и особенно взаимодействия таких процессов.

В книге под управлением будем понимать как процесс целеполагания, так и деятельность по достижению поставленной цели. По международным стандартам ИСО для разработки политики и целей, и достижения этих целей введен термин «система менеджмента» (управления). Современная теория управления качеством исходит из положения, что деятельность по управлению качеством должна осуществляться в ходе производства продукции. Важна также деятель-

ность по обеспечению качества, предшествующая процессу производства. Качество определяется действием многих случайных и субъективных факторов. Для предупреждения влияния этих факторов на качество продукции создается система менеджмента качества, которая оказывает постоянное воздействие на процесс создания продукта с целью поддержания соответствующего уровня качества. СМК входит в состав системы менеджмента предприятия. Система менеджмента предприятия комплексная и включает в себя ряд систем менеджмента [14]. На рис. 1.1 представлена иерархическая трехуровневая система, в которой системы менеджмента предприятия – S_1 , финансового менеджмента – S_2 , интегрированная система управления (ИСУ) – S_3 входят в надсистему (гиперсистему) общего менеджмента предприятия – S^* . Интегрированная система управления S_3 , со своей стороны, состоит из системы менеджмента качества – СМК, системы управления охраной окружающей среды – ООС, системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда – ПБиОТ. Связи и отношения между подсистемами ИСУ выражают ее целостность.

Системообразующими отношениями в интегрированной системе управления предприятия S_3 , являются отношения дополнительной прибыли, получаемой от внедрения подсистем СМК, ООС, ПБиОТ и затрат на их организацию и функционирование.

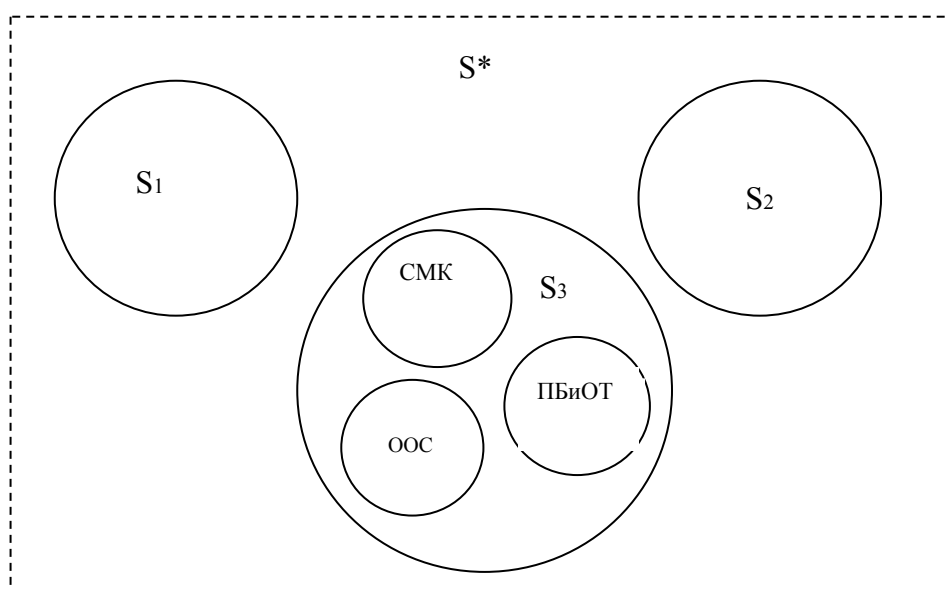


Рис. 1.1 Схематическое представление трехуровневой иерархии системы управления предприятием

По международному стандарту ИСО рассматриваются три направления в управлении качеством:

- общее руководство качеством (административное управление качеством) – общие функции управления, определяющие политику в области качества, цели и ответственность, осуществление с помощью таких средств планирование качества, управление качеством, обеспечение и улучшение качества в рамках СМК;

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

- 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 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 «Стекло безопасное для наземного транспорта» [9] 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

[11]. Положение управления качеством с кибернетическим подходом опирается на несколько основополагающих принципов, которые приводятся ниже.

Изучение объекта управления и проблем управления. Для управления необходимо выполнение ряда естественных условий, которые сформулированы в виде шести аксиом [12]:

- наличие наблюдаемости объекта управления;
- наличие управляемости;
- наличие цели управления;
- возможность выбора управляющих воздействий (решений);
- наличие критерия эффективности управления (степени достижения цели функционирования системы);
- наличие ресурсов, обеспечивающих реализацию принятых решений. Управление без ресурсов невозможно.

Все эти требования выполняются при управлении качеством продукции.

Выбор методического подхода. В организации управления качеством продукции можно выделить два подхода: детерминированный и кибернетический. Детерминированный подход представляет аналитическое описание процесса управления, при котором для данной совокупности переменных на входе объекта управления может быть получен единственный результат, определяемый оказанным на него управляющим воздействием. Этот подход может быть представлен в аддитивной и стохастической постановке. Управляющим воздействием, дающим однозначное решение, может быть разовое техническое решение или применение технического контроля. Данный подход имеет существенные ограничения при управлении технологическими процессами.

Кибернетический подход – направление методологии, в основе которой лежит исследование объектов как систем. В проблеме значительного повышения качества рассматриваются системы управления качеством продукции, которые состоят из взаимосвязанных частей и в определенном смысле образуют замкнутую систему. Фактор организации управления качеством продукции рассматривается в двух аспектах: структурном и функциональном.

Требования управления. В развитии научно-технического прогресса рассматривают ряд требований теории управления качеством

продукции. *Первое требование* связано с выработкой стратегии и критерия управления. Применительно к управлению качеством продукции это требование означает выбор путей повышения качества продукции, оптимизирующих технический уровень изделий по критерию, оценивающему результативность управления. В теории управления рекомендуется сводить критерии во взаимосвязанную систему исходя из максимума общей полезности продукции при минимальной ее стоимости. Разработка критерия оптимального управления технического уровня изделий всегда затруднена наличием значительного числа неопределенностей технического и экономического характера.

Второе требование теории управления сводится к эффективной обратной связи процессом управления, обеспечивающей наблюдение за реализацией стратегии управления. При управлении качеством изделий это требование реализуется на основе изучения потребностей, а также проведения контроля и испытаний изделий на соответствие техническим требованиям. Особая роль в соблюдении требований обратной связи в системе управления качеством закаленного и многослойного автомобильного стекла в техническом аспекте принадлежит системам стандартизации, оптимизации параметров изделий, технического контроля.

Третье требование теории управления качеством связано с наличием резервов. В системе управления могут возникать непредвиденные обстоятельства – неувязка в планировании, аварии, задержки поставок и других. Поскольку эти обстоятельства непредсказуемы, то нет способа справиться с этими случайностями, как с помощью страховых материальных запасов, резервных мощностей, комплектующих изделий и другие. В соответствии с требованиями ИСО организация должна разработать план действий на случай непредвиденных обстоятельств, чтобы выполнить требования потребителей в случае наступления следующих событий:

- срыв в работе коммунальных служб;
- нехватка рабочей силы;
- отказ основного оборудования;
- возвраты продукции из эксплуатации.

Четвертое требование связано с необходимостью учета человеческого фактора. Человек – активный элемент системы управления ка-

чеством со своими желаниями и целями. В соответствии с ИСО организация должна иметь процесс мотивации персонала на достижение целей, на проведение улучшений и создание благоприятной инновационной среды. Процесс должен включать пропаганду качества и технической осведомленности во всей организации. Организация должна иметь процесс оценки степени осведомленности персонала об актуальности, важности его деятельности и ее вклада в достижение целей по качеству. Общая ответственность исполнителей за соблюдение заданного уровня качества привела к развитию самоконтроля на рабочих местах.

Так, в ПКО «Автостекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» создана обстановка, которая способствует продвижению нововведений. Осведомленность персонала в технических вопросах и вопросах качества позволяет ему давать предложения по улучшению процессов и качества продукции. Внедрение систем управления качеством в инженерную практику позволило реорганизовать управление производством, повысить эффективность производства автомобильного стекла, послужило основой автоматизации управления. Практическая реализация системы управления качеством в ПКО «Автостекло» потребовала перестройки организационной структуры объединения, было создано специальное подразделение для координации работ по управлению качеством – департамент по качеству.

Принципы теории управления. Приложение основных принципов теории управления возможно при следующих условиях:

- наличие программы поведения управляемого объекта или плановых значений параметров этого объекта;
- стремление объекта уклониться от заданной программы или плановых значений;
- наличие средств обнаружения и измерения отклонений объекта от заданной программы или плановых значений;
- возможность влияния на управляемый объект с целью устранения возникших отклонений от заданной программы или плановых значений.

Первые два положения относятся к характеру объекта управления. Первое требование применительно к качеству продукции выполняется [11].

Второе условие проявляется не только в потере технического состояния и качества продукции в результате физического износа, но

и в моральном старении. Имеются также многочисленные примеры неустойчивости качества в процессе производства, которое зависит от качества производственного процесса, качества средств производства и качества труда.

Таким образом, можно утверждать, что качество продукции является неустойчивым объектом, стремящимся отклониться от заданного уровня и заданных параметров, то есть оно соответствует второму положению.

Контроль качества продукции является средством обнаружения и измерения отклонений объекта от заданной программы или плановых значений. Контроль необходим не только для достоверной оценки соответствия показателей качества продукции установленным требованиям, зафиксированным в стандартах, технических условиях, чертежах и других документах, но он служит основным источником информации, используемым для принятия решений о необходимости и степени корректировки системы управления качеством продукции.

Выделяют две группы методов контроля – технический контроль и автоматизированный контроль. Технический контроль заключается в проверке соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. Автоматизированный контроль качества продукции имеет своей целью повышение быстродействия и точности измерений, а также повышение объективности контрольных операций. В соответствии с требованиями ИСО организации определяют виды мониторинга и измерений, измерительные устройства, программное обеспечение для автоматизированных систем контроля, проводят анализ измерительных систем. Факторы, определяющие выбор средств контроля: вид параметра, точность изготовления, величина партии, форма и размеры контролируемых изделий и экономическая эффективность применения средств контроля.

Влиять на управляемый объект с целью устранения возникших отклонений возможно потому, что изменчивость характеристик продукции определенным образом связана с переменными процессами. Существует множество различных типов процессов. Методы управления ими зависят от различных факторов: непрерывности процесса, возможности измерения характеристик продукции на различных стадиях изготовления, вида нарушений технологических процессов, спо-

способности некоторых характеристик процесса поддаваться измерению и управлению и других. Для оценки возможности влияния на управляемый объект с целью устранения возникших отклонений необходимо [13]:

- составить список переменных, связанных с качеством конечной продукции;
- установить связь этих переменных с качеством продукции путем испытаний или путем сбора информации об известных зависимостях;
- на основе собранной информации установить процедуру управления качеством, достаточную для поддержания уровня качества конечного продукта. При этом вмешательство в процесс должно быть минимальным.

Результат создания и функционирования системы управления качеством продукции – повышение удовлетворения потребностей, обусловленное использованием высококачественной продукции. По факторам эффективности различают следующие формы интеграции управления качеством: экономическая, нормативная, организационная и информационная.

Сквозной механизм управления качеством. В создании новой продукции участвуют три стороны: потребитель, разработчик и изготовитель. Уровень качества продукции закладывается в процессе разработки продукции, обеспечивается в производстве, поддерживается и реализуется в эксплуатации. Для соблюдения строгой последовательности формулируется эффективный механизм сквозного управления качеством, реализуемый соответствующими системами управления. Устанавливают взаимно согласованные критерии эффективности между всеми смежными звеньями и системами. В совершенствовании управления качеством продукции главная роль отводится отработке механизма взаимодействия потребителя, разработчика и изготовителя. Наряду с использованием экономических методов большое значение имеет четкое определение их прав и взаимной ответственности за достижение высокого конечного результата.

Интеграция управления качеством. Развитие рыночных отношений связано с усилением неценовой конкуренции товаропроизводителей, главную роль в которой играет повышение качества продукции. Качество выступает важным фактором роста эффективности

удовлетворения потребителей и конкурентоспособности продукции на мировом рынке, и в значительной мере определяет цель функционирования предприятий. Это обстоятельство обуславливает необходимость интеграционного подхода к управлению качеством продукции, обеспечивающему усиление взаимосвязи между отдельными элементами системы управления качеством, стадиями жизненного цикла продукции, уровнями управления. Оптимальность поведения объекта управления в условиях внешних воздействий, внутреннего развития может быть достигнута только при условии взаимной согласованности во времени и пространстве процессов управления каждым объектом по стадиям жизненного цикла [11].

При интеграционном подходе появляется возможность использования новых факторов для обеспечения эффективности управления качеством:

- усиление экономических взаимосвязей между производством и потреблением, возрастание роли потребителя в оценке качества продукции, усиление влияния потребления на производство предметов потребления;

- внедрение во взаимоотношения между предприятиями принципа конкурентоспособности продукции «высокое качество – низкая цена»;

- усиление единства экономических интересов производителей и потребителей в области качества продукции.

Процессы интеграции стали в большей степени отражать законы общественного развития. Появились предпосылки к созданию общей методологии описания интеграционных процессов, в том числе для использования моделирования в исследовании технических систем производства. Стало возможным интегрирование отраслей знания, например, логистики как науки о едином процессе материальных и информационных производственных потоков, а также создание интегрированных информационных систем.

1.3. Взаимосвязь систем менеджмента в производстве

Радикальная перестройка системы управления экономикой – одно из важнейших направлений программы реформ, проводимых в России. Особое значение эта проблема имеет на уровне предприятия, положение которого в рыночной экономике меняется коренным образом. Сегодня основные тенденции в развитии управления: гуманиза-

ция управления; стремление к созданию интегрированной системы управления в смысле всестороннего подхода к управлению организацией с учетом ее сложности и нелинейности, происходящих в ней взаимодействий; интенсивное развитие международных стандартов в области качества с направлением в сторону создания интегрированной системы управления [15].

В эпоху глобализации, когда национальные рынки сливаются в единую общемировую торговую площадку, предприятия открыто сталкиваются друг с другом в жесткой конкурентной борьбе. Эта борьба заставляет конкурирующие стороны изыскивать все новые и новые методы обеспечения и повышения конкурентоспособности предоставляемых ими продукции и услуг. В настоящее время наиболее эффективный способ совершенствования управления предприятием – внедрение интегрированных систем управления. ИСУ – часть системы управления предприятием, отвечающая требованиям двух или более международных стандартов и функционирующая как единое целое. К этим стандартам относятся: стандарты на системы менеджмента качества *ISO* серии 9000; стандарты на системы экологического менеджмента *ISO* серии 14000; стандарты на системы менеджмента промышленной безопасности и охраны труда *OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series)* серии 18000; стандарт на системы социального и этического менеджмента *SA (Social Accountability)* 8000; стандарты на системы управления, базирующиеся на принципах *HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points – анализ рисков и критические контрольные точки)* и на принципах *GMP (Good Manufacturing Practice – надлежащая производственная практика)*; стандарты на системы, базирующиеся на принципах *FSC (Forest Stewardship Council – Лесной Попечительский Совет)*; стандарты, разработанные на основе *ISO 9000* для применения в конкретных отраслях и другие [16].

ИСУ – часть системы управления предприятием, так как она пока еще не затрагивает финансовый менеджмент, менеджмент рисков, менеджмент ценных бумаг и так далее (рис.1.2) [17].

О тождественности понятий «интегрированная система менеджмента» и «система общего менеджмента» можно говорить лишь после того, как будут разработаны стандарты на все области, охватываемые общим менеджментом организации [18].

Стандарты ИСО серии 9000 установили единый, признанный на международном уровне подход к оценке систем качества и одновременно регламентировали отношения между производителями и потребителями продукции. Качество предусматривает необходимость построения специальной системы – системы менеджмента качества, которая реализует политику организации в области качества. Внутри организации формируется внутрифирменная иерархия качества. Она отражает взаимосвязь качества продукции с общей эффективностью деятельности фирмы. Для ряда отраслей, где предъявляются высокие требования к качеству, безопасности и экологичности, требования стандартов ИСО 9000 являются недостаточными. Это касается автомобильной индустрии, которая строит свою промышленную политику. Такая промышленная политика сконцентрирована в стандарте QS-9000 и связанных с ним документах.



Рис. 1.2. Система общего менеджмента предприятия

Стандарт QS-9000 «Требования к системам качества» определяет три группы требований к системам качества: требования, основанные на ИСО 9000, отраслевые требования и специфические требования потребителей.

Комплект документов QS-9000 представляет строгую и вместе с тем доброжелательную систему требований потребителей – сборщиков автомобилей. Он рассчитан на отзывчивых, добросовестных по-

ставщиков, готовых идти за потребителем в достижении наивысшего качества с минимальными затратами. Система QS-9000 связывает в одну цепочку поставщиков, потребителей-сборщиков и конечных потребителей автомобилей.

Автопроизводители, стремясь унифицировать требования для своих поставщиков, издали стандарт ИСО/ТУ 16949:2002 [2], который совместно с ISO 9001:2008 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 других) придают идеологии всеобщего управления качеством *Total Quality Management (TQM)* [8, 23].

Цель *TQM* – достижение более высокого качества продукции и услуг. Концепция *TQM* базируется на принципах, опирающихся на международный опыт и теоретические исследования. Основные из них:

- ориентация на потребителя;
- роль руководства;
- вовлечение сотрудников в деятельность по управлению качеством;
- процессный подход;
- системный подход к управлению;
- постоянное совершенствование;
- принятие решения, основанного на фактах;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками и другие.

Следует отметить, что концепция *TQM* и концепция ИСО 9000 взаимно дополняют друг друга. Стандарты ИСО устанавливают определенный минимум требований, который должен соблюдаться в отношениях между производителем и потребителем продукции. Концепция *TQM* предназначена только для внутренних нужд производителя. «Мостом» для перехода от концепции стандартов ИСО к концепции *TQM* служит стандарт ИСО 9004-2008. Он содержит основные рекомендации по всеобщему управлению качеством.

Очередным этапом в области развития систем качества стало использование *CALS*-технологий. *CALS*-технология представляет со-

бой стратегию систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности процессов управления. Эта стратегия реализуется использованием современных методов информационного взаимодействия между участниками жизненного цикла обеспечения качества продукции. Эффект от внедрения *CALS*-технологии достигается за счет использования электронной информации при формировании, обеспечении и поддержке качества изделий.

Нормативной и правовой базой при реализации стратегии *CALS*-технологии являются стандарты. Совместное использование данных об изделии на всех стадиях его жизненного цикла возможно на основе стандартизации способа представления данных и технологии их использования.

Идеология управления качеством породила множество отечественных систем. Большое влияние на дальнейшее развитие систем менеджмента качества оказала единая система государственного управления качеством продукции. Эта система содержит в себе распространение отечественного и зарубежного опыта по управлению качеством продукции путем его научного обобщения и разработки на базе обобщения методических и руководящих материалов. Главная цель единой системы государственного управления качеством продукции – всемерное использование научно-технических, производственных и социально-экономических возможностей для достижения высоких темпов улучшения качества всех видов продукции в интересах повышения эффективности общественного производства, наиболее полного удовлетворения потребностей населения, народного хозяйства, обороны и экспорта. Эта цель достигается:

- разработкой и производством в заданные сроки новых видов качественной и экономичной продукции, соответствующей по технико-экономическим характеристикам достижениям мировой науки или превосходящей их;
- планомерным улучшением показателей качества выпускаемой продукции и повышением конкурентоспособности на внешнем рынке;
- своевременной модернизацией устаревшей продукции;
- поддержанием и восстановлением уровня качества готовой продукции в процессе ее эксплуатации или потребления.

Интегрированная система управления качеством продукции – нижний иерархический уровень единой системы государственного

управления качеством предприятий. Стандарты служат основой функционирования системы управления качеством продукции на предприятии. Они представляют совокупность мероприятий, методов и средств, обеспечивающих скоординированные действия органов управления для достижения главной цели системы. Эта система документируется и внедряется на ряде предприятий нашей страны, в том числе на стекольных заводах:

- ОАО «Саратовстройстекло», г. Саратов – производитель строительного стекла. Сертификат соответствия Госстандарта России по ГОСТ Р ИСО 9001:96 получен в ноябре 2000 г. В декабре 2003 г. сертифицирован компанией *BVQI* по новой версии стандартов *МС ISO 9001 : 2000*;

- ОАО «Саратовстекло», г. Саратов – производитель автомобильных стекол. Сертификат Регистра Ллойда, Великобритания по *МС ИСО 9002 : 94* получен в мае 2001 г. СМК одобрена Регистром Ллойда по стандартам *МС ISO 9001 : 2000* в ноябре 2003 г.;

- приоритетные бизнес-проекты разработаны в ОАО «Салаватстекло». В них определена и поставлена задача выхода на максимальную мощность производства листового стекла с наращиванием доли высокомарочного стекла, в том числе и за счет получения сертификата по системе менеджмента качества;

- при создании ИСУ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» первоначально была внедрена и сертифицирована система менеджмента качества, выполняющая роль базовой системы, а затем к ней последовательно добавлялись система экологического менеджмента и система менеджмента промышленной безопасности и охраны труда [3, 20, 21]. Сходство требований стандартов *ISO 9000*, *ISO 14000* и *OHSAS 18000* позволило создать общие документы и процедуры для систем управления качеством, охраной окружающей среды, профессиональной безопасностью и охраной труда.

Внедрение ИСУ на стекольных заводах 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 [19].

1.4. Нормативные акты и документы по управлению качеством продукции

Организационно правовая основа систем управления качеством базируется на Законе Российской Федерации «О стандартизации», принятом в 1993 г., и трех государственных стандартах качества:

1. ГОСТ 40.9001-88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве и обслуживании».

2. ГОСТ 40.9002-88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже».

3. ГОСТ 40.9003-88 «Система качества. Модель для обеспечения при окончательном контроле и испытаниях».

При разработке закона «О стандартизации» использовался опыт и практика отечественной стандартизации, законодательства ряда промышленно развитых государств (Германии, США, Японии, Франции, Великобритании, Италии и других), директивы и другие документы Международной организации по стандартизации (ИСО) [13].

Закон устанавливает основные положения, принципы, понятия, порядок организации работ в области стандартизации, которые едины и обязательны для всех органов государственного управления, субъектов хозяйственной деятельности независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Законом определены меры государственной защиты интересов потребителей, а также государства в целом посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации, устанавливающих оптимальные требования к объектам стандартизации, порядок осуществления государственного контроля и надзора за соблюдением обязательных требований государственных стандартов. Объектами стандартизации являются продукция, работы (производственные процессы) и услуги.

Закон «О стандартизации» содержит:

- общие положения;
- нормативные документы по стандартизации и их применение;
- государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов;
- ответственность за нарушение положений Закона;
- финансирование работ по государственной стандартизации, государственному контролю и надзору;

- стимулирование применения государственных стандартов.

Понятие «стандартизация» в данном законе гармонизировано с соответствующими понятиями «Руководства ИСО/МЭК 2». Стандартизация устанавливается в целях достижения:

- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;

- единства измерений;

- экономии всех видов ресурсов;

- технической и информационной совместимости и взаимозаменяемости продукции;

- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;

- безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;

- обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

Государственное управление стандартизацией в РФ, включая координацию деятельности государственных органов управления и органов исполнительной власти на местах, осуществляет Госстандарт России. Госстандарт формирует и реализует государственную политику в области стандартизации, осуществляет государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, участвует в работах по международной или региональной стандартизации.

Конкретные задачи и функции Госстандарта РФ сформулированы в Положении об этом комитете, утвержденном постановлением Правительства РФ от 02.12.1992 г №1020. В частности, на Госстандарт возложено:

- установление порядка и правил проведения работ по стандартизации;

- методическое руководство и координация деятельности технических комитетов по стандартизации;

- государственная регистрация нормативных документов по стандартизации;

- утверждение всех государственных стандартов;

- подготовка проектов законов и других правовых актов в пределах своей компетенции;

- руководство работой научно-исследовательских институтов, выполняющих функции Госстандарта в регионах.

К нормативным документам по стандартизации, действующим на территории РФ, относятся:

- государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р);
- межгосударственные стандарты стран – членов СНГ (ГОСТ);
- применяемые в установленном порядке международные или региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической информации;
- стандарты отраслей;
- стандарты предприятий;
- стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных организаций.

Нормативные документы по стандартизации применяются органами государственного управления и субъектами хозяйственной деятельности на всех стадиях жизненного цикла продукции: разработки, подготовки продукции к производству, ее изготовления, реализации, использования, хранения, транспортирования, ремонта и утилизации. На этих стадиях осуществляется государственный контроль и надзор за соблюдением субъектами хозяйственной деятельности обязательных требований государственных стандартов.

Правовые основы обеспечения единства измерений в РФ, регулирование отношений органов государственного управления с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений определяет Закон РФ «Об обеспечении единства измерений».

Госстандарт России утверждает нормативные документы по обеспечению единства измерений, устанавливающие метрологические правила и нормы и имеющие обязательную силу на территории России.

Сфера государственного метрологического контроля и надзора:

- здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности труда;
- торговые организации и взаимные расчеты между покупателем и продавцом;
- государственные учетные операции;
- обеспечение обороны государства;

- геодезические и гидрометеорологические работы;
- банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- производство продукции для государственных нужд;
- испытания и контроль над качеством продукции при определении соответствия обязательных требований государственных стандартов;
- обязательная сертификация продукции и услуг;
- измерения по поручению органов суда, прокуратуры, арбитражного суда, государственных органов управления;
- регистрация национальных и международных спортивных рекордов.

Законами РФ «О стандартизации» и «Об обеспечении единства измерений» предусмотрено, что при разработке федеральных и иных государственных программ, финансируемых полностью или частично из средств республиканского бюджета РФ, и в том числе программ создания и развития производства оборонной продукции, должны быть предусмотрены разделы нормативного и метрологического обеспечения. В 1966 г. Госстандартом России были разработаны нормативные документы, регламентирующие общие требования к формированию соответствующих разделов целевых программ и порядку проведения экспертизы их содержания.

Закон РФ «О сертификации продукции и услуг», принятый в 1993 г., создал правовую основу регулирования безопасности и качества продукции и услуг через обязательную и добровольную сертификацию. Сертификация как деятельность по подтверждению соответствия продукции, услуг и иных объектов осуществляется в целях:

- создания условия для деятельности хозяйствующих субъектов различных форм собственности на едином товарном рынке России, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;
- содействия потребителям в компетентном выборе продукции;
- защиты потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- подтверждения показателей качества, заявленных изготовителем.

На современном этапе государственный контроль и надзор приобретает социально-экономическую ориентацию, поскольку он направлен на проверку соблюдения всеми хозяйственными субъектами

обязательных норм и правил, обеспечивающих интересы и права потребителя, защиту здоровья и имущества людей и среды обитания. Согласно закону «О стандартизации» ответственность за нарушения его положений несут юридические и физические лица, органы государственного управления. Ответственность может носить уголовный, административный или гражданско-правовой характер.

Переход от разработки отдельных стандартов к программе комплексной стандартизации позволяет активно влиять на качество и технический уровень продукции не только в сфере ее производства на предприятии, но и сфере эксплуатации и потребления.

На межотраслевом уровне управление качеством осуществляется на основе государственных стандартов, на отраслевом уровне – на основе государственных и отраслевых стандартов и других нормативных документов. Последние стандарты разрабатываются для учета специфических особенностей отраслей.

На уровне предприятия (объединения) управление качеством осуществляется на основе государственных отраслевых стандартов, технических условий и стандартов предприятий, других нормативно-технических документов. Нормативно-технические документы отражают организационно-техническую и технологическую специфику работ на предприятии и условия их выполнения. Так, например, управление качеством в производстве автомобильного стекла осуществляется на основе следующих стандартов:

- ГОСТ Р ИСО 9000-2008 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;
- ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ГОСТ Р ИСО 9004-2008 «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности»;
- *ISO/TS 16949* : 2002 «Системы менеджмента качества. Поставщики предприятий автомобильной промышленности. Особые требования к применению стандарта *ISO 9001:2008*»;
- ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы управления окружающей средой».

Таким образом, создается единая система, позволяющая увязать требования к управлению качеством продукции, формируемые на всех стадиях жизненного цикла изделия.

Глава 2

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

2.1. Системный подход к технологии управления качеством

Системный подход позволяет организовать управленческий труд по обеспечению качества продукции и технологию управления качеством. С этой целью устанавливаются этапы организации управления и определяются принципы их выполнения. Структура, отображающая последовательность и взаимосвязь этапов системного подхода, может быть заимствована из [8] (рис. 2.1).

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.

Цели СМК заявлены в Политике качества предприятия. Основные направления формирования политики качества:

- обеспечение соответствия продукции установленным требованиям;
- ориентация на удовлетворение требований потребителя;
- расширение и завоевание новых рынков сбыта.

Генеральный директор ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» и руководство ПКО «Автостекло» считают своей основной целью непрерывное повышение качества продукции, отвечающей всем требованиям потребителя, что позволит сохранить и укрепить позиции на рынках России и СНГ. Поставленная цель состоит из пяти подцелей, для каждой подцели определены основные направления работ.

1. *Потребитель*. Выполнение требований потребителя – главная задача. Взаимоотношения с потребителями строятся на принципах взаимопонимания и сотрудничества.

2. *Качество*. Требования к качеству определяет потребитель. Предупреждать брак дешевле, чем его производить и исправлять. Хорошие взаимоотношения – залог хорошего качества.

3. *Персонал.* Обучение и повышение квалификации работников на всех уровнях. Создание атмосферы делового сотрудничества, основанного на взаимном доверии, честности, согласии и совместном решении проблем. Мотиваций любых идей и предложений, направленных на непрерывное совершенствование всех сфер деятельности Объединения. Постоянное улучшение условия труда персонала. Обучение работников нескольким смежным профессиям, то есть развитие многофункциональности.

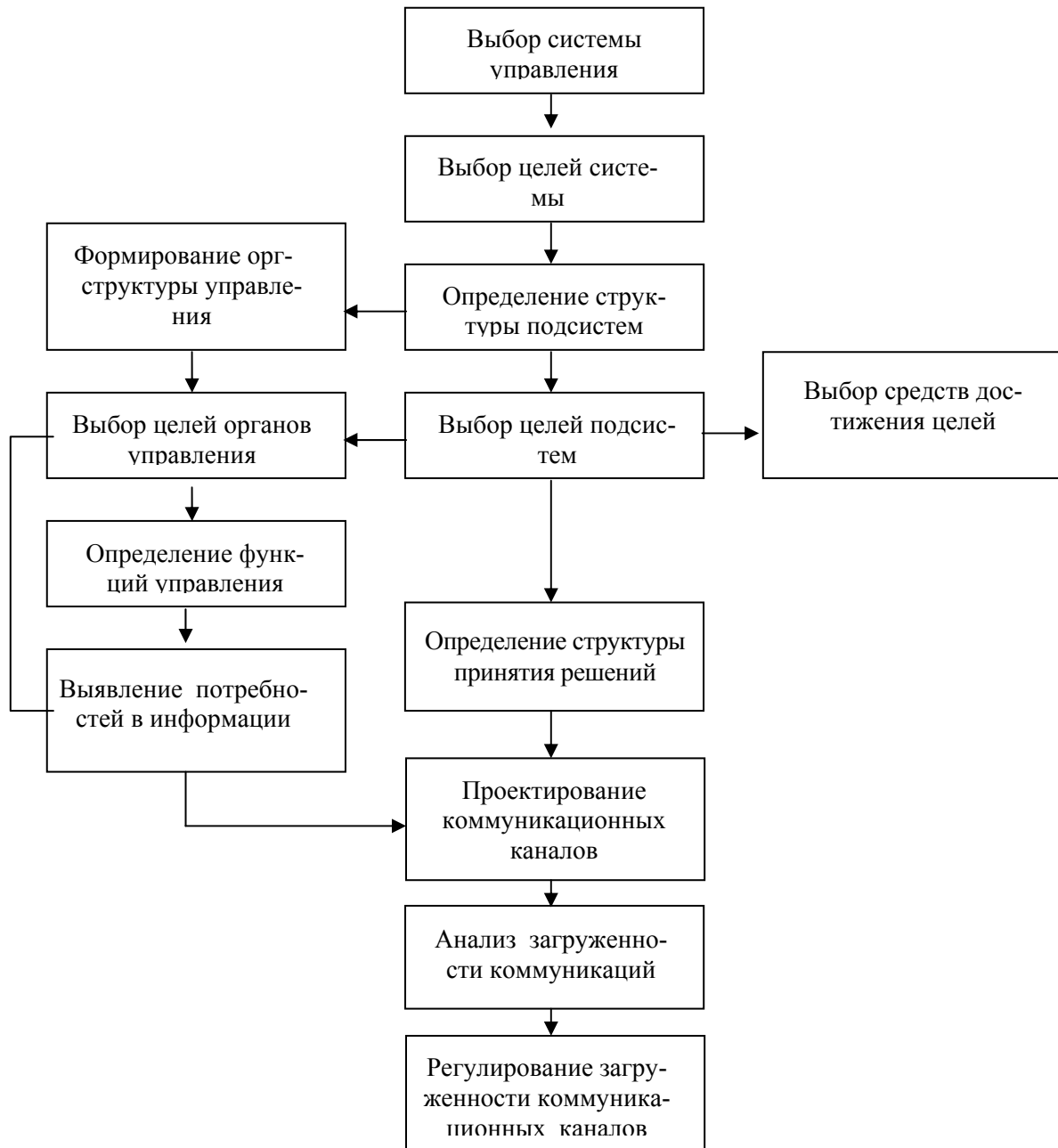


Рис. 2.1. Структура системного подхода при организации системы управления качеством

4. *Развитие, новые типы продукции.* Новые технологии, новые виды продукции – это залог успеха и будущее. Улучшение работы производств за счет модернизации оборудования, улучшения качества его обслуживания.

5. *Поставщики.* Предпочтение тем поставщикам, для которых вопросы качества приоритетны. Работа с поставщиками на основе понимания наших целей, открытое и взаимовыгодное сотрудничество, вовлечение их в систему менеджмента качества.

Высшее руководство предприятия должно обеспечивать результативное и эффективное функционирование процессов жизненного цикла продукции, вспомогательных процессов, а также связанную с ними сеть процессов, с тем чтобы организация могла удовлетворить заинтересованные стороны. Структура бизнес-процессов СМК ПКО «Автостекло» приведена на рис.2.2.

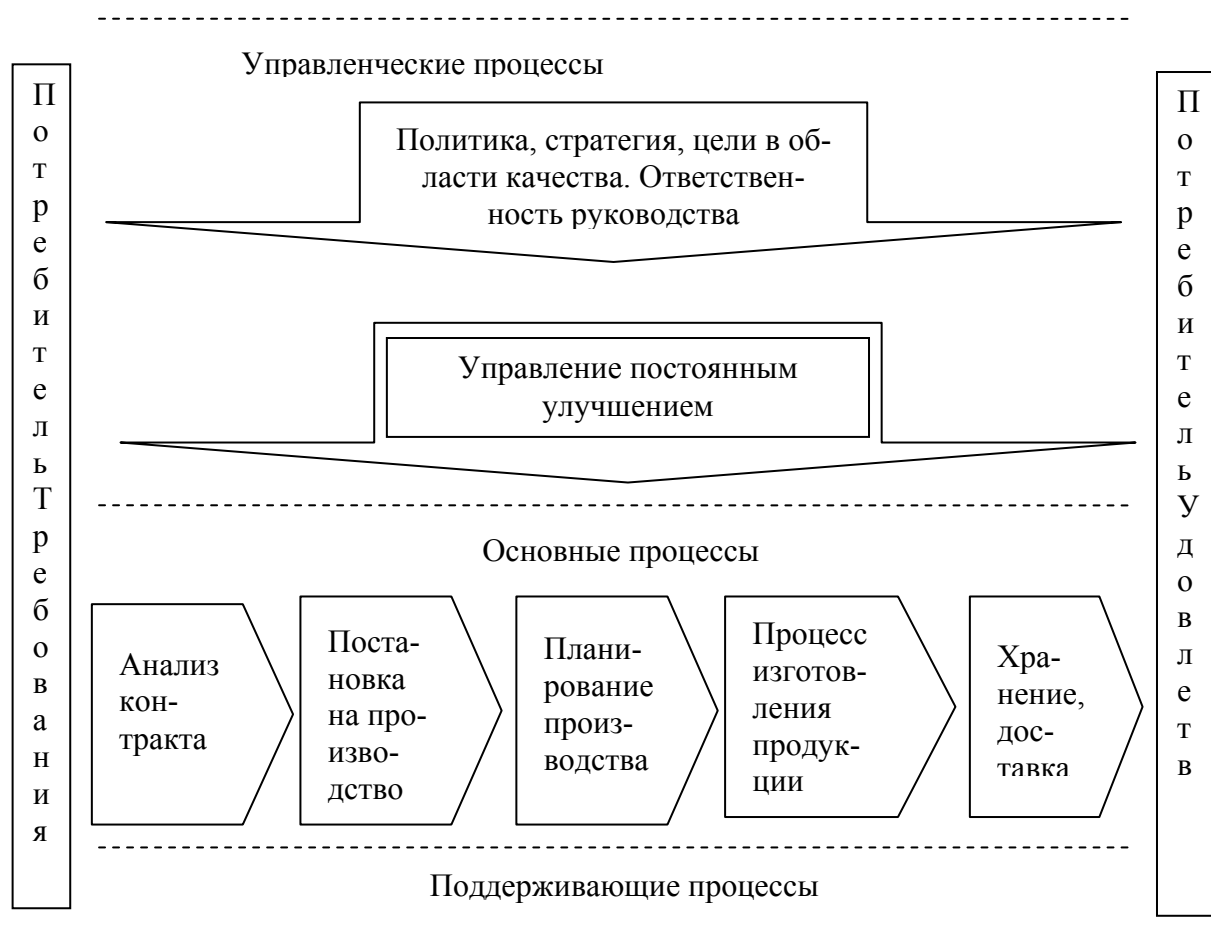


Рис. 2.2. Бизнес-процессы системы менеджмента качества ПКО «Автостекло»

Она состоит из управленческих процессов, процессов основного производства и поддерживающих процессов. На рис. 2.2 не раскрыты поддерживающие процессы, к числу которых относятся: внутренний аудит, обучение персонала, закупки, управление документацией, управление записями о качестве, контроль и испытания продукции, техническое обслуживание оборудования, управление несоответствующей продукцией, управление контрольно-измерительным и испытательным оборудованием.

Поставленная цель повышения качества вырабатываемой продукции решается 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 других) позволяет ускорить эти этапы и в то же время уменьшить количество ошибок [24].

При создании систем менеджмента существуют два подхода: привлечение консалтинговых компаний, продвигающих собственные разработки или западную систему автоматизации, и выполнение проектных работ силами организации. Руководство предприятия после всестороннего анализа подходов к проектированию информационных систем и оценки уровня компетентности своих менеджеров и специалистов принимает решение проектировать системы менеджмента собственными силами или привлечь внешних консультантов.

Для успешного руководства и управления организацией необходимо, чтобы менеджмент – скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией – осуществлялся системно и наглядно. Один из ключевых аспектов менеджмента – обеспечение наглядности объекта управления посредством его описания – точного, достаточного, лаконичного и удобного для восприятия и анализа. Это

достигается за счет моделирования систем менеджмента. Моделирование позволяет представить всё множество процессов предприятия в виде набора диаграмм, отображающих выполняемые функции, а также связывающих их материальные и информационные потоки и требуемые ресурсы.

Анализ первичных требований к системе менеджмента, предварительная экономическая оценка проекта, обследование деятельности предприятия и идентификация процессов организации потребовали выполнения следующих этапов моделирования:

Этап 1. Построение модели «как есть»

Модель «как есть» представляет собой «снимок» положения дел на предприятии на момент обследования. Она позволяет понять, что делает и как функционирует данное предприятие с позиций системного анализа, а также на основе верификации выявить ряд ошибок и узких мест и сформулировать предложения по улучшению процессов.

Первый этап завершается созданием модели системы менеджмента, разработанной с помощью широко используемой методологии системного моделирования и проектирования – *IDEF0*, признанной в качестве российского стандарта – Р50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования». То есть представляет набор *IDEF0*-диаграмм, необходимое текстовое описание, включающее рекомендации для перехода к следующему этапу.

Этап 2. Построение модели «как будет»

Модель «как будет» интегрирует предложения руководства и сотрудников предприятия, экспертов и системных аналитиков и позволяет сформировать видение новых рациональных технологий работы предприятия. При разработке модели системы менеджмента «как будет» может быть выбран метод декомпозиции, так как он предоставляет возможность сохранить целостное представление организации, в которой все составляющие ее бизнес-процессы взаимосвязаны.

Второй этап завершается созданием модели «как будет» системы менеджмента. Разработанная модель системы менеджмента (качества, экологии, профессиональной безопасности) позволяет предприятию провести сертификацию на основе стандартов управления каче-

ством *ISO* серии 9000, управления окружающей средой серии 14000 и управления охраной труда *OHSAS* серии 18000.

Этапы «Построение модели «как есть» и построение модели «как будет»» позволяют определить процессы и функции, которые должна выполнять система менеджмента.

Определить данные, которыми оперирует система менеджмента, а также отношения между данными позволит следующий этап построения систем менеджмента.

Этап 3. Формирование потоков данных

Модель потоков данных описывает внешние по отношению к системе данные, идентифицирует процессы и группы данных, связывающих процессы и образующих потоки, и хранилища данных.

Построение модели проводится с помощью нотации *DFD*, демонстрирующей преобразование процессом своих исходных данных в выходные.

Таким образом, информационная поддержка построения модели системы менеджмента «как будет» позволяет сертифицировать систему и получить серьёзные преимущества при получении заказов, снижает риск появления на рынке некачественной и неэкологичной продукции, позволяет перейти к ещё более эффективной производительности. Информационная поддержка построения модели потоков данных системы менеджмента позволяет организовать электронный документооборот на предприятии.

Следующий этап стадии создания – интеграция информационных систем менеджмента (подсистем менеджмента качества, охраны окружающей среды, профессиональной безопасности и охраны труда) с существующей на предприятии корпоративной информационной системой (КИС). Информационная поддержка этой стадии обеспечивается за счет использования *CASE*-средств (*ERwin*, *Rational Rose*, *Oracle Designer*, *Silverrun* и других) [25] или за счет применения типовых информационных систем (*SAP R/3*, *BAAN*, *ГАЛАКТИКА*, *ПАРУС* и других).

Как показывает практика, внедрение информационных систем менеджмента не менее сложно, чем их проектирование. На данной стадии важно добиться, чтобы спроектированные системы менеджмента заработали и вошли в режим стабильного функционирования. При этом первостепенную роль играют служба внутреннего аудита, инспекционные проверки, статистический анализ производства, статистическое регули-

рование, имитационное моделирование для выработки корректирующих действий и так далее. Для этого устанавливаются параметры мониторинга процессов, связанные с выбранными стандартами; определяются методы и средства для мониторинга, измерений и анализа процессов; формируются критерии оценки результативности и эффективности процессов и систем менеджмента в целом. По сути дела, речь идет о реализации процессного подхода в соответствии с требованиями стандарта *ISO 9001*. Информационная поддержка стадии внедрения обеспечивается автоматической генерацией необходимой документации, отвечающей текущему состоянию дел, с помощью *CASE*-средств.

Стадия использования и поддержки систем менеджмента включает обучение персонала, сопровождение систем в рамках *CASE*-технологии. Средства реинжиниринга позволяют изменять модели систем менеджмента в случае необходимости их сертификации на соответствие новой версии стандарта, интегрировать модели, автоматически обновлять документацию и тому подобное. Информационный менеджмент предполагает использование *CASE*-средств для поддержки всех стадий жизненного цикла систем менеджмента качества, охраны окружающей среды, профессиональной безопасности и охраны труда.

Для оценки создаваемой системы выбираются показатели качества и эффективности реализации системой процессов по управлению качеством продукции [12]. Для оценивания качества системы используются такие эмпирические уровни качества, как управляемость, способность, самоорганизация.

Под управляемостью понимается способность принятия решений по формированию управляющих воздействий по дальнейшему улучшению качества вырабатываемого изделия для более полного удовлетворения потребностей и ожиданий потребителей. Управляемость обеспечивается наличием прямой и обратной связи, объединяет такие свойства системы, как гибкость управления, оперативность, точность, связность, наблюдаемость объекта управления и другие.

Способность системы определяет ее возможность по достижению требуемого результата на основе имеющихся ресурсов в заданный период времени. Самоорганизующаяся система способна изменять свою структуру, параметры, алгоритмы функционирования, поведение для повышения эффективности. Важные свойства таких систем – свобода выбора решений, адаптируемость, самообучаемость, способность к распознаванию ситуаций и так далее.

В качестве критерия эффективности системы можно выбирать вектор, компонентами которого являются результативность, ресурсоемкость и оперативность управления.

В качестве показателя *результативности* системы может быть выбран, например, объем выработки закаленного стекла или триплекса за год, отнесенный к одному работающему в цехе триплекса. Этот показатель отражает возможность удовлетворить запросы потребителей [12], что отвечает реализации требований международного стандарта *ISO 9001*.

Ресурсоемкость характеризуется ресурсами всех видов, такими как людские, материально-технические, сырьевые, энергетические, информационные, финансовые и другие, используемые для получения целевого эффекта СМК.

Оперативность определяется затратами времени, потребными для достижения цели процесса управления. Эффективность реализации системой процессов по управлению качеством продукции будет проявляться при функционировании СМК и зависит как от свойств создаваемой системы, так и от внешней среды.

При создании СМК ПКО «Автостекло» на систему накладывались 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 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, то есть определяться назначением продукции;
- обеспечивать конкурентоспособность продукции группы на рынке по отношению к другим ведущим производителям;
- быть унифицированным внутри группы.

Структурные свойства системы и вытекающие из нее ограничения вызываются тем, что структура органов управления качеством автомобильного стекла определена существующей организационной структурой управления ПКО «Автостекло» и ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Система качества ПКО «Автостекло» входит в общую систему управления предприятием. Распределение ответственности за выполнение функций в системе обеспечения качества,

полномочия, ответственность руководства по обеспечению качества определены в Руководстве по качеству ПКО «Автостекло». Общие функциональные свойства СМК определены в международных стандартах на системы менеджмента качества и государственных стандартах России, которые реализованы в разработанной системе.

2.2. Моделирование системы управления качеством автомобильного стекла

Разработка и внедрение системы управления качеством автомобильного стекла представляет собой сложный процесс. Он предполагает наличие чётких описаний применяемых процессов и процедур в организации, претендующей на сертификацию создаваемой СМК на соответствие стандартам ИСО серии 9000:2000 и ИСО/ТУ 16949:2002.

Адекватно отобразить процессы, протекающие в организации, возможно с помощью моделирования – методологии и программного инструментария описания и анализа процессов, позволяющих представить всё множество процессов предприятия в виде набора диаграмм, отображающих выполняемые процессы, а также связывающие их материальные и информационные потоки и требуемые ресурсы.

Проблемы, возникающие при системном анализе и моделировании, существенно облегчаются за счет применения комплекса современных методов, среди которых центральное место занимают методологии структурного системного анализа [26, 27].

В настоящее время известно около 90 разновидностей структурного системного анализа, однако, практически наиболее часто используются методологии, применяющие методы и технологии диаграмм потока данных *DFD* и использующие *SADT*-методологию (ее стандартизированное подмножество *IDEF*) [28].

В пользу применения методологии *IDEF0* для описания и документирования процессов СМК говорят не только ее возможности решать задачи в сфере управления качеством, но и тот факт, что Госстандарт России принял рекомендации по стандартизации Р50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования».

IDEF0-методологии наглядны, просты для понимания. Они формализуют представление о деятельности предприятия, помогая найти общий язык между разработчиками системы управления качеством и пользователями этого описания [7].

При разработке любой модели необходимо определить *точку зрения*. Основой для выбора точки зрения служит поставленная цель моделирования. В нашем случае целью создания СМК производственно-коммерческого объединения (ПКО) «Автостекло» является непрерывное повышение качества продукции. Исходя из вышесказанного, можно выявить основные цели, стоящие при моделировании создаваемой СМК:

- 1) определить четкую последовательность процессов, осуществление которых необходимо для достижения поставленных задач;
- 2) выявить «критические функциональные процессы», характеризующиеся тем, что неудача при выполнении заявленных в них процессов может привести к срыву всего проекта СМК;
- 3) выявить количество экспертиз модели, проведение которых необходимо в рамках осуществления проекта.

Поставленная задача решается путем построения процессной модели СМК ПКО «Автостекло», представляющей собой иерархию процессов, связанных материальными и информационными потоками согласно правилам построения *IDEF0*-модели (рис.2.3).

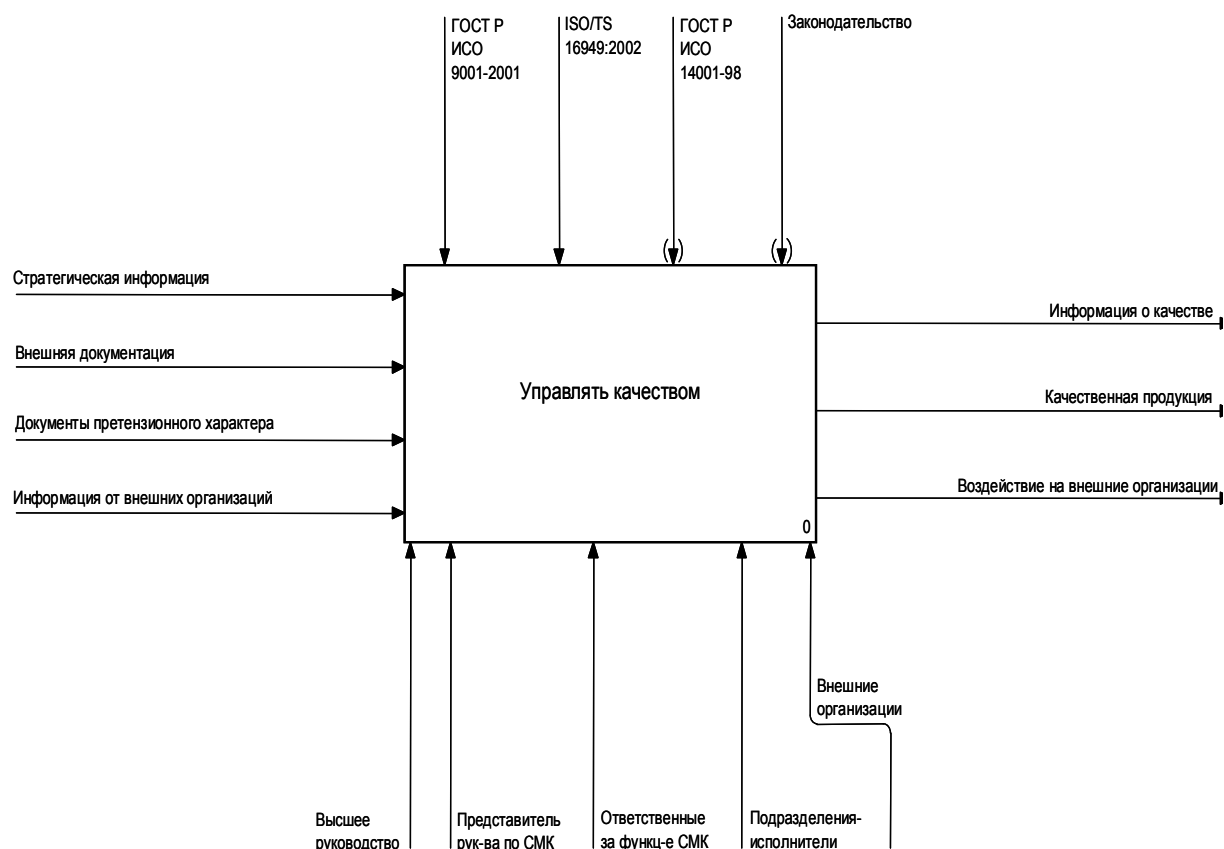


Рис. 2.3. Контекстная диаграмма *IDEF0* СМК ПКО «Автостекло»

Одним из положительных результатов построения функциональных (процессных) моделей является прояснение *границ моделирования* системы в целом и ее основных компонентов. Отсутствие границ моделирования, как и цели моделирования, затрудняет оценку степени завершенности модели. Границы моделирования имеют два компонента: ширину охвата и глубину детализации. Ширина охвата очерчивает внешние границы моделируемой системы. Глубина детализации определяет степень подробности, с которой нужно проводить декомпозицию процессных блоков.

Внешние границы моделируемой СМК ПКО «Автостекло» отображаются на контекстной диаграмме (см. рис.2.3).

Контекстный блок:

Управлять качеством – самая общая функция СМК ПКО «Автостекло», построенная на основе ГОСТ Р ИСО 9001-2001, а также с учётом элементов стандартов *ISO/TS 16949:2002* (СМК в автомобильной промышленности) и ГОСТ Р ИСО 14001-98 (экологический менеджмент).

Входные стрелки:

Стратегическая информация – входная (внешняя) информация, имеющая для СМК стратегическое значение (например, информация о положении на рынке, о качестве продукции конкурентов и тому подобное).

Внешняя документация – входная (внешняя) информация, представленная в виде документов, поступающих в СМК (например, заявки, письма и так далее).

Документы претензионного характера – входная (внешняя) информация, носящая негативный характер и поступающая в СМК от потребителей продукции.

Информация от внешних организаций – входная (внешняя) информация от внешних (не входящих в ОАО «Эй Джи Си БСЗ») организаций, прежде всего тех, которые выполняют какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

Управляющие стрелки:

ГОСТ Р ИСО 9001-2001 – государственный стандарт Российской Федерации, «Системы менеджмента качества. Требования», аналог международного стандарта *ISO 9001:2000 «Quality Management Systems. Requirements»*.

ISO/TS 16949:2002 – международный стандарт, «Системы менеджмента качества. Поставщики предприятий автомобильной промышленности. Особые требования к применению стандарта ИСО 9001:2000».

ГОСТ Р ИСО 14001-98 – государственный стандарт Российской Федерации «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», аналог международного стандарта *ISO 14001:1996*.

Законодательство – законодательство РФ, как федеральное, так и местное, а также международное законодательство.

Выходные стрелки:

Информация о качестве – информация по качеству процессов и продукции, формируемая и предоставляемая СМК.

Качественная продукция – выходная продукция, соответствующая требованиям по качеству.

Воздействие на внешние организации – любое воздействие СМК на внешние (не входящих в ОАО «Эй Джи Си БСЗ») организации, прежде всего те, которые выполняют какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

Стрелки механизмов исполнения:

Высшее руководство – высшее руководство ОАО «Эй Джи Си БСЗ» и ПКО «Автостекло».

Представитель руководства по СМК – специально назначенный представитель высшего руководства по СМК.

Ответственные за функционирование СМК – должностные лица ОАО «Эй Джи Си БСЗ» и ПКО «Автостекло», ответственные за функционирование СМК.

Подразделения-исполнители – подразделения ОАО «Эй Джи Си БСЗ» и ПКО «Автостекло», непосредственно выполняющие работы в рамках СМК.

Внешние организации – организации, не входящих в состав ОАО «Эй Джи Си БСЗ», но выполняющие какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

Глубина детализации определяет степень подробности, с которой нужно проводить декомпозицию процессных блоков. Для адекватного отображения процессов, протекающих на предприятии, воспользуемся методом анализа, называемым «критические факторы ус-

пека» (КФУ). Метод, используемый в КФУ-анализе, – это персональные интервью небольшого числа руководителей и ответственных лиц за качество в цехах и структурных подразделениях ПКО, чтобы выявить их цели и результирующий КФУ ПКО «Автостекло».

При исследовании проводится описание действующей системы управления ПКО «Автостекло», чтобы активно использовать его при решении задачи совершенствования существующей системы управления качеством в ПКО. Описание существующей системы управления позволило ответить на ряд вопросов:

- понять, как информация распределяется между подразделениями, производствами ПКО и процессами по управлению качеством производства изделий;
- описать взаимодействие процессов и информационных систем;
- определить относительную важность данных для различных процессов.

Результаты проведенного исследования:

- уточненный список процессов ПКО по управлению качеством изделий на производствах;
- диаграммы (матрицы) взаимосвязей делового процесса СМК и функциональных подразделений, а также производств, вовлеченных в этот процесс;
- информация о том, какие системы автоматизации задействованы при выполнении процессов управления качеством, где, как и какие данные используются в ПКО, на заводе и так далее.

С использованием результатов КФУ-анализа создавалась процессная модель СМК ПКО «Автостекло», которая отражает специфику всех процессов, операций и действий (процессов управления), осуществляемых на производстве, а также характер взаимосвязей между ними. Модель позволила сформировать видение новых рациональных технологий работы ПКО «Автостекло» в соответствии с требованиями стандартов *ISO 9001:2000* и *ИСО/ТУ 16949:2002*. Так, рассматриваемый процесс «Управлять качеством» (см. рис.2.3) разбивается на пять основных макропроцессов: осуществлять менеджмент ресурсов, реализовать ответственность руководства, управлять документацией, реализовать процессы жизненного цикла продукции, измерять, анализировать и улучшать (рис. 2.4).

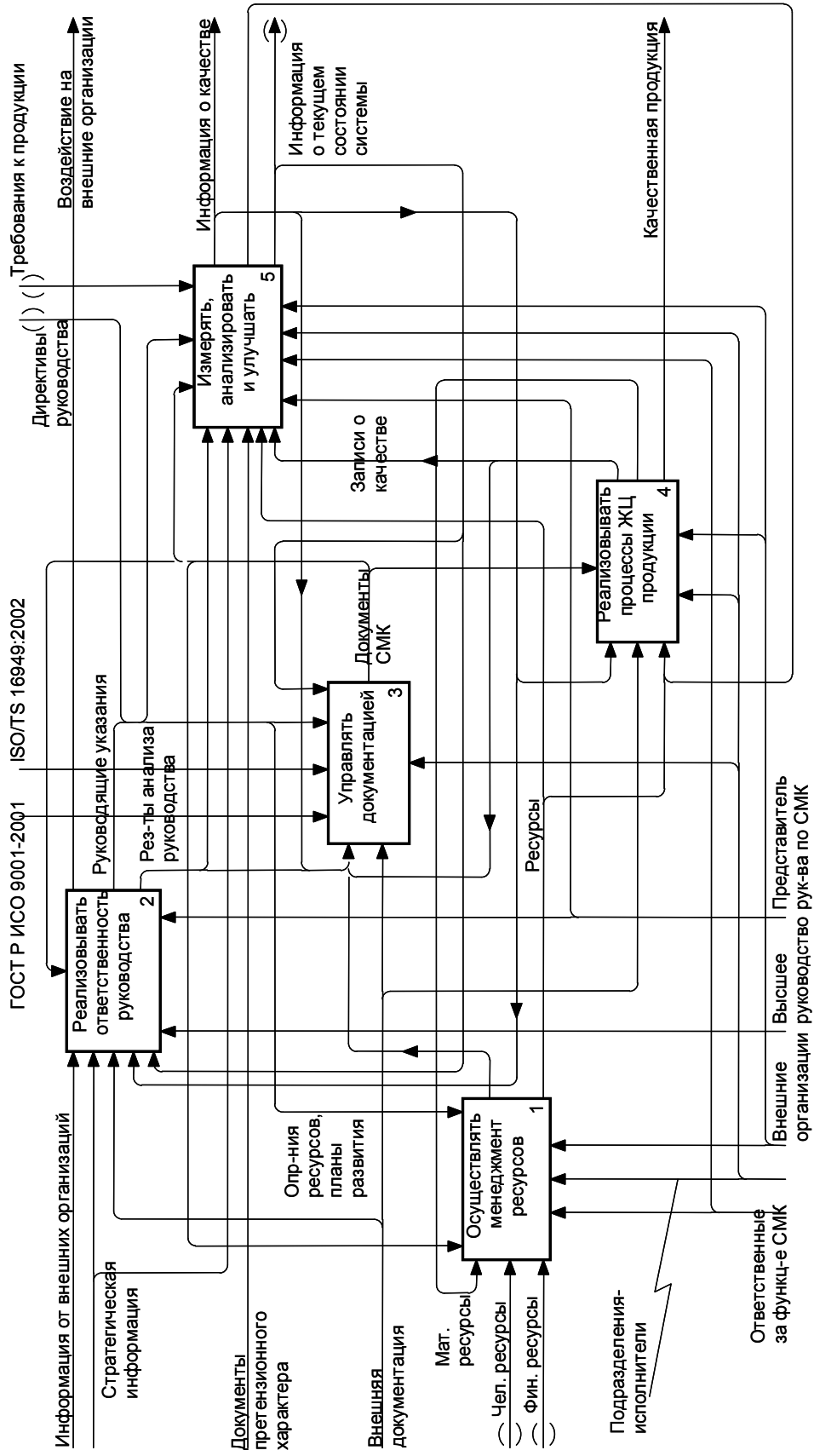


Рис. 2.4. Управлять качеством

Блоки первого уровня декомпозиции:

1. Осуществлять менеджмент ресурсов – одна из основных функций (макропроцесс) СМК, включает в себя определение и обеспечение ресурсами для внедрения и поддержания в рабочем состоянии СМК, а также постоянного повышения её результативности и повышения удовлетворённости потребителя (п. 6 ИСО 9001).

2. Реализовывать ответственность руководства – одна из основных функций (макропроцесс) СМК, включает в себя обеспечение наличия свидетельств принятия обязательств по разработке и внедрению СМК, а также постоянному улучшению её результативности посредством доведения до сведения организации важности выполнения требований потребителя, а также законодательных и обязательных требований, посредством разработки политики в области качества, обеспечения целей в области качества, проведения анализа со стороны руководства, обеспечения необходимыми ресурсами (п. 5 ИСО 9001).

3. Управлять документацией – одна из основных функций (макропроцесс) СМК, включает в себя всестороннее управление различными документами СМК, в том числе специальным видом документов – записями (пп. 4.1, 4.2.3 и 4.2.4 ИСО 9001).

4. Реализовывать процессы жизненного цикла продукции – одна из основных функций (макропроцесс) СМК, включает в себя все процессы жизненного цикла продукции, в том числе их планирование, связь с потребителем, проектирование и разработку, закупки, производство и обслуживание, управление устройствами для мониторинга и измерений (п. 7 ИСО 9001).

5. Измерять, анализировать и улучшать – одна из основных функций (макропроцесс) СМК, включает в себя планирование и применение процессов мониторинга, анализа и улучшения, необходимых для демонстрации соответствия продукции, обеспечения соответствия СМК, постоянного повышения результативности СМК; это должно включать определение применимых методов, в том числе статистических, и область их использования (п. 8 ИСО 9001).

Стрелки диаграммы первого уровня декомпозиции:

Материальные ресурсы – материальные ресурсы (инфраструктура, производственная среда), используемые СМК.

Человеческие ресурсы – человеческие (людские) ресурсы (будущий компетентный персонал), используемые СМК.

Финансовые ресурсы – финансовые (денежные) ресурсы, используемые СМК (в том числе для приобретения других видов ресурсов).

Документы СМК – нормативные документы СМК, описывающие и обеспечивающие её функционирование.

Определения ресурсов, планы развития – формальные определения ресурсов, используемых СМК, а также планы развития СМК.

Информация о качестве (см. рис. 2.3).

Ресурсы – человеческие и материальные ресурсы (персонал, инфраструктура, производственная среда), используемые СМК.

Ответственные за функционирование СМК (см. рис. 2.3).

Подразделения-исполнители (см. рис. 2.3).

Внешние организации (см. рис. 2.3).

Информация от внешних организаций (см. рис. 2.3).

Стратегическая информация (см. рис. 2.3).

Внешняя документация (см. рис. 2.3).

Информация о текущем состоянии системы – расширенное понятие «Информация о качестве» (см. рис. 2.3), которое используется только внутри СМК.

Воздействие на внешние организации (см. рис. 2.3).

Руководящие указания – указания от руководства, управляющие функционированием СМК.

Директивы руководства – тоже руководящие указания, но поступающие с более высокого уровня – от руководства группы «Glaverbel».

Результаты анализа руководства – результаты анализа функционирования СМК со стороны руководства, частный случай понятия «Информация о качестве» (см. рис. 2.3).

Высшее руководство (см. рис. 2.3).

Представитель руководства по СМК (см. рис. 2.3).

ГОСТ Р ИСО 9001-2001, ISO/TS 16949:2002 (см. рис. 2.3).

Записи о качестве – записи о качестве процессов и продукции, как частный случай понятия «Информация о качестве» (см. рис. 2.3).

Качественная продукция (см. рис. 2.3).

Документы претензионного характера (см. рис. 2.3).

Требования к продукции – формализованные требования по качеству продукции.

Далее проводится анализ отдельных макропроцессов, каждый из которых состоит из определенного числа функций, большинство из которых имеют сложную структуру, состоящую из нескольких блоков.

Из общего числа определенных макропроцессов более подробно рассмотрим макропроцесс «Реализовать процессы жизненного цикла продукции». Его можно отнести к числу «критических макропроцессов», так как выходным результатом его может быть некачественная продукция, отсутствие материальных ресурсов, отсутствие записей о качестве, что может привести к срыву всего проекта разработки СМК.

Декомпозиция диаграммы макропроцесса «Реализовать процессы жизненного цикла продукции» приведена на рис. 2.5 – 2.7.

Блоки и стрелки декомпозиции диаграммы макропроцесса «Реализовать процессы жизненного цикла продукции» (рис.2.5).

Блоки:

1. *Планировать процессы жизненного цикла продукции* – одна из функций макропроцесса «Реализовывать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая планирование и разработку процессов, необходимых для обеспечения жизненного цикла продукции (п. 7.1 ИСО 9001).

2. *Определять и анализировать требования потребителей* – одна из функций макропроцесса «Реализовывать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая определение всевозможных требований (законодательных, требований потребителей и других), относящихся к продукции, и их анализ (п. 7.2 ИСО 9001).

3. *Проектировать и разрабатывать* – одна из функций макропроцесса «Реализовывать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая проектирование и разработку продукции, вместе с их планированием (п. 7.3 ИСО 9001).

4. *Осуществлять закупки* – одна из функций макропроцесса «Реализовывать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая обеспечение соответствия закупленной продукции установленным требованиям к закупкам (п. 7.4 ИСО 9001).

5. *Производить и обслуживать* – одна из функций макропроцесса «Реализовывать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая планирование и обеспечение производства и обслуживания в управляемых условиях (п. 7.5 ИСО 9001).

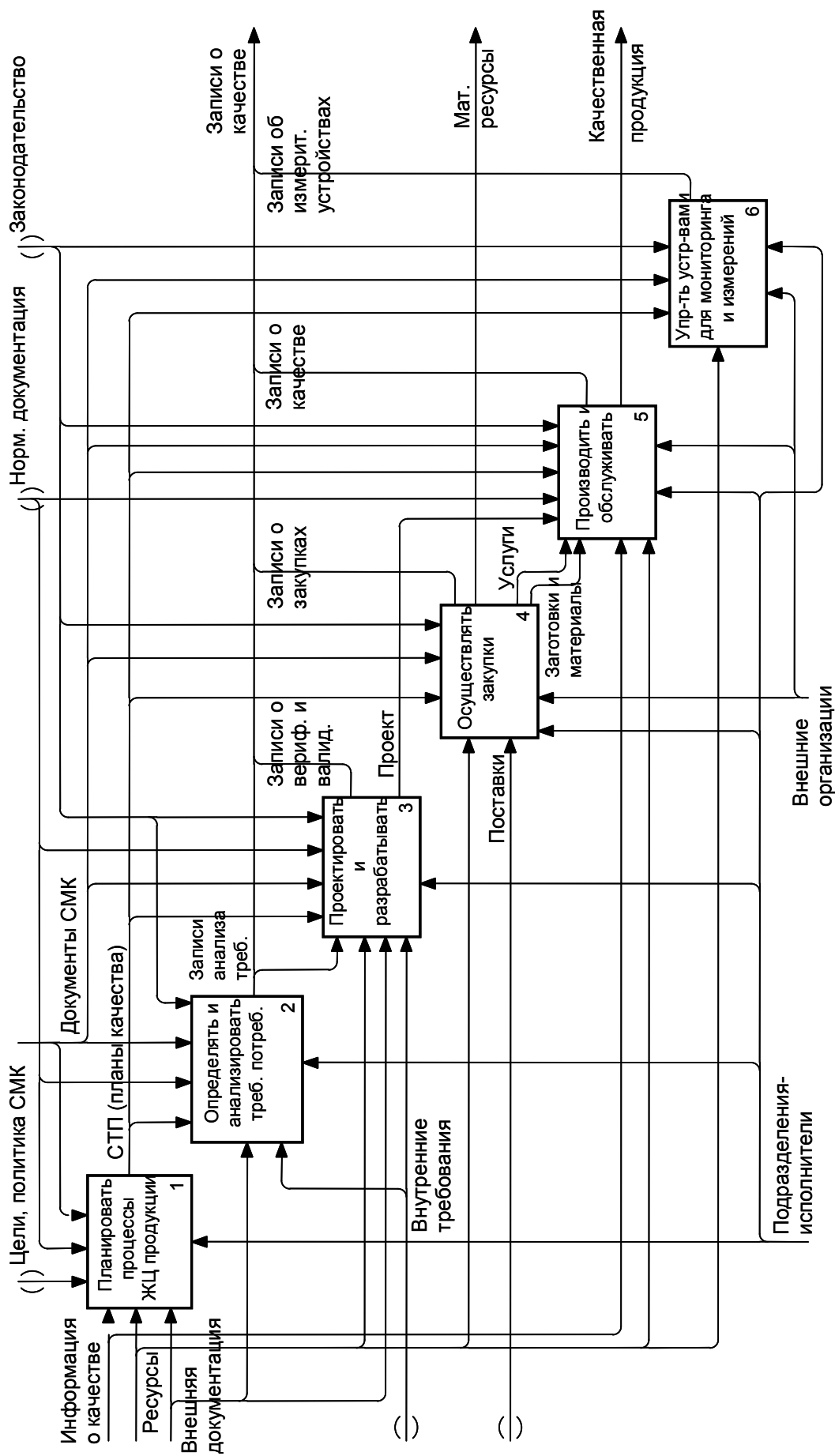


Рис. 2.5. Реализовать процессы ЖЦ продукции

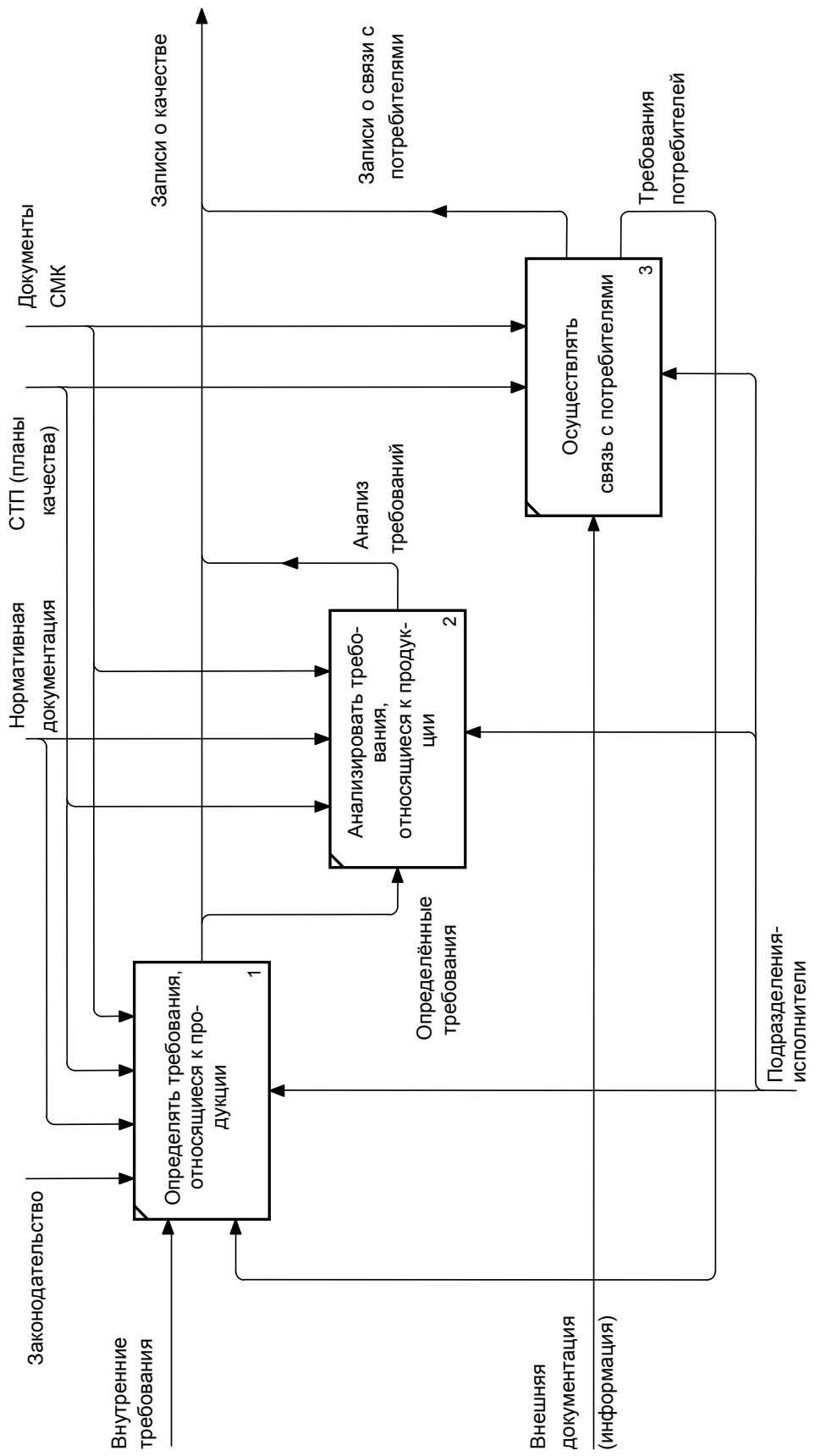


Рис. 2.6. Определять и анализировать требования потребителей

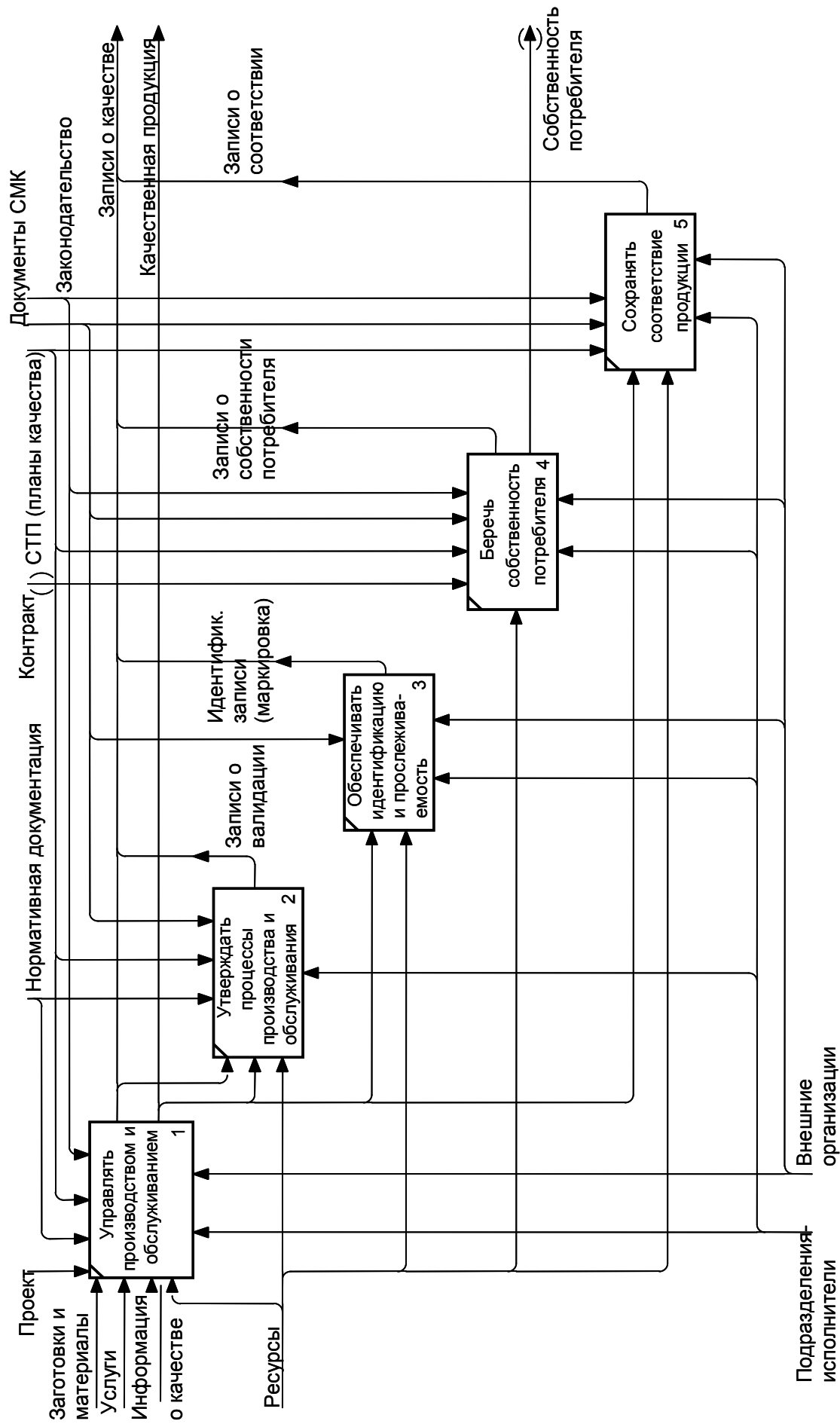


Рис. 2.7. Производить и обслуживать

6. *Управлять устройствами для мониторинга и измерений* – одна из функций макропроцесса «Реализовать процессы жизненного цикла продукции», подразумевающая определение мониторинга и измерений, которые предстоит осуществлять, а также устройств для мониторинга и измерений, необходимые для обеспечения свидетельства соответствия продукции установленным требованиям (п.7.6 ИСО 9001).

Стрелки: Информация о качестве (см. рис. 2.4).

Ресурсы (см. рис. 2.4).

Внешняя документация (см. рис. 2.4).

Цели, политика СМК – определенные цели в области качества, а также политика СМК, как частный случай понятия «Руководящие указания».

Нормативная документация – различная нормативная документация, включая отраслевые ГОСТы, технические условия и тому подобное.

Документы СМК (см. рис. 2.3).

СТП (планы качества) – карта процессов (стандарты предприятия) как соответствующая практике ОАО «Эй Джи Си БСЗ» представление результатов планирования процессов жизненного цикла продукции; можно рассматривать как планы качества (см. прим. 1 п. 7.1 ИСО 9001).

Подразделения-исполнители (см. рис.2.3).

Внутренние требования – внутренние требования группы «Glaverbel», ОАО «Эй Джи Си БСЗ» и ПКО «Автостекло», учитываемые при проектировании и разработке продукции.

Законодательство (см. рис.2.3).

Записи анализа требований – записи результатов анализа определённых требований, как частный случай понятия «Записи о качестве».

Записи о качестве (см. рис.2.4).

Записи о верификации и валидации – записи о результатах верификации и валидации проекта и разработки, как частный случай понятия «Записи о качестве».

Проект – проект или разработка продукции.

Поставки – материальные поставки, из которых происходит закупка сырья и прочих материальных ресурсов.

Записи о закупках – записи о произведённых закупках, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис.2.4.).

Материальные ресурсы (см. рис.2.4).

Услуги – закупленные услуги сторонних организаций.

Заготовки и материалы – заготовки и прочие материалы, используемые при производстве продукции и обслуживании.

Внешние организации (см. рис.2.3).

Качественная продукция (см. рис.2.3).

Записи об измерительных устройствах – записи результатов поверки и проверки состояния измерительных устройств, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис.2.4).

Блоки и стрелки декомпозиции диаграммы процесса «Определять и анализировать требования потребителей» (см. рис. 2.6).

Блоки: 1. *Определять требования, относящиеся к продукции* – одна из функций процесса «Определять и анализировать требования потребителей», подразумевающая определение требований, установленных потребителями, включая требования к поставке и деятельности после поставки, а также требований, не определённых потребителем, но необходимых для конкретного или предполагаемого использования, законодательных и других обязательных требований (п.7.2.1 ИСО 9001).

2. *Анализировать требования, относящиеся к продукции* – одна из функций процесса «Определять и анализировать требования потребителей», подразумевающая анализ определённых требований, относящихся к продукции, причём анализ должен проводиться до принятия организацией обязательства поставлять продукцию потребителю (п.7.2.2 ИСО 9001).

3. *Осуществлять связь с потребителями* – одна из функций процесса «Определять и анализировать требования потребителей», подразумевающая определение и осуществление эффективных мер по поддержанию связи с потребителями, касающихся информации о продукции, прохождения запросов, контрактов или заказа, включая поправки, обратной связи от потребителей, включая жалобы потребителей (п.7.2.3 ИСО 9001).

Стрелки: *Внутренние требования* (см. рис. 2.5).

Требования потребителей – поступившие требования потребителей продукции.

Законодательство (см. рис.2.3).

Нормативная документация (см. рис .2.5).

СТП (планы качества) (см. рис. 2.5).

Документы СМК (см. рис. 2.4).

Записи о качестве (см. рис. 2.4).

Подразделения-исполнители (см. рис. 2.3).

Определённые требования – записи определённых требований, относящихся к продукции, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис.2.4).

Анализ требований – записи результатов анализа определённых требований, относящихся к продукции, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис. 2.4).

Внешняя документация (информация) (см. рис. 2.3).

Записи о связи с потребителями – записи об осуществлении связи с потребителями.

Блоки и стрелки декомпозиции диаграммы процесса «Производить и обслуживать» (см. рис. 2.7).

Блоки: 1. *Управлять производством и обслуживанием* – одна из функций процесса «Производить и обслуживать», подразумевающая планирование и обеспечение производства и обслуживания в управляемых условиях, которые должны включать наличие информации, описывающей характеристики продукции, наличие рабочих инструкций в случае необходимости, применение подходящего оборудования; наличие и применение контрольных и измерительных приборов, проведение мониторинга и измерений, а также осуществление выпуска, поставки и действий после поставки продукции (п. 7.5.1 ИСО 9001).

2. *Утверждать процессы производства и обслуживания* – одна из функций процесса «Производить и обслуживать», подразумевающая подтверждение всех процессов производства и обслуживания, результаты которых нельзя проверить посредством последовательного мониторинга или измерения, в частности, те процессы, недостатки которых становятся очевидными только после начала использования продукции (п. 7.5.2 ИСО 9001), например, процессов припайки штекеров и закалки в производстве «Закалённое стекло», процесса пресования в автоклавах в производстве «Триплекс».

3. *Обеспечивать идентификацию и прослеживаемость* – одна из функций процесса «Производить и обслуживать», подразумевающая идентификацию продукции (в том числе её статус по отношению к требованиям мониторинга и измерений) при помощи соответствующих средств на всех стадиях её жизненного цикла, а также при необходимости отслеживание движения продукции (п. 7.5.3 ИСО 9001).

4. *Беречь собственность потребителя* – одна из функций процесса «Производить и обслуживать», подразумевающая проявление заботы о собственности потребителя, пока она находится под управлением или используется ПКО «Автостекло»; если собственность потребителя утеряна, повреждена или признана непригодной для использования, потребитель должен быть об этом извещён (п. 7.5.4 ИСО 9001).

5. *Сохранять соответствие продукции* – одна из функций процесса «Производить и обслуживать», подразумевающая сохранение соответствия продукции в ходе внутренней обработки и в процессе поставки к месту назначения (п.7.5.5 ИСО 9001).

Стрелки: Заготовки и материалы (см. рис. 2.5).

Услуги (см. рис. 2.5).

Информация о качестве (см. рис. 2.3).

Ресурсы (см. рис. 2.4).

Проект (см. рис. 2.5).

Нормативная документация (см. рис. 2.5).

СТП (планы качества) (см. рис. 2.5).

Законодательство (см. рис. 2.3).

Записи о качестве (см. рис. 2.4).

Качественная продукция (см. рис. 2.3).

Подразделения-исполнители (см. рис. 2.3).

Внешние организации (см. рис. 2.3).

Документы СМК (см. рис. 2.4).

Записи о валидации – записи о валидации процессов производства и обслуживания, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис. 2.4).

Идентификационные записи (маркировка) – идентификационные записи, гарантирующие прослеживаемость продукции (в частности, маркировка блоков стекла), как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис. 2.4).

Контракт – контракт с потребителем, как юридический документ, обязывающий ПКО «Автостекло» беречь собственность потребителя.

Записи о собственности потребителя – записи о собственности потребителя, находящейся в ведении ПКО «Автостекло», как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис. 2.4).

Собственность потребителя – собственность потребителя, находящаяся под управлением или используемая ПКО «Автостекло».

Записи о соответствии – записи о соответствии продукции предъявляемым к ней требованиям на всех этапах жизненного цикла продукции, как частный случай понятия «Записи о качестве» (см. рис. 2.4).

2.3. Анализ принципов построения систем управления охраной окружающей среды (СУООС)

Приступая к анализу данного вопроса, мы вынуждены согласиться с выводом Г. Мюллера-Христа [*Muller-Christ G., 2001, S.1*], что общепринятая целостная теоретическая концепция СУООС до настоящего времени отсутствует. К числу причин данной ситуации относится тот факт, что при управлении ООС и экологической безопасностью затрагиваются все функции и задачи современного предприятия. Также следует принимать во внимание относительно непродолжительный период функционирования СУООС (реально они стали формироваться в конце 60 – начале 70-х гг. XX столетия), а также их теоретического анализа.

За прошедший период сложился ряд заслуживающих внимания подходов (парадигм), анализирующих воздействие экологических императивов на предпринимательскую деятельность и развивающих теорию СУООС. Среди них могут быть выделены [29,30]:

– антропоцентрический (морально-этический) подход, в рамках которого внимание акцентируется на экологической ответственности предпринимателей и менеджеров, трактуемой с позиции обеспечения условий для долгосрочного функционирования бизнеса и удовлетворения потребностей общества;

– финансово-экономический подход, или подход «двойного выигрыша» (англ. *win-win*), при котором реализация природоохранных целей рассматривается компанией сквозь выработку конкурентоспособных стратегий и обеспечения посредством их реализации конкурентных преимуществ;

– биосферный подход (который первоначально развивался в рамках экологической экономики, а со второй половины 90-х гг. XX столетия также активно исследуется индустриальной экологией); таким образом, с учетом последующей эволюции он может быть назван также индустриально-экологическим подходом.

Реализация этих требований позволяет обеспечить формирование взаимосвязанного относительно замкнутого эколого-индустриального воспроизводственного цикла, обеспечивающего минимизацию негативного воздействия бизнеса на окружающую природную среду.

Конкретно речь идет о следующих общих принципах, признаваемых большинством современных исследователей и в той или иной мере лежащих в основе практически применяемых моделей СУООС: требование обеспечения устойчивого развития; принцип стейкхолдеров; принцип циркулярности; принцип кооперации; требование учета и управления экологическими рисками.

Применительно к деятельности бизнеса требования устойчивого развития получили отражение в принятой в 1991 г. Деловой Хартии по устойчивому развитию Международной торговой палаты. В основе данной Хартии положено соблюдение бизнесом следующих 16 ключевых обязательств [29]:

- 1) корпоративный приоритет;
- 2) интегрированное управление;
- 3) процесс;
- 4) обучение;
- 5) предварительная оценка;
- 6) продукция или услуги;
- 7) консультация для потребителей;
- 8) оборудование и операции;
- 9) изучение;
- 10) предупредительный подход;
- 11) подрядчики и поставщики;
- 12) подготовленность к аварийным ситуациям;
- 13) передача технологий;
- 14) вклад в общий эффект;
- 15) открытость к диалогу;
- 16) соответствие и отчетность.

Новая парадигма предпринимательской деятельности, базирующаяся на принципе устойчивого развития, приходит на смену

«аддитивному» учету экологических проблем, бывшему характерной чертой СУООС на начальном этапе его формирования.

Экологически ориентированная трансформация индустрии и бизнеса возможна двумя путями, которые, не противореча друг другу, имеют определенные содержательные различия, отражая взаимосвязанные последовательные этапы преобразования индустрии и бизнеса. Первое направление, получившее в специальной литературе наименование «эко-эффективности» и являющееся исходным, концентрирует внимание на *технологических инновациях* как основном средстве минимизации негативного влияния индустрии в целом и отдельных предприятий на состояние окружающей природной среды. Реализация стратегии и эко-эффективности, позволяя снизить отходо- и ущербность производства, сделать производство менее экологически опасным, не решает, однако, проблему кардинально.

Второй путь, получивший наименование метода системных изменений, исходит из представлений о бизнесе и в целом об экономической системе как части более общей социальной и экологической метасистемы. Для обеспечения экологически устойчивого развития индустрии и бизнеса в качестве основного предлагается метод оптимизации ресурсных потоков в системе взаимоотношений различных производств. В этом случае акцент делается на развитие кооперативных связей между предприятиями по использованию каждым последующим в цепи производства продуктов жизнедеятельности своего предшественника.

Отмечая несомненный инновационный потенциал данного системного направления, следует отметить его более широкие возможности по рациональной организации экологически устойчивого бизнеса и реализации межотраслевого взаимодействия фирм по развитию кооперационных взаимовыгодных связей с разнообразными стейк-холдерами.

СУООС различны для различных типов организаций в зависимости от характера, масштабов и сложности деятельности, выпускаемой продукции и предоставляемых услуг. Однако для всех СУООС характерен один и тот же набор основных элементов. К числу этих элементов относятся [31]:

а) экологическая политика, которая обычно оформляется в виде Декларации (заявления) об экологической политике и выражает безусловное намерение высшего руководства организации реализовать современный подход к экологическому менеджменту;

б) план или программа действий по охране окружающей среды, содержащие описание мер, которые предприятие собирается предпринять в предстоящем году (последующие годы);

в) организационная структура, которая фиксирует распределение функций, делегирование полномочий и ответственность за те или иные действия.

Интеграция вопросов экологического управления во все аспекты повседневной деятельности предприятия предусматривает процедуры «встраивания» природоохранных мероприятий в другие составляющие деятельности предприятия, такие как охрана труда, снабжение, НИОКР, разработка новых продуктов, слияние и поглощение, маркетинг, финансы и так далее;

г) корректирующие и превентивные действия, направленные на устранение фактических или возможных случаев отклонения от установленных целей, задач, критериев и нормативов;

д) аудиты СУОС для проверки адекватности и эффективности внедрения и функционирования СУОС;

е) внутреннее распространение информации и обучение, для того чтобы все работники понимали, почему и как они должны выполнять свои функции, связанные с охраной окружающей среды, в контексте их повседневных служебных обязанностей;

ж) внешнее информационное взаимодействие и взаимоотношения с населением прилегающей к предприятию территории.

Для внедрения системы управления охраной окружающей среды используются международные стандарты серии *ISO 14000*. В России разработан ряд стандартов серии ГОСТ Р ИСО 14000, являющихся аутентичными переводами соответствующих международных стандартов. К настоящему времени Госстандартом утверждены следующие стандарты:

1. ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению». В стандарте конкретные критерии экологической эффективности не устанавливаются. Стандарт применим к любой организации, которая хочет:

- внедрить, поддержать и улучшить систему экологического менеджмента;

- удостовериться в своем соответствии сформулированной ею экологической политике;

- продемонстрировать это соответствие другим;

- добиться сертификации внешней организацией своей системы экологического менеджмента;

- самостоятельно определить соответствие такой системы стандарту и самой заявить об этом соответствии.

2. ГОСТ Р ИСО 14004-98 «Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования». Стандарт содержит руководство по разработке и реализации принципов и систем экологического менеджмента, а также по их координации с другими системами административного управления, в том числе с системой менеджмента качества.

3. ГОСТ Р ИСО 14010-98 «Руководящие указания по экологическому аудиту. Основные принципы». Стандарт служит руководством для организаций, аудиторов и их клиентов по основным принципам, общим для любого аудита. Этот стандарт – один из серий стандартов в области экологического аудита, куда входят также следующие стандарты: ГОСТ Р ИСО 14011-98 «Руководство по экологическому аудиту. Процедуры аудита. Аудит системы управления окружающей средой», ГОСТ Р ИСО 14012-98 «Руководство по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для аудиторов в области экологии».

4. ГОСТ Р ИСО 14031-2001 «Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования». Оценка осуществляется по модели управления: Планирование – Выполнение – Проверка – Действие. Оценивание экологической эффективности должно быть экономически эффективным и составлять часть регулярных деловых функций в деятельности организации.

5. ГОСТ Р ИСО 14040-99 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура».

6. ГОСТ Р ИСО 14041-2000 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение целей и области исследования и инвентаризационный анализ».

7. ГОСТ Р ИСО 14050-99 «Управление окружающей средой. Словарь».

В будущем серия таких стандартов будет расширяться.

Подход серии стандартов ИСО 14000 к деятельности предприятий отражает очевидный факт: продукцию и отходы предприятие выпускает одновременно. Поэтому уделять внимание продукции и не уделять внимание отходам сегодня уже невозможно.

Модель СУООС, согласно ГОСТ Р ИСО 14001-98, включает шесть взаимосвязанных элементов [32]:

- экологическую политику;
- планирование природоохранной деятельности в соответствии с принятой экологической политикой;
- организацию деятельности в СУООС и ее реализация;
- внутренние проверки и корректирование осуществляемой деятельности;
- анализ результатов деятельности и пересмотр СУООС;
- демонстрацию достигнутых в СУООС результатов и их последовательное улучшение.

На основе перечисленных элементов выделяются основные этапы внедрения и функционирования СУООС. Данные этапы изображены на обобщенной модели СУООС, соответствующей положениям стандарта *ISO 14001* (ГОСТ Р ИСО 14001) (рис.2.8). Цифры на схеме относятся к разделам стандарта, в которых изложены требования к элементам СУООС.



Рис. 2.8. Обобщенная модель СУООС согласно ГОСТ Р ИСО 14001-98

Вне зависимости от вида производств и характера деятельности предприятие (организация) выступает в качестве опосредованного элемента, определяющего некую связь между собой и окружающей его средой, при этом происходит обмен разного рода информацией: энергетиче-

ской, вещественной и другой на всех этапах хозяйственной деятельности. Предприятие выступает основным элементом, влияющим на загрязнение окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека.

На практике встречаются четыре основных типа структур СУООС, различающиеся по положению в них экологической службы предприятия или уполномоченного специалиста [33]:

- с отсутствующей экологической службой или специалистом в области экологического управления;
- в которой экологическая служба (должностные обязанности менеджера) совмещена с каким-либо другим подразделением (другими должностными обязанностями) предприятия;
- в которой экологическая служба (менеджер) выделена в отдельное подразделение (должность);
- в которой экологическая служба выделена в отдельное подразделение с руководителем, равным по рангу заместителю директора предприятия.

Наиболее эффективными и обладающими наибольшими потенциальными возможностями в использовании преимуществ экологического управления является система, в которой экологическая служба выделена в отдельное подразделение, а ее руководитель (специалист-менеджер) по должности в зависимости от размера предприятия равен заместителю директора или заместителю главного инженера. При любой организации производственной экологической службы важен комплексный подход в осуществлении эффективного экологического управления и экологического менеджмента, в том числе при разработке экологической политики предприятия, определении основных целей и задач в данной области, организации деятельности, мотивации и контроле [33].

Организация коммуникаций – основа формирования СУООС на предприятии. Различают следующие основные типы коммуникаций в СУООС [33]:

- административные «линии власти»;
- финансовые;
- информационные.

Административные коммуникации отражают взаимное подчинение субъектов в СУООС.

Финансовые коммуникации показывают, какие субъекты в СУООС экономически взаимосвязаны между собой при осуществлении экологической деятельности. Основными субъектами финансо-

вых взаимоотношений являются бухгалтерия, руководство предприятия, экологическая служба, плановый отдел.

Информационные коммуникации в СУООС показывают взаимосвязи, возникающие при обмене информацией, связанной с экологической деятельностью.

Экологическая служба предприятия информационно связана с такими подразделениями, как отделы главного энергетика, главного механика, с подразделением, занимающимся вывозом отходов, эксплуатируемыми подразделениями, промышленной санитарной лабораторией и другими. Экологическая служба аккумулирует всю информацию по осуществлению экологического управления и менеджмента на предприятии, а затем анализирует ее, представляет в различных внутренних и внешних документах. Разрабатывает программы (планы) экологического управления, составляет и ведет экологическую отчетность.

2.4. Моделирование системы управления охраной окружающей среды

Для современного стекольного завода наличие эффективной СУООС является основой обеспечения стабильных характеристик функционирования, так как она позволяет уменьшить экологический, информационный и коммерческий риски загрязнения компонентов окружающей среды, связанные с принятием управленческих решений. Практика показывает, что предупреждение экономически более выгодно, чем ликвидация негативных экологических последствий, влекущих за собой штрафные санкции и административную ответственность.

На стекольных заводах России ведутся работы в области природоохранной деятельности. Руководители заводов считают своей главной задачей соблюдение законодательных и нормативных актов по охране окружающей среды и проведение эффективных мероприятий, связанных с охраной окружающей среды:

- ввод в эксплуатацию очистных сооружений, позволивших производить очистку воды для производственных нужд в замкнутом цикле;
- сокращение забора и выброса воды в водные бассейны;
- вторичная переработка отходов стекольного производства;
- ввод в эксплуатацию полигона промышленных отходов;
- установка в дымовых трубах котлов-утилизаторов для использования тепла отходящих газов от стекловаренных печей;
- установка современных высокоэффективных пылеулавливающих установок в производстве шихты;

- реконструкция систем аспирации;
- сокращение выделения в атмосферу вредных компонентов за счет строгого соблюдения технологических режимов и других.

Однако эти меры недостаточны для того, чтобы обеспечить организации уверенность в том, что ее экологическая результативность от производственной деятельности позволит и в дальнейшем удовлетворять требованиям общества, законодательных актов, собственной политики в области систем менеджмента и получать экономическую выгоду. Поэтому на стекольных заводах создаются системы управления окружающей средой применительно к производству стекла листового, заготовок для автомобильных стекол и зеркал, разработке, производству и продаже многослойных и закаленных стекол для автомобильной промышленности и другой продукции в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-98 [20, 38].

Организация охраны окружающей среды требует комплексного подхода, предусматривающего:

- учет взаимного влияния методов снижения различных негативных воздействий через характеристики основного производственного процесса;
- учет влияния того или иного метода борьбы с загрязнением на другие природные среды, объемы использования энергии и материалов, создаваемые потоки отходов и их характер, а также экономические аспекты этого влияния;
- определение приемлемого баланса между экологическими выгодами (снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ), последствиями для природной среды, финансовыми затратами и расходом энергии.

Оценка экологического жизненного цикла (ОЭЖЦ) производства продукции позволяет сконцентрировать внимание на экологических воздействиях, связанных с производством и потреблением продукции предприятия. Данные ОЭЖЦ важны для формирования открытой коммуникативной политики предприятия и утверждения этим ее конкурентных преимуществ [29].

Международные стандарты *ISO* серии 14000, распространяющиеся на управление охраной окружающей среды, предназначены для обеспечения организации элементами эффективной системы управления окружающей средой и определяют, что в организации должны быть введены и соблюдаться определённые процедуры, подготовлены

определённые документы и назначены ответственные за определённую деятельность [39]. Стандарт подразумевает интеграцию СУООС с системой менеджмента качества и общей системой управления организацией. Последней действующей редакцией является *ISO 14001:1996*, отечественный аналог которого – ГОСТ Р ИСО 14001-98.

ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» имеет богатые традиции в области природоохранной деятельности. За последние годы в ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» проведен ряд эффективных мероприятий, связанных с охраной окружающей среды. Введены в эксплуатацию очистные сооружения, позволившие производить очистку воды для производственных нужд в замкнутом цикле, сократив забор и выброс воды в реку Волга. Введен в эксплуатацию полигон промышленных отходов, одновременно успешно проведена рекультивация старого полигона. Для использования тепла отходящих газов от стекловаренных печей в дымовых трубах установлены котлы-утилизаторы. В производстве шихты установлены современные высокоэффективные пылеулавливающие установки, проведена реконструкция систем аспирации, сокращено выделение в атмосферу вредных компонентов за счет изменения состава шихты для выработки полированного стекла и строгого соблюдения технологических режимов [42].

Для адекватного отображения процессов, протекающих в СУООС, использовалось функциональное моделирование – методология и программный инструментарий описания и анализа процессов, позволяющие представить всё множество процессов системы в виде набора диаграмм, отображающих выполняемые функции, а также связывающих их материальные и информационные потоки и требуемые ресурсы.

Модель СУООС разрабатывалась с помощью широко используемой методологии системного моделирования и проектирования – *IDEF0* [43]. Модель наглядная и проста для понимания, и в то же время она формализует представление о деятельности производства, помогая находить общий язык между разработчиками систем управления и будущими пользователями этого описания. Модель представляет набор диаграмм и текстовое описание. Разработка диаграмм проводилась с помощью *VPwin* – инструментального средства автоматизации проектирования и моделирования информационных систем.

Модель построена на процессном подходе. Этим определяется ее результативность и эффективность при снижении воздействия деятельности предприятия на окружающую среду. Процессный подход в

случае охраны окружающей среды – и, соответственно, методология СУООС – построены на включении соответствующих требований в требования к производственным и иным процессам на предприятии, учета их при планировании и ведении деятельности. При процессном подходе выделяются и контролируются аспекты деятельности, продукции и услуги, связанные с взаимодействием с окружающей средой. Стандарты *ISO* серии 14000 вводят специальный термин – экологический аспект. При этом СУООС предназначается как раз для того, чтобы обеспечить контроль экологических аспектов организации.

СУООС – средство достижения высокой экологической эффективности организации. Окружающая среда – это внешняя среда, в которой функционирует организация, включая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, человека и их взаимодействие. Главная цель создания СУООС – поддержание мер по охране окружающей среды и предотвращение ее загрязнения при сохранении баланса с интересами организации. Внедрение СУООС обеспечивает порядок и последовательность решения организациями своих экологических вопросов через размещение ресурсов, распределение обязанностей и постоянную оценку методов, процедур и процессов.

Международные стандарты *ISO* серии 14000 распространяются на управление окружающей средой. Последней действующей редакцией стандарта является *ISO 14001:1996*, отечественный аналог которого – ГОСТ Р ИСО 14001-98. Настоящий стандарт устанавливает требования к СУООС в целях оказания помощи организации в определении ее политики и целевых показателей с учетом требований законов и данных о значительных воздействиях на окружающую среду, и применим к тем экологическим аспектам, которые организация может контролировать и на которые может оказывать влияние. ГОСТ Р ИСО 14001-98 применим к любой организации, которая хочет внедрить, поддержать и улучшить СУООС; удостовериться в своем соответствии сформулированной ею экологической политике и продемонстрировать это соответствие другим; добиться сертификации СУООС.

Модель верхнего уровня системы управления охраной окружающей среды в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14001-98 отражает макропроцессы СУООС (рис. 2.9): осуществлять менеджмент ресурсов; реализовывать ответственность руководства; управлять документацией; реализовывать процессы жизненного цикла продукции; измерять, анализировать, улучшать.

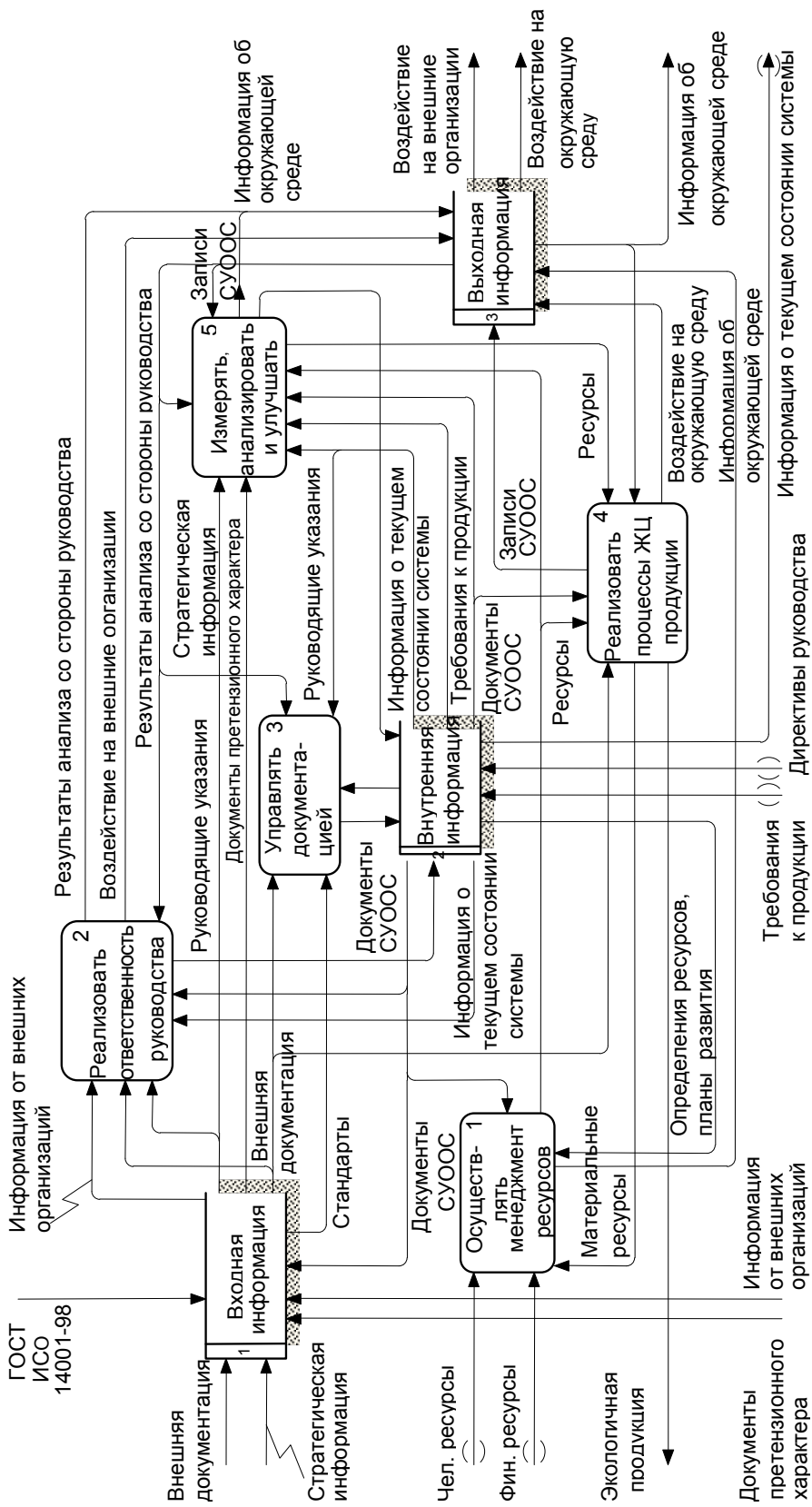


Рис. 2.9. Управлять охраной окружающей среды

Каждый макропроцесс из диаграммы верхнего уровня можно представить в виде отдельной диаграммы, состоящей из процессов и дуг.

Например, макропроцесс «Реализовать ответственность руководства» после декомпозиции включает следующие процессы (рис. 2.10): гарантировать выполнение требований потребителей, охрану окружающей среды, определять экологическую политику СУООС, осуществлять планирование СУООС, распределять ответственность и полномочия, обеспечивать информационный обмен, осуществлять анализ со стороны руководства. К диаграмме на рис. 2.10 приводятся спецификации, в которых дается описание всех процессов и объектов:

Реализовать ответственность руководства

ПРОЦЕСС: *Гарантировать выполнение требований к охране среды.*

ВХОД: Внешняя документация. Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Информация о текущем состоянии системы. Документы СУООС.

ВЫХОД: Руководящие указания.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Обеспечивать определение требований, относящихся к охране окружающей среды, и их выполнение.

Обеспечивать осуществление мониторинга состояния окружающей среды.

ПРОЦЕСС: *Определять политику СУООС.*

ВХОД: Стандарты. Законодательство. Цели организации. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Политика СУООС.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Гарантировать соответствие целям организации.

Учитывать обязательство соответствовать и улучшать СУООС.

Обеспечивать доведение до сведения персонала.

Анализировать политику на постоянную пригодность.

ПРОЦЕСС: *Осуществлять планирование развития СУООС.*

ВХОД: Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Цели организации. Политика СУООС. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Цели СУООС. Планы и программы по развитию. Воздействие на внешние организации.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Устанавливать цели СУОС, гарантировать их измеримость и согласованность.

Планировать создание и развитие СУОС.

Сохранять целостность СУОС при планировании и внедрении изменений.

ПРОЦЕСС: *Распределять ответственность и полномочия, обеспечивать информационный обмен.*

ВХОД: Информация об организационной структуре. Планы производства. Политика СУОС. Документы СУОС.

ВЫХОД: Документы об ответственности и полномочиях.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять и доводить до сведения персонала ответственность и полномочия.

Назначать представителя из состава руководства.

Обеспечивать разработку процессов внутреннего обмена информацией.

ПРОЦЕСС: *Осуществлять анализ со стороны руководства.*

ВХОД: Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Результаты аудитов, последствия действий, изменения. Документы СУОС. Информация об окружающей среде.

ВЫХОД: Планы качества продукции и процессов. Воздействие на внешние организации. Результаты анализа со стороны руководства.

АЛГОРИТМ:

1. ЗАПЛАНИРОВАТЬ интервалы времени для анализа.
2. На основании результатов аудита, последствий действий, изменений, данных обратной связи от потребителей, информации об окружающей среде АНАЛИЗИРОВАТЬ СУОС через запланированные интервалы времени, чтобы ОБЕСПЕЧИТЬ гарантии пригодности, адекватности и результативности СУОС.
3. ОЦЕНИТЬ возможности улучшения СУОС.
4. ОБОСНОВАТЬ необходимость изменения СУОС.
5. ФОРМИРОВАТЬ записи результатов анализа и сохранять в хранилище «Результаты анализа руководства».

Затем блоки диаграммы, представленные на рис. 2.10, декомпозируются на отдельные диаграммы до получения простейших операций. Декомпозиция блока «Гарантировать выполнение требований к охране окружающей среды» приведена на рис. 2.11.

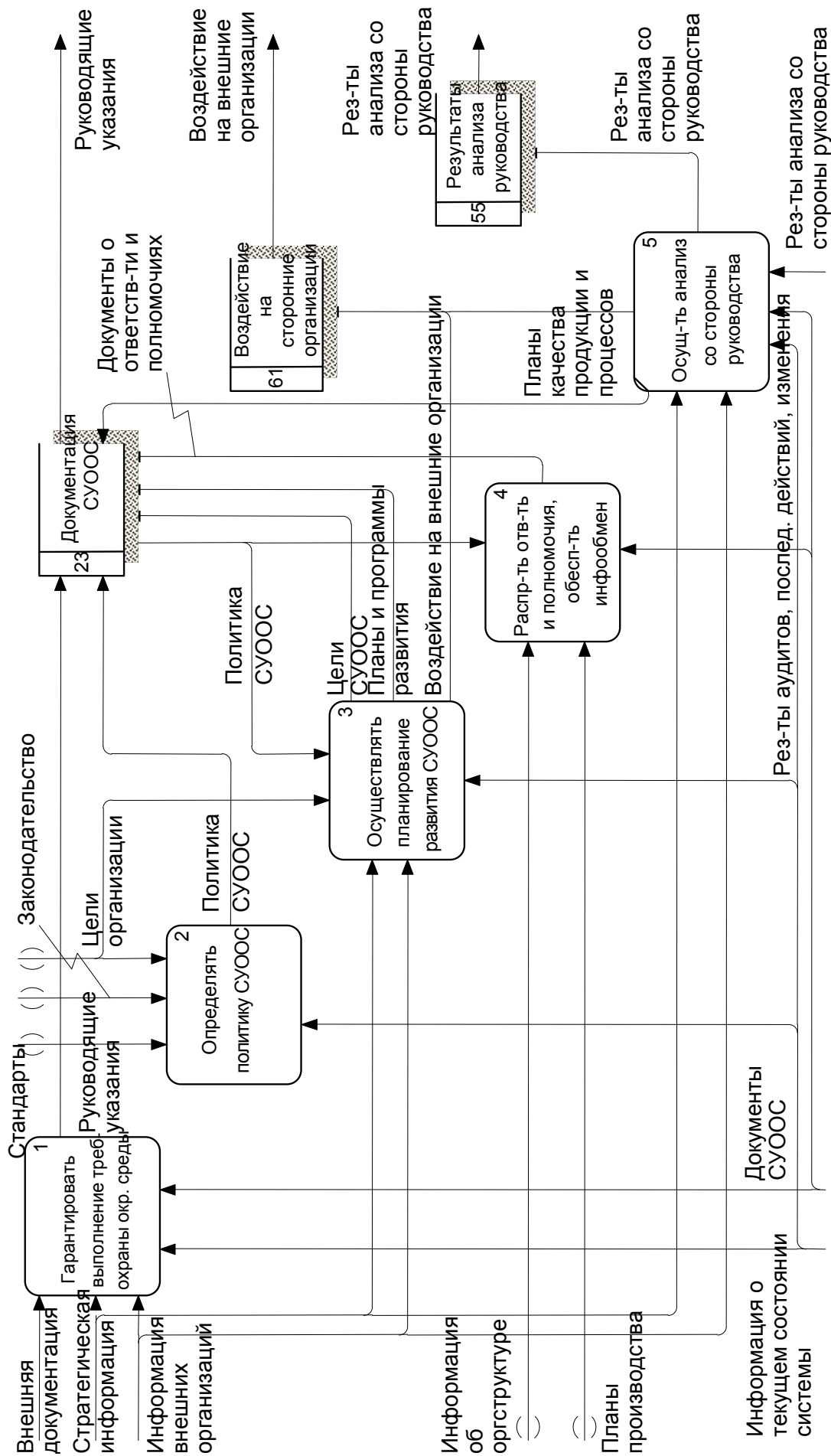


Рис. 2.10. Реализовать ответственность руководства

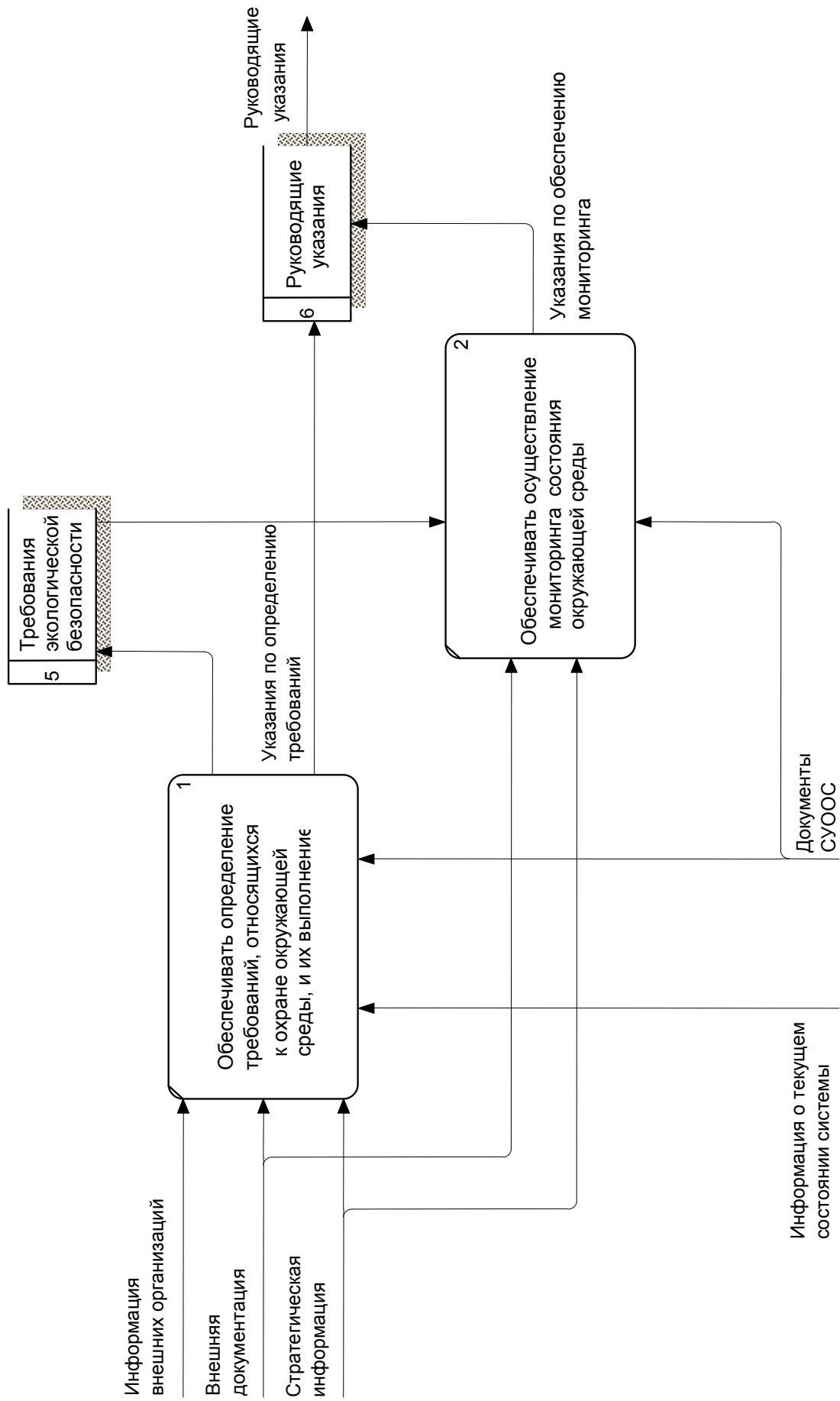


Рис. 2.11. Гарантировать выполнение требований к охране окружающей среды

Спецификация данного процесса приводится ниже:

Гарантировать выполнение требований к охране окружающей среды.

ПРОЦЕСС: *Обеспечивать определение требований, относящихся к охране окружающей среды, и их выполнение.*

ВХОД: Информация от внешних организаций. Внешняя документация. Стратегическая информация. Информация о текущем состоянии системы. Документы СУООС.

ВЫХОД: Требования к продукции и экологической безопасности. Указания по определению требований.

АЛГОРИТМ: На основании стратегической информации, информации от сторонних организаций, информации о текущем состоянии системы **ОПРЕДЕЛИТЬ** и **СФОРМИРОВАТЬ** требования к охране окружающей среды.

1. **СФОРМИРОВАТЬ** указания по выполнению требований к охране окружающей среды.

2. **СФОРМИРОВАТЬ** записи результатов анализа и сохранять в хранилище «Результаты анализа руководства».

ПРОЦЕСС: *Обеспечивать осуществление мониторинга состояния окружающей среды.*

ВХОД: Внешняя документация. Стратегическая информация. Требования к экологической безопасности. Документы СУООС.

ВЫХОД: Указания по обеспечению мониторинга.

АЛГОРИТМ:

1. **ОПРЕДЕЛИТЬ** потребности потребителя.

2. На основании стратегической информации, требований к экологической безопасности **ОБЕСПЕЧИТЬ** осуществление мониторинга состояния окружающей среды.

3. **СФОРМИРОВАТЬ** указания по выполнению мониторинга удовлетворенности окружающей среды.

Полученные модели СУООС ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» позволяют анализировать воздействие каждого процесса на эффективность системы управления охраной окружающей среды и связать экологические целевые и плановые показатели завода с конкретными финансовыми результатами и тем самым гарантировать использование ресурсов с наибольшей пользой с финансовой и экологической точек зрения [20].

Организация определяет и поддерживает в актуальном состоянии информацию на бумажном или электронном носителе. На моделях (см. рис. 2.9 – 2.11) отображены соответствующие информационные базы данных.

Организация устанавливает и поддерживает в рабочем состоянии процедуры управления всеми документами, которые требуются:

- для того, чтобы их можно было найти;
- они периодически анализировались, пересматривались по мере необходимости и утверждались на предмет их адекватности уполномоченным персоналом;
- текущие издания соответствующих документов были доступны во всех местах, где проводятся работы, важные для эффективного функционирования системы ЭВМ;
- устаревшие документы сразу изымались из всех пунктов рассылки и применения или каким-либо другим способом предотвращалось их непреднамеренное использование;
- любые устаревшие документы, оставленные для юридических целей или для сохранения сведений о них, надлежащим образом идентифицировались.

В организации должны быть установлены процедуры и определены обязанности, касающиеся разработки и актуализации документов различного вида. Процедуры должны поддерживаться в рабочем состоянии.

2.5. Моделирование системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда

В практику российского предпринимательства активно внедряются международные стандарты, охватывающие такие области стандартизации, как управление качеством (ИСО 9001), окружающей средой (ИСО 14001), профессиональной безопасностью и охраной труда (OHSAS-18001). Стандарты в области управления качеством (ИСО серии 9000) являются базовыми, системообразующими в этом блоке стандартов [35].

Участники Второго Всероссийского семинара «Проблемы управления промышленной безопасностью» (2001г.) констатировали, что одна из главных причин аварийности и производственного травматизма – низкая эффективность управления промышленной безопасностью. Системы управления промышленной безопасностью на многих промышленных предприятиях носят формальный характер и фактически бездействуют, что приводит к снижению производственной дисциплины, недостаточному материально-техническому и фи-

нансовому обеспечению мероприятий по безопасности, а также к многочисленным нарушениям. Данное состояние промышленной безопасности требует особого внимания к проблеме управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов [36].

Вопросы промышленной безопасности становятся по значимости сравнимыми с проблемами охраны окружающей среды. Сегодня нельзя создать современную систему управления успешно функционирующего предприятия без учёта вопросов промышленной безопасности. Долгие годы промышленные предприятия функционировали на основе, так называемой, концепции «абсолютной безопасности» или «нулевого риска», предусматривающей такую организацию производственного объекта, при которой полностью исключена возможность аварии. Недостатками концепции являются чрезвычайно большие материальные затраты на её реализацию, неподготовленность к эффективным действиям в чрезвычайной ситуации и принципиальная нереализуемость.

На смену концепции «абсолютной безопасности» приходит концепция «приемлемого риска», использующая принцип «предвидеть и предупредить». Эта общепризнанная сегодня концепция предусматривает возможность аварии и соответственно меры по предотвращению её возникновения и развития и базируется на четырех основных принципах:

- практическая деятельность не может быть оправдана, если выгода от этой деятельности в целом не превышает вызываемого ею ущерба;
- оптимальным считается вариант сбалансированных затрат на создание систем безопасности за счёт снижения уровня риска и выгоды, получаемой от хозяйственной деятельности;
- должен учитываться весь спектр существующих опасностей;
- вся информация о принимаемых решениях по управлению риском должна быть доступна населению.

Меры по уменьшению риска могут иметь технический или организационный характер. Приоритетными являются меры по уменьшению вероятности аварии по сравнению с мерами по минимизации её последствий.

Стекольные производства характеризуются тем, что ряд его участков содержат опасные и вредные производственные факторы, повы-

шенный уровень рисков, связанных с производственной деятельностью персонала. Решая вопросы управления профессиональной безопасностью и охраной труда необходимо добиваться сокращения потерь, связанных с травматизмом, и достижения корпоративного уровня рисков.

На ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» уделяется большое внимание созданию безопасных условий труда для работающего персонала, обеспечению удобной специальной рабочей одеждой и средствами индивидуальной защиты, снижению уровня травматизма и заболеваемости.

Руководство группы «*Glaverbel*», в состав которой вошел Борский стекольный завод, уделяет большое внимание работам по охране окружающей среды и охране труда, выделению инвестиций на природоохранную деятельность, поддерживает работы по разработке и сертификации систем менеджмента на соответствие требованиям стандартов ИСО 14001 и *OHSAS* 18001.

Система управления в области профессиональной безопасности и охраны труда (в дальнейшем СУПБиОТ) создается, внедряется и поддерживается для устранения или минимизации рисков работников предприятия и других заинтересованных сторон, которые могут подвергаться рискам, связанным с их профессиональной деятельностью.

Главная цель СУПБиОТ – выполнять требования действующих законодательных актов в области профессиональной безопасности и охраны труда.

Система управления профессиональной безопасностью и охраной труда ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» создавалась применительно к производству стекла листового, заготовок для автомобильных стекол и зеркал, разработке, производству и продаже многослойных и закаленных стекол для автомобильной промышленности, технических зеркал. Закупке услуг по проектированию, обслуживанию оборудования, транспортированию, контролю, упаковке, отгрузке продукции, по уборке помещений и территории на соответствие требованиям стандартов *OHSAS* 18001 и ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Общие требования к управлению охраной труда в организации» [21]. СУПБиОТ является неотъемлемой частью (подсистемой) интегрированной системы управления.

Стандарт управления охраной здоровья и профессиональной безопасностью персонала *OHSAS* 18001 служит моделью для форми-

рования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью (СУПБиОТ) в организации. Стандарт *OHSAS 18001* совместим с международными стандартами *ISO 14001*, *ISO 9001* и дополняет требования российского законодательства и сложившуюся практику в области промышленной безопасности и охраны труда. Российский стандарт ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Общие требования к управлению охраной труда в организации» [37] гармонизирован с международным стандартом *OHSAS 18001-99*.

При построении СУПБиОТ опирались на соблюдение требований Конституции РФ, Трудового и Уголовного кодексов РФ, Федеральных Законов: «Об основах охраны труда в РФ», «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О санитарно-гигиеническом благополучии населения» и других Постановлений Правительства РФ. Обязательное выполнение требований действующего Российского законодательства в области профессиональной безопасности и охраны труда было главной целью создания Системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда.

При разработке СУПБиОТ был выбран процессный подход [21]. Для реализации процессного подхода в СУПБиОТ были определены процессы систем, которые вошли в состав процессов интегрированной системы. В подразделениях и организациях, входящих в структурную схему функционирования ИСУ, проведены работы по идентификации опасностей и оценке рисков, связанных с этими опасностями, а также определены необходимые контрольные меры по снижению рисков.

Идентификация бизнес-процессов предполагает формирование состава функций (операций) бизнес-процессов, определяющих их границы, организационной ответственности подразделений за выполнение функций, взаимодействия бизнес-процессов между собой (организация интерфейсов).

Результаты идентификации бизнес-процессов отражены в следующих атрибутах: владелец (менеджер) бизнес-процесса, поток бизнес-процесса, внешняя среда процесса, интерфейс бизнес-процесса.

Важность правильного определения перечисленных атрибутов бизнес-процессов связана с необходимостью выделения зон ответственности и точек координации для эффективного управления. Чем больше управляемых бизнес процессов, тем больше интерфейсов и необходимость координации на межпроцессном уровне.

Идентификация опасностей и оценка рисков определены для посетителей и временных работников организации и доводятся до их сведения при посещении организации и оформлении временных пропусков.

В организации проведена идентификация ситуаций, связанных с возникновением аварий по операциям жизненного цикла продукции, а также предотвращения и смягчения воздействия на окружающую среду и человека, которые могут быть связаны с этими ситуациями.

Персонал организации, выполняющий работы, которые могут оказать значительное воздействие на охрану труда, проходит подготовку, переподготовку и повышение квалификации, а также обучение по ИСУ по планам обучения.

Ответственным за планирование и проведение работ по подготовке, переподготовке, повышению квалификации и обучению персонала являются директор по персоналу, начальники отделов обучения и развития персонала, промышленной безопасности, бюро охраны труда, руководители отделов по персоналу производственных подразделений.

Адекватное описание процессов достигалось с помощью моделирования. Для моделирования системы управления охраной труда и промышленной безопасностью выбрана *IDEF00*-методология [7]. Согласно *IDEF0* процессная модель СУПБиОТ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» описывается с помощью набора диаграмм, имеющих иерархическую структуру. Диаграмма верхнего уровня является наиболее общей, представляющей контекстную модель бизнес-процесса «Управлять охраной труда» (рис. 2.12). Она очерчивает границы анализируемого бизнес-процесса и определяет интерфейс с внешним окружением.

Используя метатипы данных и функциональные группировки (операции), была создана диаграмма декомпозиции верхнего уровня (рис. 2.13).

Эта диаграмма на основе международного стандарта *OHSAS 18001:1999* детализирует контекстную диаграмму, представленную на рис. 2.12, указывая пять главных бизнес-процессов (блоков) СУПБиОТ:

1. Определять политику в области охраны труда.
2. Планировать охрану труда.
3. Внедрять и осуществлять деятельность.
4. Контролировать и осуществлять корректирующие действия.
5. Анализировать со стороны руководства.

Спецификации макропроцессов СУПБиОТ приведены ниже.

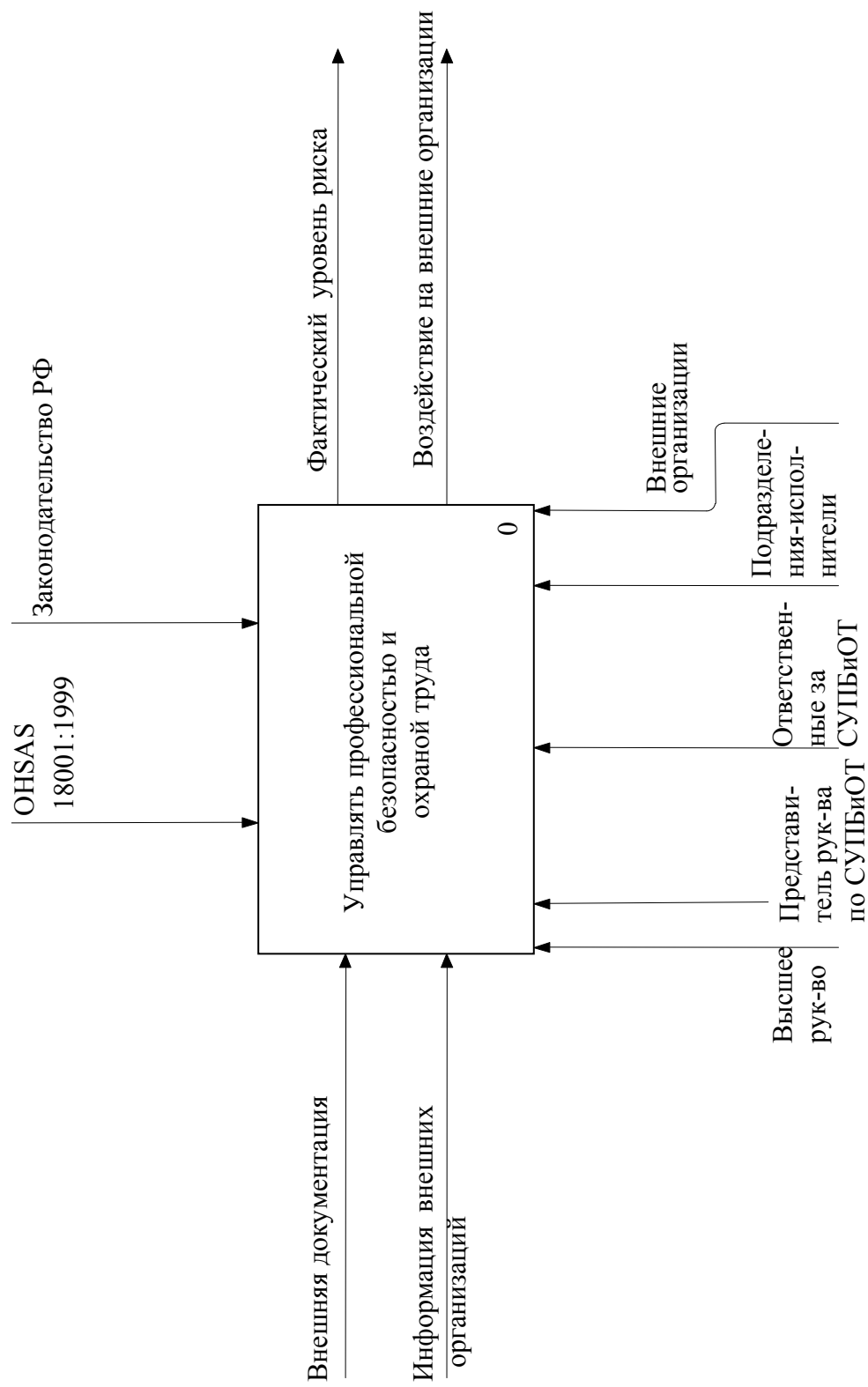


Рис. 2.12. Контекстная диаграмма СУПБиОТ

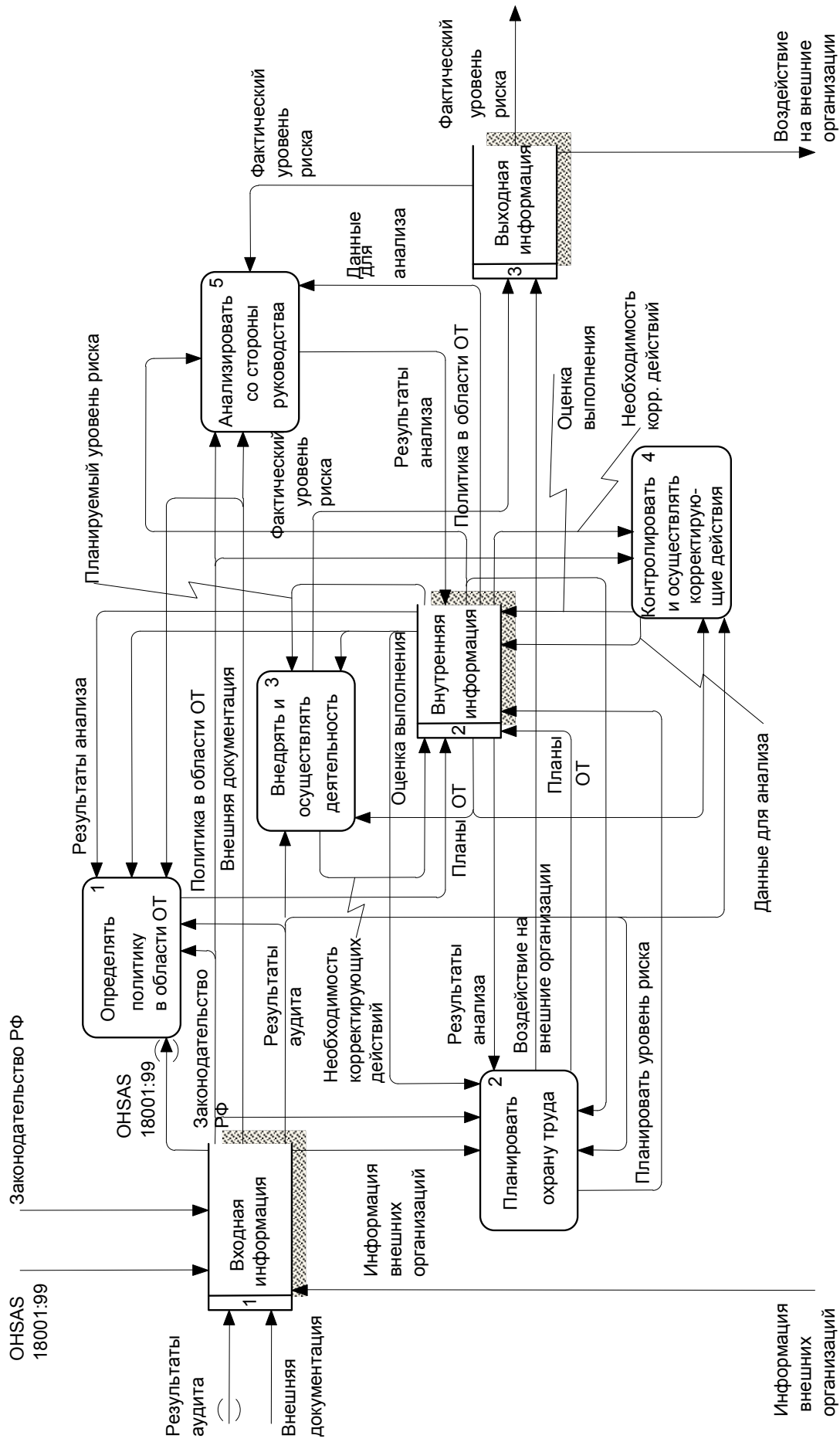


Рис. 2. 13 Декомпозиция контекстной диаграммы системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда

Управлять профессиональной безопасностью и охраной труда

ПРОЦЕСС: *Определять политику в области охраны труда.*

ВХОД: OHSAS 18001:99. Внешняя документация. Законодательство. Оценка выполнения. Результаты анализа. Результаты аудита.

ВЫХОД: Политика в области охраны труда.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Соответствовать характеру и величине рисков организации.

Соответствовать текущему законодательству и другим требованиям в области охраны труда.

Документировать, внедрять и поддерживать политику.

Учитывать обязательство непрерывного улучшения.

Обеспечивать доступность и доведение до персонала.

Анализировать политику на постоянную эффективность и соответствие.

ПРОЦЕСС: *Планировать охрану труда.*

ВХОД: Законодательство. Информация от внешних организаций. Оценка выполнения. Политика в области охраны труда. Результаты анализа. Результаты аудита.

ВЫХОД: Воздействие на внешние организации. Плановый уровень риска. Планы по охране труда.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Планировать идентификацию опасности, оценивать и контролировать риск.

Обеспечивать идентификацию и доступ к законодательным и прочим требованиям по охране труда.

Устанавливать цели, гарантировать их измеримость и согласованность.

Разрабатывать и поддерживать программу менеджмента в области охраны труда.

ПРОЦЕСС: *Внедрять и осуществлять деятельность.*

ВХОД: Оценка выполнения. Плановый уровень риска. Планы по охране труда. Результаты аудита.

ВЫХОД: Необходимость корректирующих действий. Фактический уровень риска.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять организационную структуру и ответственность.

Подготавливать компетентный персонал.

Обмениваться информацией.

Управлять документацией и данными.

Управлять деятельностью по охране труда.

Обеспечивать готовность к авариям.

ПРОЦЕСС: *Контролировать и осуществлять корректирующие действия.*

ВХОД: Законодательство. Необходимость корректирующих действий. Планы по охране труда. Результаты аудита.

ВЫХОД: Данные для анализа. Оценка выполнения.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Оценивать и осуществлять мониторинг показателей работы.

Предупреждать и корректировать несчастные случаи и несоответствия.

Управлять записями по охране труда.

Проводить внутренние аудиты по охране труда.

ПРОЦЕСС: *Анализировать со стороны руководства.*

ВХОД: Внешняя документация. Данные для анализа. Законодательство. Политика в области охраны труда. Фактический уровень риска.

ВЫХОД: Результаты анализа.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Планировать анализ.

Анализировать систему управления охраной труда на постоянное соответствие, надежность и эффективность.

Документировать анализ со стороны руководства.

Далее каждый макропроцесс диаграммы верхнего уровня (см. рис. 2.13) был подвергнут декомпозиции на отдельные процессы. Глубина декомпозиции зависит от целей исследования бизнес-процессов. Для каждой диаграммы разработаны спецификации, в которых даются описания всех процессов и объектов.

Например, блок «Определять политику в области охраны труда» – один из основных бизнес-процессов (макропроцесс) СУПБиОТ. Включает в себя определение политики в области охраны труда, которая чётко определяет общие цели в области профессиональной безопасности и охраны труда и отражает приверженность завода к улучшению показателей работы в этой области (п.4.2 *OHSAS 18001:1999*). Основные функции макропроцесса «Определять политику в области охраны труда» представлены на рис. 2.14.

Определять политику в области охраны труда

ПРОЦЕСС: *Соответствовать характеру и величине рисков организации.*

ВХОД: Законы. Результаты анализа и аудита. Риски по охране труда.

ВЫХОД: Политика, соответствующая рискам организации.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Отражать в политике информацию по идентификации опасности, оценке и контролю риска.

Отражать реалистичную информацию о характере и величине рисков организации.

ПРОЦЕСС: *Соответствовать текущему законодательству и другим требованиям в области охраны труда.*

ВХОД: Законы. Стандарты предприятия. Юридические и другие требования.

ВЫХОД: Политика, соответствующая законам и другим требованиям.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Учитывать законодательство и требования в области охраны труда.

Соблюдать законодательство и требования в области охраны труда.

Уведомлять о соблюдении законодательства и других требований в области охраны труда.

ПРОЦЕСС: *Документировать, внедрять и поддерживать политику.*

ВХОД: Стандарты предприятия. Требования к документации. Определенные документы, процедуры. Внешняя документация. Политика, соответствующая рискам организации. Политика, соответствующая законодательству и другим требованиям.

ВЫХОД: Политика, задокументированная, внедренная и поддерживаемая.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Документировать политику в области охраны труда.

Анализировать, актуализировать и переутверждать.

Обеспечивать наличие на места.

ПРОЦЕСС: Учитывать обязательство непрерывного улучшения.

ВХОД: Законодательство. Оценка выполнения. Юридические и другие требования. Результаты аудита. Внешняя документация. Политика, задокументированная, внедренная и поддерживаемая.

ВЫХОД: Политика, учитывающая обязательство непрерывного улучшения.

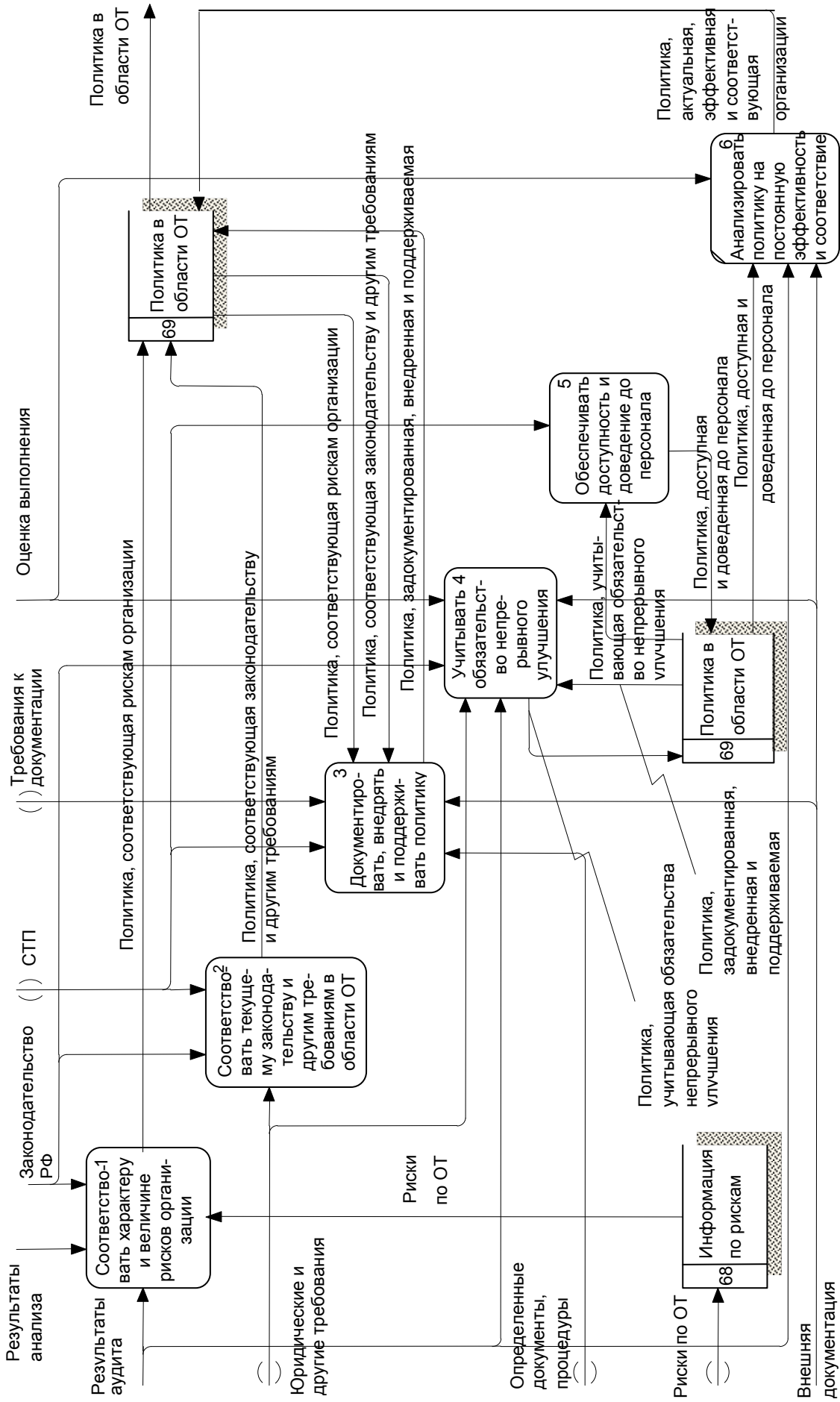


Рис. 2.14. Определять политику в области ПБиОТ

ПОДПРОЦЕССЫ:

Улучшать исполнение охраны труда.

Улучшать систему управления охраной труда.

Эффективно удовлетворять потребностям деловой и законодательной деятельности.

ПРОЦЕСС: Обеспечивать доступность и доведение до персонала.

ВХОД: Стандарты предприятия. Политика, учитывающая обязательство непрерывного улучшения.

ВЫХОД: Политика, доступная и доведенная до персонала.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Обеспечивать осведомленность персонала о политике по охране труда.

Определять ответственность и компетентность персонала.

Предоставлять информацию о политике в области охраны труда по запросу заинтересованных сторон.

ПРОЦЕСС: Анализировать политику на постоянную эффективность и соответствие.

ВХОД: Оценка выполнения. Результаты аудита. Внешняя документация. Политика, доступная и доведенная до персонала.

ВЫХОД: Политика, актуальная, эффективная и соответствующая организации.

АЛГОРИТМ:

1. На основании оценки выполнения и результатов аудита **АНАЛИЗИРОВАТЬ** существующую политику в области охраны труда на постоянную эффективность и соответствие целям организации.

2. **РЕГИСТРИРОВАТЬ** результаты анализа.

3. Если политика не учитывает новые требования законодательства, юридические и другие требования, то **ВНЕСТИ** изменения в политику в области охраны труда.

Созданная модель СУПБиОТ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» после экспертизы специалистами завода и доработки послужила основанием для разработки и сертификации системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда.

Внедрение СУПБиОТ на заводе мотивирует персонал:

- не превышать установленные уровни риска, связанные с опасностями;

- снижать уровень профессиональных заболеваний путем снижения доли ручного труда и улучшения медицинского обслуживания персонала;

- снижать уровень общей заболеваемости за счет улучшения условий производственной среды;

- применять всем персоналом организации необходимые средства коллективной и индивидуальной защиты, что приведет к снижению потерь, повышению производительности труда, повышению удовлетворенности персонала и общества.

Периодически производятся учебные проверки подготовленности персонала и их действий при аварийных ситуациях на соответствие требованиям планов ликвидации аварийных ситуаций и инструкций по пожарной безопасности.

Для подтверждения деятельности организации по улучшению показателей в области охраны труда на основе анализа оценки значимости рисков принимаются цели в области СУПБиОТ как для всей организации, так и для производственных подразделений, что способствует вовлечению персонала в процесс постоянного улучшения.

Для достижения целевых показателей в области ПБиОТ, уменьшения уровня рисков, улучшения условий труда и медицинского обслуживания, приведения показателей вредных и опасных производственных факторов к нормативным требованиям разрабатывается программа в области СУПБиОТ. Соглашение трудового коллектива и комитета профсоюзов.

Программы разрабатывают руководители подразделений и координатор службы здоровья стекольного завода. Координатором работ по планированию и контролю над выполнением мероприятий программы по достижению целей в области ПБиОТ является руководитель бюро охраны труда.

Контроль над выполнением мероприятий Программ по достижению целевых и плановых показателей в области ПБиОТ производится регулярно в установленные сроки, но не реже двух раз в год, ответственным персоналом отдела управления качеством, отдела обучения и развития персонала и бюро охраны труда.

Главные лица, ответственные за организацию работ по охране труда и созданию безопасных условий труда на предприятии, – генеральный директор организации и директора производств, входящих в структурную схему функционирования интегрированной системы управления ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод».

2.6. Интегрированная система менеджмента. Методы создания.

Моделирование системы

Среди специалистов по системному подходу используются два-три способа выделения систем [44]. В работе использован способ, когда не весь стекольный завод представляется как система, а только лишь отдельные его стороны – интегрированная системы управления (ИСУ), которая является существенной для исследуемой проблемы. В этом случае ИСУ будет выражать лишь определенную грань сущности стекольного завода. Такое применение понятия системы позволяет полно и цельно изучить разные аспекты и грани единого объекта. В работе исследуются структурные и другие характеристики подсистем управления качеством, ООС, ПБиОТ стекольного завода, поэтому эти подсистемы будут рассматриваться как исследуемые системы, а ИСУ – их надсистемой.

Структурная организация системы определяется взаимовлиянием элементов друг на друга, их взаимообусловленностью, порождением одного элемента другим. Целеориентированная система, какой является ИСУ, может описываться следующей концептуальной моделью [44]:

$$S_3 = \langle a, St, tP_s, CO, t_i \rangle, \quad (2.1)$$

где a – цель системы; St – структура системы; CO – условия достижения цели;

t_i – время достижения цели.

$tP_s \in TP$ – множество технологических процессов, которые решаются посредством методов и средств обработки информации, принятых в данной системе.

Множество технологических процессов определяется в виде кортежа [44]:

$$tP_s = \langle met, re, Pr, I_s \rangle, \quad (2.2)$$

где met – методы достижения цели;

re – средства достижения цели;

Pr – обработка информация, принятая в данном классе систем;

I_s – обработка информации, принятая в системе.

Для определения цели ИСУ воспользуемся методикой, учитывающей среду и целеполагание [45]. В основу методики положено определение системы, предложенное В. Н. Сагатовским [46]. Методика

разрабатывалась и исследовалась учеными томских вузов Ф. И. Перегудовым, В.З. Ямпольским, Л. В. Кочневым. Этапы методики соответствуют уровням структуризации, приведенным на рис. 2.15.

1-й уровень. Глобальная цель задается вышестоящей организацией, отражается в планах работ завода по интеграции и совершенствованию системы менеджмента. Цель ориентирована на конечный продукт, для получения которого создается ИСУ. Реализация проекта скажется в долгосрочной перспективе в виде прямой выгоды за счет повышения доходов от продаж, повышения производительности и качества продукции, экономии затрат на обслуживании.

2-й уровень – декомпозиция по видам конечного продукта. Это повышение качества продукции и сервиса; повышение экологичности производства; снижение травматизма и улучшение условий и безопасности труда.

3-й уровень – декомпозиция по признаку пространства инициирования целей.

1. Вышестоящая система формирует главные требования и потребности в конечном продукте. Это выполнение требований государственного законодательства и контролирующих органов по снижению травматизма, улучшению условий и безопасности труда, повышению экологичности производства; обеспечение платежеспособного спроса на продукцию за счет сокращения расходов производства по всем направлениям при росте цен на энергоносители и сырье; обеспечение выполнения заданий отрасли автомобилестроения и кон трактов с потребителями листового стекла.

2. Нижестоящие (подведомственные) системы (системы управления качеством, СУОС, СУПБиОТ) определяют требования (ограничения) обеспечения условий для выпуска качественной и экологичной продукции, снижения травматизма и обеспечения безопасности труда: создание и развитие материально-технической базы производств, финансовое обеспечение, кадровое обеспечение, организация и контроль производства продукции, обслуживание и ремонт оборудования, информационное обеспечение и другие.

3. Актуальная среда – это производственное объединение «Полированное стекло», производственно-коммерческое объединение «Автостекло», другие производства, отделы стекольного завода и организации, оказывающие услуги заводу. Организация взаимодействия

с актуальной средой предусматривает совершенствование управления производством и технологическими процессами, совершенствование системы управления стекольным заводом в части интеграции и совершенствования систем менеджмента, кооперирование с другими предприятиями, установление взаимоотношения с конкурентами – сохранять движение, оставаясь на шаг впереди конкурентов [47].

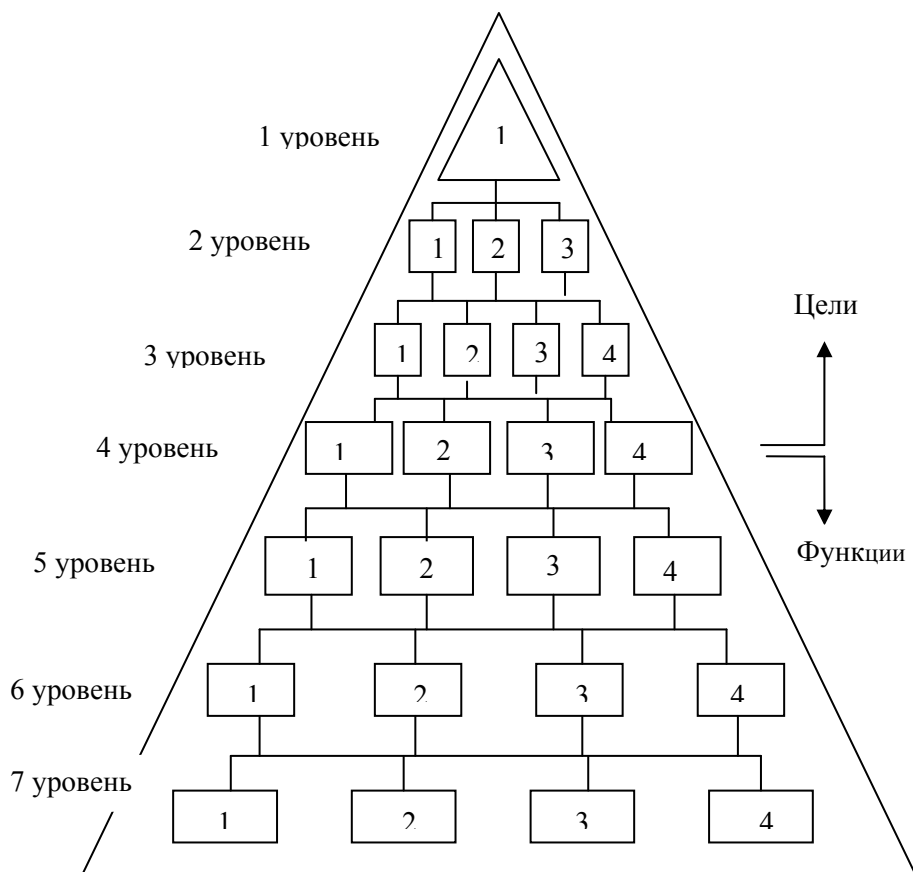


Рис. 2.15. Структуризация целей и функций ИСУ стекольного завода

4. Исследуемая собственно система ИСУ. Подцели ее инициируются внутренними потребностями, мотивами, программами, постоянно возникающими в развивающейся системе, и также трансформируются в требования к конечному продукту – в стремление быть лучшим поставщиком на рынке в части качества и количества [47].

4-й уровень – декомпозиция по признаку жизненного цикла ИСУ. Здесь выделяются этапы создания ИСУ.

1. Обследование существующих на стекольном заводе систем, обеспечивающих качество выпускаемой продукции, экологическую защиту от воздействий производства на окружающую среду, охрану

труда и технику безопасности. Техничко-экономическое обоснование необходимости создания интегрированной системы управления, отвечающей современным требованиям стандартов ИСО.

2. Выполнение консалтингового проекта ИСУ собственными силами стекольного завода либо с привлечением специализированных консалтинговых фирм.

3. Подготовка документации для сертификации подсистем управления качеством, ООС, ПБиОТ на соответствие требованиям стандартов ИСО.

4. Сертификация подсистем ИСУ: управления качеством, ООС, ПБиОТ на соответствие требованиям международных стандартов *ISO 9001* «Система менеджмента качества», *ISO 14001* «Система управления окружающей средой», *OHSAS 18001* «Система менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда».

5-й уровень – декомпозиция по основным элементам системы, в результате которой формируются функции, вытекающие из потребностей следующих основных элементов системы.

1. Кадры. Компетентность персонала, обучение, подготовка и переподготовка, аттестация персонала.

2. Предмет деятельности. Листовое стекло, многослойное автомобильное стекло и другая продукция. Воздействия стекольного завода на окружающую природную среду. Охрана труда, производственный травматизм и уровень корпоративных рисков.

3. Средства деятельности. Производство листового стекла, производство многослойных автомобильных стекол и другой продукции.

4. Четвертый подуровень отражает отношения указанных трех групп к конечному продукту.

6-й уровень – декомпозиция по признаку управленческого цикла *PDCA (Plan - Do - Check - Action)* [48].

7-й уровень – декомпозиция по признаку делегирования полномочий

1. Представитель руководства несет ответственность за функционирование ИСУ и имеет соответствующие полномочия.

2. Владельцы процессов – генеральный директор, технический директор, начальник производственного объединения и директора производственно-коммерческих объединений.

3. Руководители процессов – начальники структурных подразделений завода.

4. Исполнителями процессов выступают структурные подразделения стекольного завода.

Представитель руководства, владельцы, руководители, исполнители процессов несут ответственность за функционирование ИСУ и имеют полномочия, определяемые стандартами ИСО.

Главные и основные свойства подсистем ИСУ определяются требованиями стандартов *ISO 9001*, *ISO 14001* и *OHSAS 18001*, приспособленностью всех трех стандартов к взаимной интеграции, основанной на их сходстве и обусловленной:

- характером развития управления (переход от внедрения отдельных элементов до реализации системного и процессного подхода);
- сдвигом от технических к организационным решениям; необходимостью обеспечения сотрудничества различных звеньев в рамках технологической цепи;
- усилением воздействия внешней среды на предприятие;
- потребностью в развитии культуры производства;
- идентичностью структуры данных стандартов (политика, организация, управление процессами, корректирующие действия, внутренние аудиты, оценка со стороны руководства, цикличность процессов управления, организационные возможности, требования постоянного совершенствования) [35].

Для международных стандартов характерно большое совпадение структур и состав объектов стандартизации. Стандарты в области управления качеством серии ИСО 9000 – базовые, системообразующие в блоке международных стандартов. Процессный и системный подходы являются двумя взаимосвязанными основами международных стандартов ИСО серии 9000:2000, причем последний из этих подходов говорит о системном управлении процессами [22].

Применение процессного подхода к построению и интеграции систем управления предполагает, что должны реализоваться «сквозные» процессы, выполняемые различными подразделениями предприятия, приводящие к повышению качества продукции, представляющего ценность для потребителей, а также обеспечивающие эффективный контроль воздействия деятельности, продукции или услуг на окружающую среду и профессиональную безопасность персонала предприятия.

Стандарты *ISO 9001*, *ISO 14001* и *OHSAS 18001* приспособлены к взаимной интеграции. Поэтому возможны три варианта построения структур ИСУ: на основе структуры стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001,

на основе ГОСТ Р ИСО 14001- 98 или на основе ГОСТ Р 12.0.006-2002 [14]. Вариант структуры ИСУ на основе ГОСТ Р 12.0.006-2002 не перспективен ввиду неудачной структурированности этого стандарта.

Варианты построения структур ИСМ на основе структур стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2001 и ГОСТ Р ИСО 14001- 98 являются функционально полными и равнозначными. Для решения вопроса о выборе варианта структуры с учетом условий достижения цели ИСУ были проведены дополнительные консультации со специалистами стекольного завода. В ходе экспертизы предпочтение было отдано структуре ИСУ, построенной на основе требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (рис.2.16).

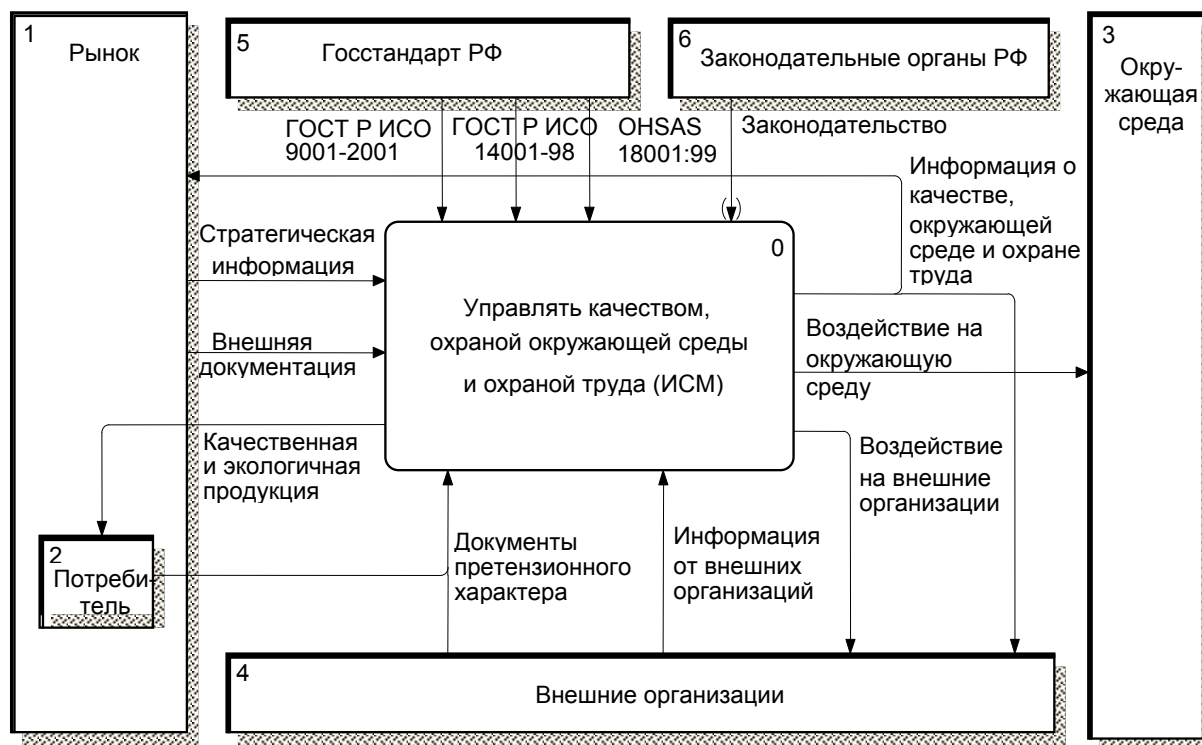


Рис. 2.16. Управлять качеством, охраной окружающей среды и охраной труда (ИСМ)

Практика создания ИСУ показывает, что пути интеграции систем менеджмента могут быть различными и выбираются каждой организацией индивидуально в зависимости от сложности ее структуры, готовности персонала, достаточности ресурсов:

- интеграция начинается с самого начала, когда все системы менеджмента объединяются в единый комплекс одновременно;
- системы сначала развиваются независимо, а затем интегрируются;

- введение новых аспектов в уже существующую систему управления;

- создание аддитивных моделей ИСУ, когда к подсистеме менеджмента качества (СМК), выполняющей функции базовой системы, последовательно добавляются подсистемы управления охраной окружающей среды (ООС), профессиональной безопасности и охраны труда (ПБиОТ);

- интеграция системы менеджмента качества и системы экологического менеджмента на основе сбалансированной системы показателей (BSC).

Процесс интеграции может осуществляться предприятием самостоятельно или совместно с консультантом [16, 35, 42].

Несмотря на неоспоримые организационные и экономические преимущества создания ИСУ с самого начала, когда все системы менеджмента объединяются в единый комплекс одновременно, данный вариант интеграции встречается ещё крайне редко. Это связано, прежде всего, с тем, что появление стандартов на системы менеджмента качества, охраны окружающей среды, профессиональной безопасности и охраны труда происходило на протяжении длительного периода времени [49].

Для выбора последовательности разработки и внедрения подсистем ИСУ предлагается использовать метод организации сложных экспертиз, основанный на использовании информационного подхода – метода управления внедрением нововведений [45]. При решении задачи необходимо учитывать эффективность внедряемых подсистем управления, которая зависит от внешних и внутренних факторов, зависящих от условий, в которых развивается и функционирует предприятие. При этом не всегда могут быть оценены в денежном выражении ожидаемый социальный и экономический эффекты от внедрения подсистем. Трудности связаны также с тем, что внедрение некоторых подсистем ИСУ на стекольных заводах не имеет аналогов и предыстории развития, отсутствуют статистические данные, необходимые для проведения расчетов экономической эффективности.

Применение информационной модели, основанной на оценке степени влияния внедряемой подсистемы управления (нововведения) на реализацию глобальной цели создания ИСУ, заключается в оценке степени соответствия цели каждого нововведения (рис. 2.17).

Значимость нововведения (потенциал нововведения) вычисляется по формуле

$$H_i = - \sum q_{j,i} \log (1 - p_{j,i}), \quad (2.3)$$

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

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

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



Рис. 2.17. Информационная модель для оценки последовательности внедрения подсистем ИСУ

Используя характеристики p , q , H , можно получить сравнительные оценки влияния внедрения подсистем ИСУ на достижение подцелей (см. рис.2.17), этих подцелей – на достижение глобальной цели внедрения ИСУ.

Алгоритм решения задачи по выбору последовательности разработки и внедрения подсистем ИСУ состоит из двух шагов:

1) рассчитать по формуле (2.3) сравнительные оценки влияния реализации подцелей на глобальную цель. Ранжировать подцели по значимости в достижении глобальной цели ИСУ;

2) рассчитать по формуле (2.3) сравнительные оценки влияния внедрения подсистем на достижение ранжированных подцелей. Определить последовательность внедрения подсистем ИСУ с учетом расчетной значимости нововведений.

Используемый подход имеет некоторые преимущества по сравнению с методом решающих матриц [43] и оценками методики ПАТТЕРН [45]. В нем упрощено получение обобщенных оценок влияния комплексов нововведений и подцелей на глобальную цель, не приходится применять более сложные процедуры обработки вероятностных оценок. Кроме того, метод позволяет учитывать вероятность q использования нововведений в конкретных условиях.

В то же время использование информационного подхода не решает всех проблем сравнительной оценки нововведений в процессе их внедрения, так как остается необходимость получения экспертных оценок p , q .

С помощью описанного метода была оценена последовательность внедрения подсистем ИСУ на Борском стекольном заводе. В расчетах принимались вероятности использования подсистем, равные $q = 1$. Экспертные оценки p вероятностей достижения подцелей при внедрении подсистем и оценки достижения глобальной цели при реализации подцелей приведены в табл. 2.1.

Значимость реализации подцелей в достижении глобальной цели ИСУ ранжируется следующим образом:

- повышение качества продукции и сервиса $H=0,6$;
- повышение экологичности производства $H=0,08$;
- снижение травматизма, улучшение условий и безопасности труда $H=0,05$.

Сравнительные оценки влияния внедрения подсистем ИСУ на достижение подцелей приведены в табл. 2.2.

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).

Таблица 2.1

Экспертные оценки вероятностей достижения целей

Глобальная цель и подсистемы ИСУ (нововведения)	Повышение качества продукции и сервиса	Повышение экологичности производства	Снижение травматизма, улучшение условий и безопасности труда
Глобальная цель	0,75	0,15	0,1
Система управления качеством	0,7	0,2	0,1
Система управления охраной окружающей среды	0,15	0,6	0,2
Система управления профессиональной безопасностью и охраной труда	0,15	0,2	0,7

Примечание. В расчетах (2.3) использовался десятичный логарифм.

Построение подсистемы управления качеством на соответствие требованиям нового стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001 потребовало обследования существующей на стекольном заводе системы управления, сертифицированной на соответствие требованиям устаревшего ГОСТ Р ИСО 9001-96.

Целью обследования было раскрытие целостности существующей системы управления качеством, обеспечивающих механизмов и системообразующих типов связей для сведения в единую теоретическую картину, представляемую моделью «как есть».

В соответствии с *DFD*-технологией процессная модель ИСМ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод» описывается с помощью набора диаграмм, имеющих иерархическую структуру. Диаграмма «Управлять качеством, окружающей средой и охраной труда» является контекстной моделью ИСМ (см. рис. 2.16). Она очерчивает границы анализируемого бизнес-процесса и определяет интерфейс с внешним окружением. Эта диаграмма включает в себя подсистемы менеджмента качества (СМК по ГОСТ Р ИСО 9001-2001), управления

окружающей средой (по ГОСТ Р ИСО 14001-98) и охраной труда (по ГОСТ Р 12.0.006-2002).

Таблица 2.2

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

Стратегическая информация – входная (внешняя) информация, имеющая для ИСМ стратегическое значение (например, информация о положении на рынке, информация о качестве продукции конкурентов и другая).

Внешние документы – входная (внешняя) информация, представленная в виде документов, поступающих в ИСМ (например, заявки, письма и тому подобное).

Документы претензионного характера – входная (внешняя) информация, носящая негативный характер и поступающая в ИСМ как от потребителей продукции, так и от потребителей окружающей среды, а также по охране труда.

Информация от сторонних организаций – входная (внешняя) информация от сторонних организаций (не входящих в стекольный завод), прежде всего тех, которые выполняют какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

ГОСТ Р ИСО 9001-2001 – государственный стандарт Российской Федерации «Системы менеджмента качества. Требования», аналог международного стандарта *ISO 9001:2000*.

ГОСТ Р ИСО 14001-98 – государственный стандарт Российской Федерации «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», аналог международного стандарта *ISO 14001:1996*.

ГОСТ Р 12.0.006-2002 – государственный стандарт Российской Федерации «Общие требования к управлению охраной труда в организации».

Законодательство РФ – законодательство Российской Федерации, как федеральное, так и местное.

Информация о качестве, окружающей среде и охране труда – информация по качеству процессов и продукции, окружающей среде (экологической безопасности) и охране труда, формируемая и предоставляемая ИСМ.

Качественная и экологичная продукция – выходная продукция, соответствующая требованиям по качеству и экологической безопасности.

Воздействие на окружающую среду – воздействие процессов и продукции стекольного завода на окружающую среду.

Воздействие на сторонние организации – любое воздействие ИСМ на сторонние организации (не входящих в стекольный завод), прежде всего те, которые выполняют какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

Высшее руководство – высшее руководство стекольного завода.

Представитель руководства по ИСМ – специально назначенный представитель высшего руководства в ИСМ.

Ответственные за функционирование ИСМ – должностные лица стекольного завода, ответственные за функционирование ИСМ.

Подразделения-исполнители – подразделения стекольного завода, непосредственно выполняющие работы в рамках ИСМ.

Сторонние организации – организации, не входящих в состав стекольного завода, но выполняющие какие-либо работы в рамках процессов жизненного цикла продукции.

Используя метатипы данных и функциональные группировки (операции), была создана модель верхнего уровня ИСМ (рис. 2.18).

Эта диаграмма детализирует контекстную диаграмму, указывая пять главных бизнес-процессов (макропроцессов) ИСМ:

1. *Осуществлять менеджмент ресурсов* – один из основных макропроцессов ИСМ, включает определение и обеспечение ресурсами для внедрения и поддержания в рабочем состоянии ИСМ, а также постоянного повышения её результативности, повышения удовлетворённости потребителя и улучшения состояния окружающей среды (п. 6 ИСО 9001, пп. 4.4.1 и 4.4.2 ИСО 14001).

2. *Реализовать ответственность руководства* – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя обеспечение наличия свидетельств принятия обязательств по разработке и внедрению ИСМ, а также постоянному улучшению её результативности посредством доведения до сведения организации важности выполнения требований потребителя, охраны окружающей среды, а также законодательных и обязательных требований, посредством разработки политики в области качества и экологической политики, обеспечения целей в области качества и экологии, проведения анализа со стороны руководства, обеспечения необходимыми ресурсами (п. 5 ИСО 9001, пп. 4.2, 4.3, 4.4.1, 4.4.3 и 4.6 ИСО 14001).

3. *Управлять документацией* – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя всестороннее управление различными документами ИСМ, в том числе специальным видом документов – записями (пп. 4.1, 4.2.3 и 4.2.4 ИСО 9001, пп. 4.4.4, 4.4.5 и 4.5.3 ИСО 14001).

4. *Реализовать процессы жизненного цикла продукции* – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя все процессы жизненного цикла продукции, в том числе их планирование, связь с потребителем, проектирование и разработку, закупки, производство и обслуживание, управление устройствами для мониторинга и измерений (п. 7 ИСО 9001, пп. 4.4, 4.4.6 и 4.4.7 ИСО 14001).

5. *Измерять, анализировать, улучшать* – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя планирование и применение процессов мониторинга, анализа и улучшения, необходимые для демонстрации соответствия продукции и окружающей среды, обеспечения соответствия ИСМ, постоянного повышения результативности ИСМ; это должно включать определение применимых методов, в том числе статистических, и область их использования (п. 8 ИСО 9001, п. 4.5 ИСО 14001).

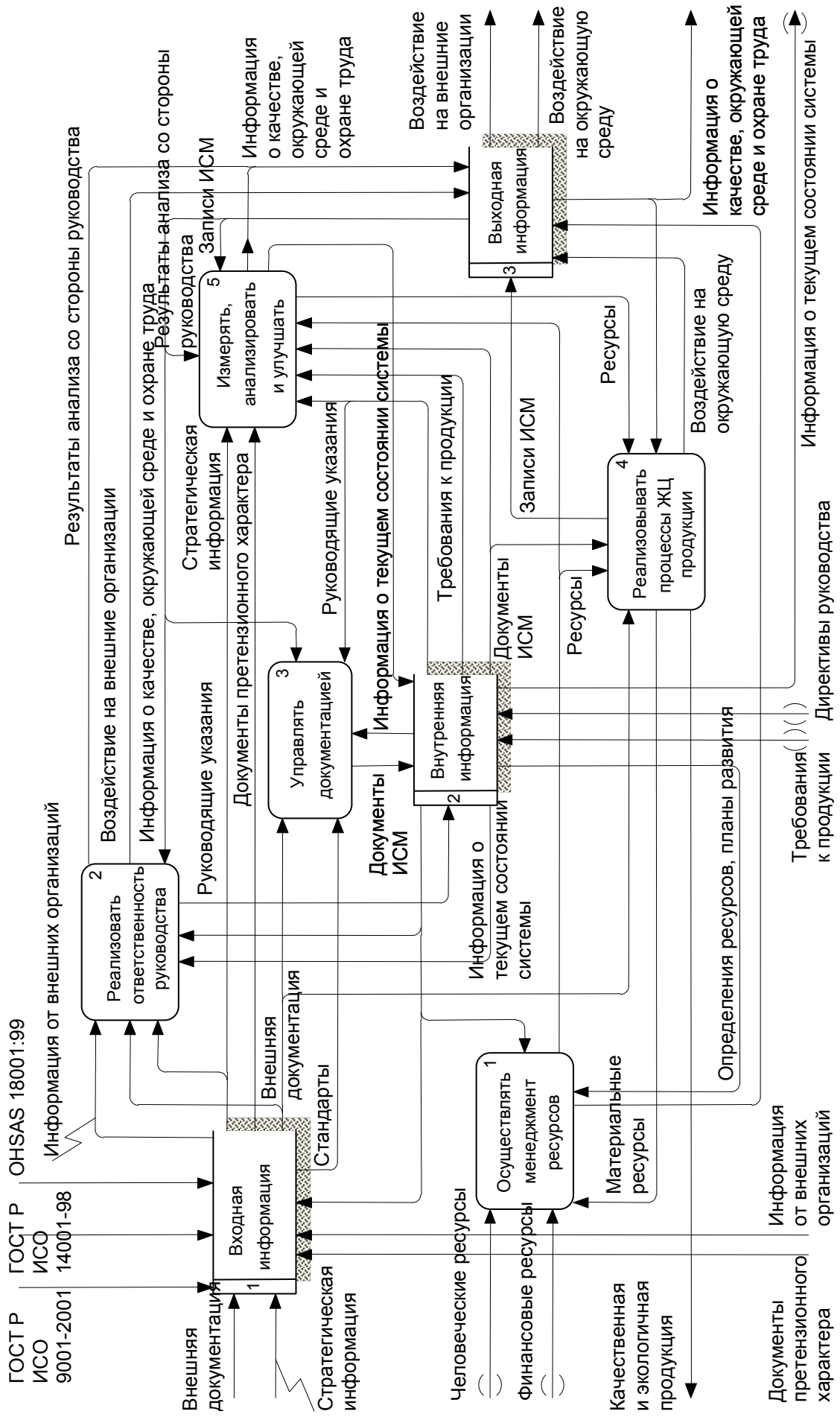


Рис. 2.18. Управлять качеством, охраной окружающей среды, профессиональной безопасностью и охраной труда (ИСМ)

Спецификации макропроцессов ИСМ приведены ниже:

Управлять качеством, охраной окружающей среды, профессиональной безопасностью и охраной труда (см. рис. 2.18).

ПРОЦЕСС: *Осуществлять менеджмент ресурсов.*

ВХОД: Человеческие ресурсы. Финансовые ресурсы. Документы ИСМ. Материальные ресурсы. Определения ресурсов, планы развития.

ВЫХОД: Ресурсы. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Управлять человеческими ресурсами.

Определять, обеспечивать и поддерживать инфраструктуру.

Создавать и поддерживать производственную среду.

ПРОЦЕСС: *Реализовать ответственность руководства.*

ВХОД: Информация от внешних организаций. Внешняя документация. Стратегическая информация. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. Информация о текущем состоянии системы. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Результаты анализа со стороны руководства. Воздействие на внешние организации. Руководящие указания.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Гарантировать выполнение требований потребителей, охрану окружающей среды.

Определять политику ИСМ.

Осуществлять планирование развития ИСМ.

Распределять ответственность и полномочия, обеспечивать информационный обмен.

Осуществлять анализ со стороны руководства.

ПРОЦЕСС: *Управлять документацией.*

ВХОД: Внешняя документация. Стандарты. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. Руководящие указания. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Документы ИСМ.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Разрабатывать документацию и формы записей.

Управлять документами.

Управлять записями.

ПРОЦЕСС: *Реализовать процессы жизненного цикла продукции.*

ВХОД: Внешняя документация. Ресурсы (в том числе улучшенные). Документы ИСМ. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда.

ВЫХОД: Материальные ресурсы. Качественная и экологическая продукция. Записи ИСМ. Воздействие на окружающую среду.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Планировать процессы ЖЦ продукции и экологической безопасности.

Определять и анализировать требования потребителей, экологической безопасности и охраны труда.

Проектировать и разрабатывать.

Осуществлять закупки.

Производить и обслуживать.

Управлять устройствами для мониторинга и измерений.

ПРОЦЕСС: *Измерять, анализировать и улучшать.*

ВХОД: Стратегическая информация. Документы претензионного характера. Результаты анализа со стороны руководства. Записи ИСМ. Руководящие указания. Требования к продукции. Документы ИСМ. Ресурсы.

ВЫХОД: Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. Информация о текущем состоянии системы. Ресурсы (улучшенные).

ПОДПРОЦЕССЫ:

Проводить мониторинг и измерения.

Управлять несоответствующей продукцией и несоответствующим воздействием на окружающую среду.

Анализировать данные.

Улучшать, вырабатывать корректирующие действия.

Макропроцесс «Осуществлять менеджмент ресурсов» приведен на (рис. 2.19). Он состоит из следующих процессов и подпроцессов:

ПРОЦЕСС: *Управлять человеческими ресурсами.*

ВХОД: Человеческие ресурсы. Финансовые ресурсы. Документы ИСМ. Определения ресурсов. Планы развития.

ВЫХОД: Записи о персонале. Компетентный персонал.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять необходимую компетентность персонала.

Обеспечивать подготовку персонала.

Оценивать результативность предпринимаемых мер по подготовке.

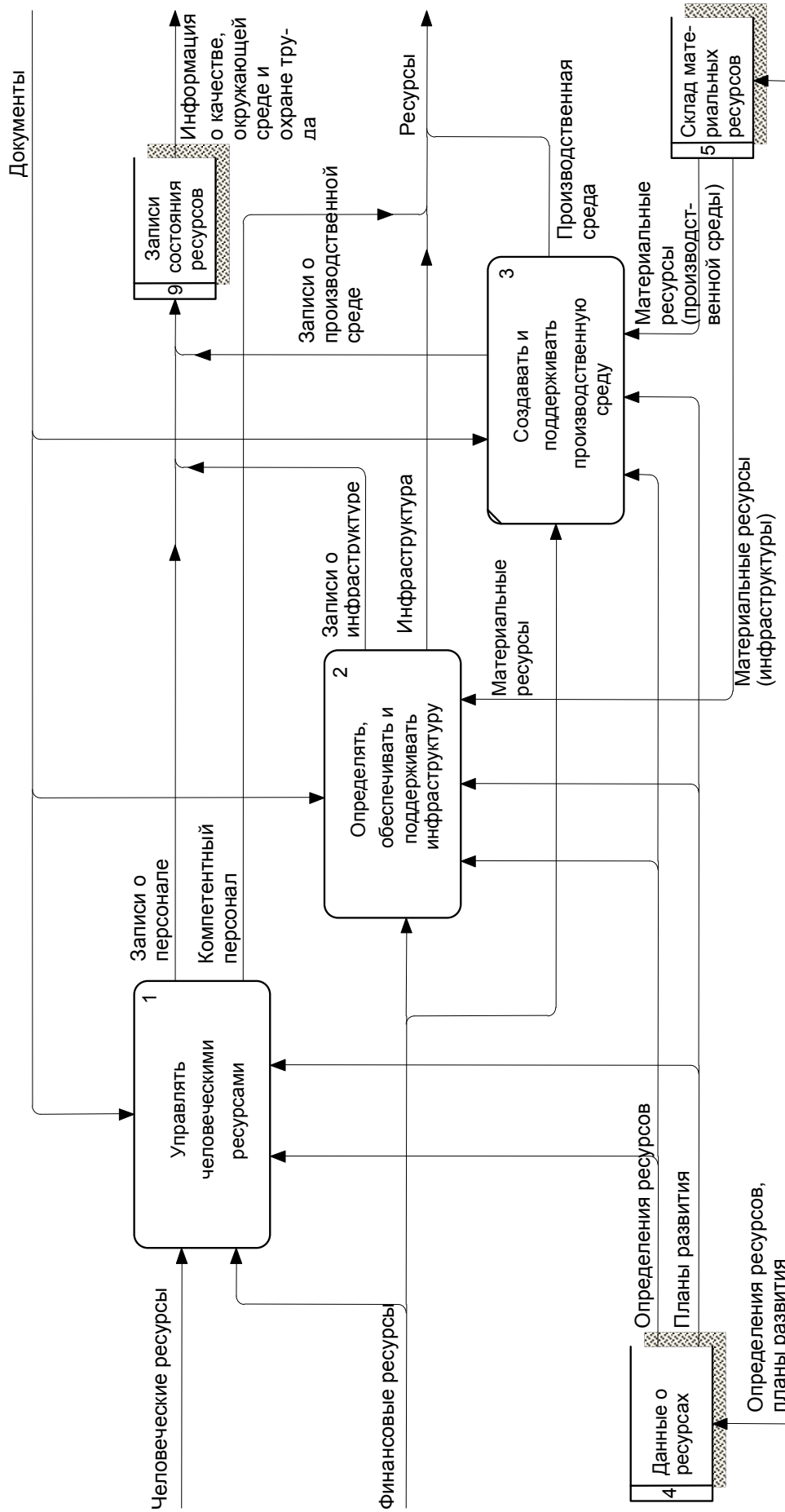


Рис. 2.19. Осуществлять менеджмент ресурсов

Обеспечивать осведомленность персонала о важности его деятельности.

Поддерживать в рабочем состоянии соответствующие записи.

ПРОЦЕСС: *Определять, обеспечивать и поддерживать инфраструктуру.*

ВХОД: Финансовые ресурсы. Документы ИСМ. Определения ресурсов. Планы развития. Материальные ресурсы (инфраструктура).

ВЫХОД: Записи об инфраструктуре. Инфраструктура.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять, обеспечивать и поддерживать здания, рабочее пространство и средства труда.

Определять, обеспечивать и поддерживать оборудование для процессов.

Определять, обеспечивать и поддерживать службы обеспечения (транспорт, связь и тому подобное).

ПРОЦЕСС: *Создавать и поддерживать производственную среду.*

ВХОД: Финансовые ресурсы. Документы ИСМ. Определения ресурсов. Планы развития. Материальные ресурсы (производственная среда).

ВЫХОД: Записи о производственной среде. Производственная среда.

АЛГОРИТМ:

1. На основании определения ресурсов, планов развития, имеющихся материальных ресурсов **ОПРЕДЕЛИТЬ** рабочую среду, необходимую для достижения соответствия продукции сформированным требованиям.

2. При постоянном финансировании **ПОДДЕРЖИВАТЬ** рабочую среду в соответствующем состоянии и управлять ею.

Макропроцесс «Реализовать ответственность руководства» приведен на рис. 2.20. Он состоит из следующих процессов и подпроцессов:

ПРОЦЕСС: *Гарантировать выполнение требований потребителей, охрану окружающей среды.*

ВХОД: Внешняя документация. Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Информация о текущем состоянии системы. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Руководящие указания.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Обеспечивать определение требований, относящихся к продукции, к окружающей среде и охране труда, и их выполнение.

Обеспечивать осуществление мониторинга удовлетворенности потребителей, состояния окружающей среды и охраны труда.

ПРОЦЕСС: *Определять политику ИСМ.*

ВХОД: Стандарты. Законодательство. Цели организации. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Политика ИСМ.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Гарантировать соответствие целям организации.

Учитывать обязательство по соответствию и улучшению ИСМ.

Обеспечивать доведение политики до сведения персонала.

Анализировать политику на постоянную пригодность.

ПРОЦЕСС: *Осуществлять планирование развития ИСМ.*

ВХОД: Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Цели организации. Политика ИСМ. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Цели ИСМ. Планы и программы по развитию. Воздействие на внешние организации.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Задавать цели ИСМ, определять их измеримость и согласованность.

Планировать создание и развитие ИСМ.

Сохранять целостность ИСМ при планировании и внедрении изменений.

ПРОЦЕСС: *Распределять ответственность и полномочия, обеспечивать информационный обмен.*

ВХОД: Информация об организационной структуре. Планы производства. Политика ИСМ. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Документы об ответственности и полномочиях.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять и доводить до персонала информацию об ответственности и полномочиях.

Назначать представителя из состава руководства.

Обеспечивать разработку процессов внутреннего обмена информацией.

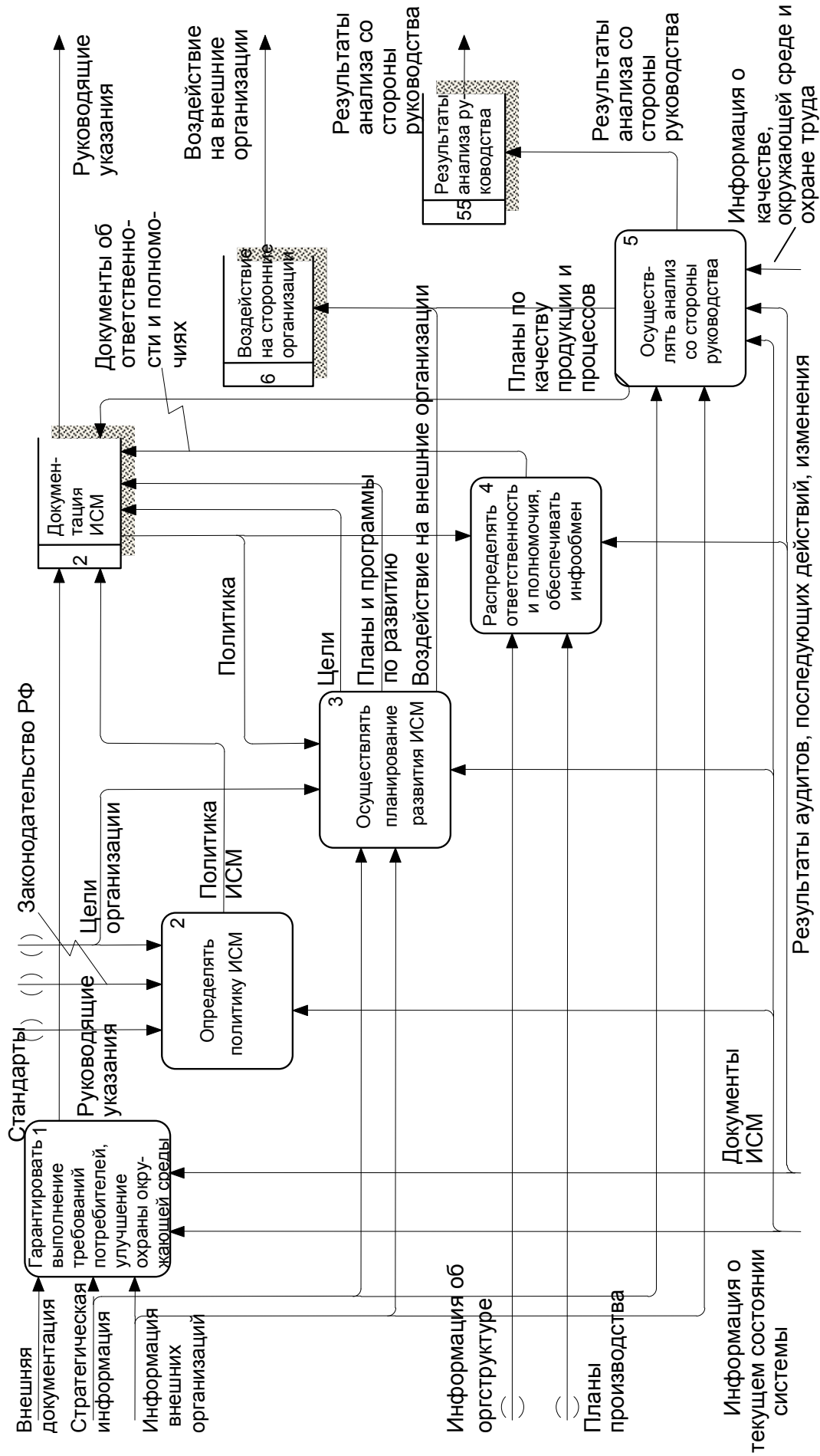


Рис. 2.20. Реализовать ответственность руководства

ПРОЦЕСС: *Осуществлять анализ со стороны руководства.*

ВХОД: Стратегическая информация. Информация от внешних организаций. Результаты аудитов, последствия действий, изменения. Документы ИСМ. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда.

ВЫХОД: Планы по качеству продукции и процессов. Воздействие на внешние организации. Результаты анализа со стороны руководства.

АЛГОРИТМ:

1. **ЗАПЛАНИРОВАТЬ** интервалы времени для анализа.
2. На основании результатов аудита, последствий действий, изменений, данных обратной связи от потребителей, информации о качестве, окружающей среде и охране труда **АНАЛИЗИРОВАТЬ** ИСМ через запланированные интервалы времени, чтобы обеспечить гарантии пригодности, адекватности и результативности ИСМ.
3. **ОЦЕНИВАТЬ** возможности улучшения ИСМ.
4. **ОБОСНОВАТЬ** необходимость изменения ИСМ.
5. **ФОРМИРОВАТЬ** записи результатов анализа и сохранять в хранилище «Результаты анализа руководства».

Макропроцесс «Управлять документацией» приведен на рис. 2.21. Он состоит из следующих процессов и подпроцессов:

ПРОЦЕСС: *Разрабатывать документацию и формы записей.*

ВХОД: Внешняя документация. Стандарты. Руководящие указания. Требования к документации. Необходимые документы, процедуры.

ВЫХОД: Внутренние документы ИСМ. Формы записей.

АЛГОРИТМ:

1. В соответствии с ГОСТ, руководящими указаниями, на основании требований к документации, определенных документов и процедур **РАЗРАБОТАТЬ** документацию ИСМ:

- заявления о политики и целях в области качества, охране окружающей среды и охраны труда;
- руководство по качеству;
- руководство по охране окружающей среды;
- руководство по охране труда;
- процедуры, требуемые по ГОСТ;
- документацию для эффективного планирования, выполнения и управления ИСМ;
- формы записей.

2. ЗАДОКУМЕНТИРОВАТЬ разработанную документацию и формы записей ИСМ.

ПРОЦЕСС: *Управлять документами.*

ВХОД: Внутренние документы ИСМ. Внешняя документация. Стандарты. Руководящие указания. Информация о текущем состоянии системы. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда.

ВЫХОД: Документы ИСМ.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Проверять адекватность.

Анализировать, актуализировать и переутверждать.

Обеспечивать идентификацию изменений и статуса пересмотра.

Обеспечивать наличие на местах.

Обеспечивать сохранение документов чёткими и идентифицируемыми.

Управлять внешними документами.

Предотвращать использование устаревших документов.

ПРОЦЕСС: *Управлять записями.*

ВХОД: Формы записей. Стандарты. Информация о текущем состоянии системы.

ВЫХОД: Записи.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Формировать записи.

Идентифицировать записи.

Хранить записи.

Защищать записи.

Восстанавливать записи.

Определять сроки хранения и изъятия.

Макропроцесс «Реализовать процессы жизненного цикла продукции» приведен на рис. 2.22. Он состоит из следующих процессов и подпроцессов:

ПРОЦЕСС: *Планировать процессы жизненного цикла продукции и экологической безопасности.*

ВХОД: Внешняя документация. Цели, политика ИСМ. Нормативная документация. Ресурсы. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. Документы ИСМ.

ВЫХОД: СТП (планы качества).

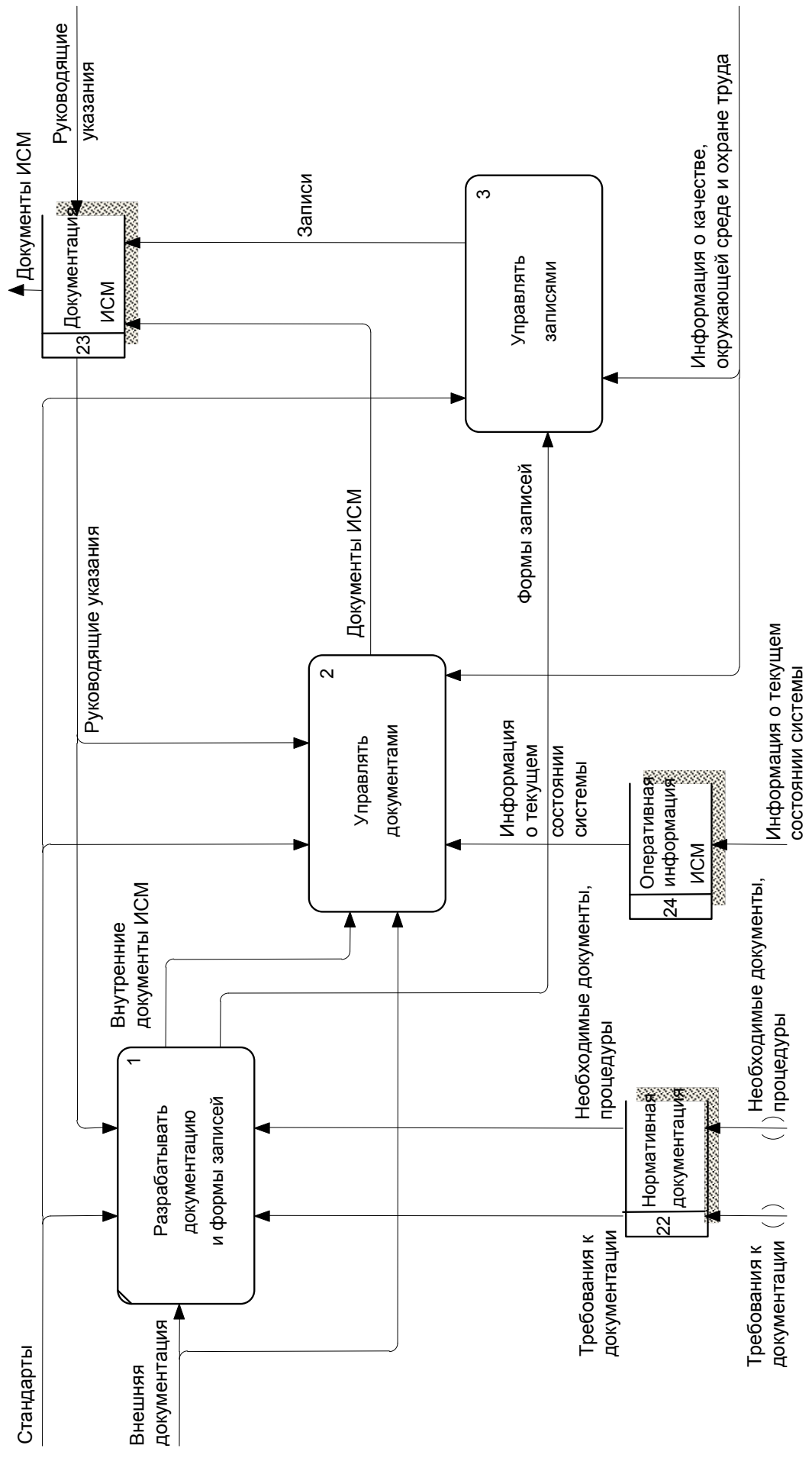


Рис. 2.21. Управлять документацией

ПОДПРОЦЕССЫ:

Устанавливать потребность в разработке процессов и документов и обеспечении ресурсами.

Устанавливать необходимую деятельность по верификации, валидации, мониторингу, контролю и испытаниям.

Определять список необходимых записей.

ПРОЦЕСС: *Определять и анализировать требования потребителей и экологической безопасности.*

ВХОД: СТП (планы качества). Внешняя документация. Нормативная документация. Документы ИСМ. Законодательство. Внутренние требования.

ВЫХОД: Записи анализа требований.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять требования, относящиеся к продукции и окружающей среде.

Анализировать требования, относящиеся к продукции и окружающей среде.

Осуществлять связь с потребителем.

ПРОЦЕСС: *Проектировать и разрабатывать.*

ВХОД: Внешняя документация. Записи анализа требований. Ресурсы. Законы. Документы ИСМ. Внутренние требования. СТП (планы качества).

ВЫХОД: Записи о верификации и валидации. Проект.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Планировать проектирование и разработку.

Проводить проектирование и разработку.

Анализировать проект.

Осуществлять верификацию проекта.

Осуществлять валидацию проекта.

Управлять изменениями проекта.

ПРОЦЕСС: *Осуществлять закупки.*

ВХОД: СТП (планы качества). Проект. Ресурсы. Законодательство. Документ ИСМ. Поставки.

ВЫХОД: Материальные ресурсы. Записи о закупках. Услуги. Сырье и материалы.

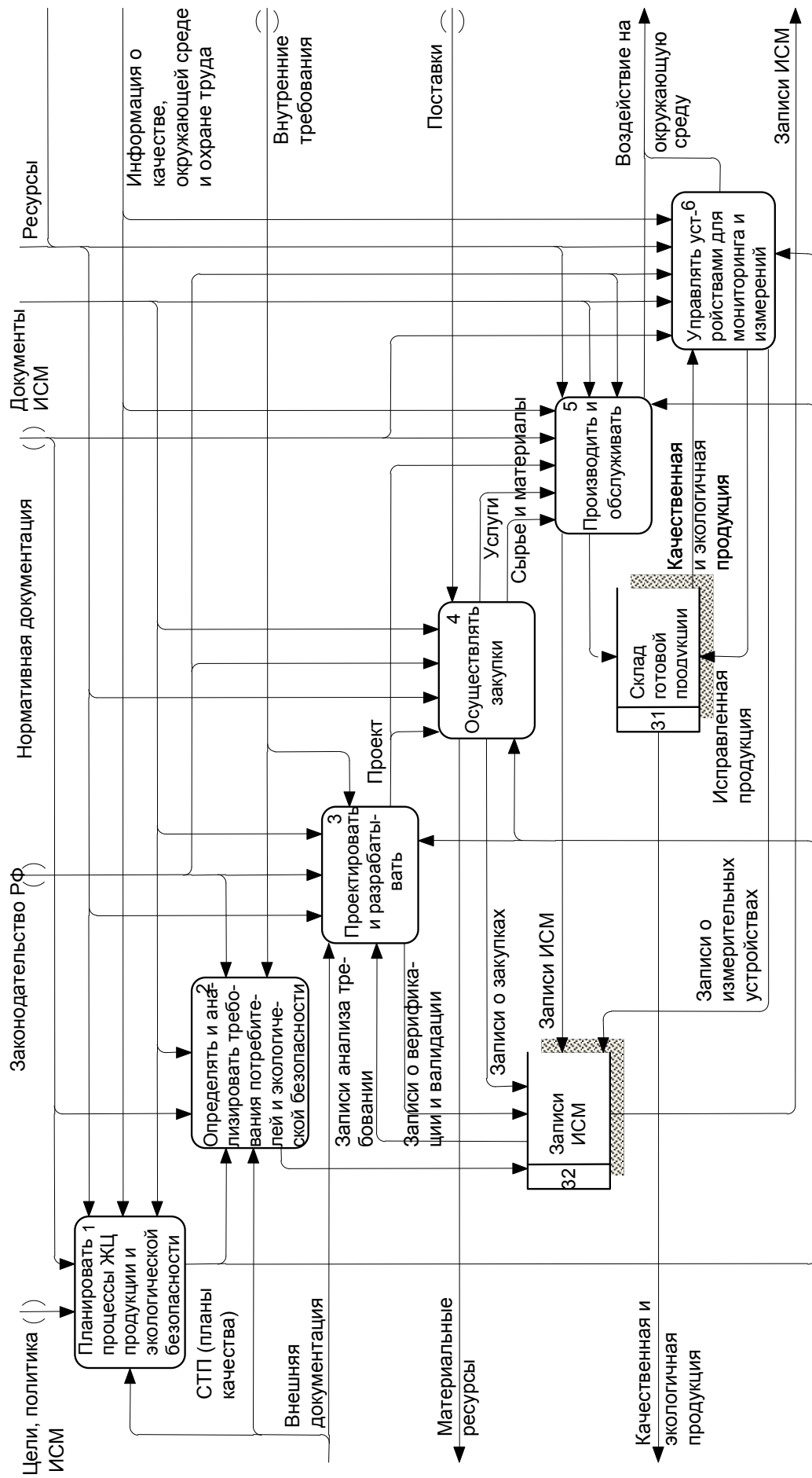


Рис. 2.22. Реализовать процессы жизненного цикла продукции

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять требования к закупкам.

Оценивать и выбирать поставщиков.

Заказывать и осуществлять закупки.

Осуществлять верификацию закупок.

ПРОЦЕСС: *Производить и обслуживать.*

ВХОД: Сырьё и материалы. Услуги. Проект. Нормативная документация. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. Ресурсы. Документы ИСМ. Законодательство. СТП (планы качества).

ВЫХОД: Записи ИСМ. Качественная и экологичная продукция. Воздействие на окружающую среду.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Управлять производством и обслуживанием.

Осуществлять валидацию процессов производства и обслуживания.

Обеспечивать идентификацию и прослеживаемость.

Беречь собственность потребителя.

Сохранять соответствие продукции и окружающей среды.

ПРОЦЕСС: *Управлять устройствами для мониторинга и измерений.*

ВХОД: Качественная и экологичная продукция. Нормативная документация. Документы ИСМ. Законодательство. Ресурсы. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда. СТП (планы качества).

ВЫХОД: Исправленная продукция. Записи об измерительных устройствах. Воздействие на окружающую среду.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять необходимый мониторинг и измерения.

Разрабатывать процессы подтверждения соответствия требованиям.

Поддерживать измерительное оборудование в рабочем состоянии.

Оценивать и регистрировать правомочность результатов.

Воздействовать на оборудование, продукцию и окружающую среду.

Макропроцесс «Измерять, анализировать и улучшать» приведен на рис. 2.23. Он состоит из следующих процессов и подпроцессов:

ПРОЦЕСС: *Проводить мониторинг и измерение.*

ВХОД: Информация об удовлетворенности потребителей. Записи ИСМ. Стратегическая информация. Требования к продукции. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Записи мониторинга и измерений. Управляющие воздействия.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Определять удовлетворённость потребителей.

Проводить внутренние аудиты (проверки).

Проводить мониторинг и измерение процессов.

Проводить мониторинг и измерение продукции и окружающей среды.

ПРОЦЕСС: *Управлять несоответствующей продукцией и несоответствующим воздействием на окружающую среду.*

ВХОД: Записи ИСМ. Управляющие воздействия. Документы претензионного характера. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Записи о несоответствиях. Предотвращение использования несоответствующей продукции. Корректирующие воздействия на окружающую среду. Исправленная продукция.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Идентифицировать несоответствующую продукцию и воздействие на окружающую среду.

Устранять выявленные несоответствия.

Осуществлять повторную верификацию.

Санкционировать использование с отклонениями.

Предотвращать использование несоответствующей продукции.

ПРОЦЕСС: *Анализировать данные.*

ВХОД: Записи ИСМ. Данные об удовлетворенности потребителей. Результаты аудитов. Документы претензионного характера. Требования к продукции. Документы ИСМ.

ВЫХОД: Проанализированные данные. Предложения по улучшению.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Анализировать характеристики и тенденции процессов и продукции.

Анализировать удовлетворённость потребителей и окружающей среды.

Анализировать требования к продукции и окружающую среду.

Анализировать информацию по поставщикам.

ПРОЦЕСС: Улучшать, вырабатывать корректирующие действия.

ВХОД: Управляющие воздействия. Записи ИСМ. Данные об удовлетворённости потребителей. Результаты анализа со стороны руководства. Результаты аудитов. Предложения по улучшению. Документы ИСМ. Руководящие указания. Ресурсы.

ВЫХОД: Предупреждающие и корректирующие действия. Ресурсы. Информация о качестве, окружающей среде и охране труда.

ПОДПРОЦЕССЫ:

Постоянно улучшать.

Осуществлять корректирующие действия.

Осуществлять предупреждающие действия.

Анализировать предпринятые действия.

Созданная модель интегрированной системы менеджмента после экспертизы специалистами завода и доработки послужила основанием для разработки ИСМ ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Интегрированная система менеджмента – часть системы общего менеджмента организации. Она пока еще не затрагивает финансовый менеджмент, менеджмент рисков, менеджмент ценных бумаг и так далее. 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 [44].

Глава 3

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БЕЗОПАСНОГО МНОГОСЛОЙНОГО СТЕКЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ

3.1. Модель технологии производства многослойного стекла. Выделение ключевых показателей

Современная технология производства трехслойного безопасного стекла (триплекса) представляет высокоавтоматизированное поточное производство, состоящее из последовательных технологических операций (процессов). Постоянное повышение качества вырабатываемой продукции, как это предусматривают стандарты ИСО серии 9000, возможно на основе системного подхода к управлению качеством, основу которого составляет управление качеством технологического процесса.

Адекватно отобразить технологические процессы и провести идентификацию возможно с помощью моделирования. В моделировании процессного подхода основополагающим является принцип использования последовательного уточнения и усложнения моделей. Вначале проводится математическое описание, позволяющее получить необходимую информацию о главных воздействующих факторах, а затем последовательным усложнением уточняются результаты, имеющие отношения к последующему построению математической модели. Важно включать в модель переменные величины, оказывающие основное влияние на качество продукции, и в моделировании опираться на метод аналогии с поведением известных систем [50, 51].

По отношению к процессному подходу понятие «идентификация» рассматривается как создание модели процесса и ее использование для нахождения оптимальных параметров процесса. С точки зрения идентификации технологического процесса производства триплекса определялись:

- 1) параметры на входе и выходе процесса;
- 2) данные, по которым можно судить о ходе процесса – режимные переменные, расход энергии и материалов, производительность и тому подобное;
- 3) критерий качества выполнения процесса и другое.

Решение этих задач стало возможным с применением специальных методов системного анализа и моделирования. Моделирование позволило представить всё множество процессов производства триплекса в виде набора диаграмм, отображающих выполняемые процессы, а также связывающих их материальные и информационные потоки и требуемые ресурсы [52].

Для создания модели технологического процесса производства триплекса была использована методология *IDEF0* из-за своей наглядности, обеспеченности инструментальными средствами и простоты для понимания [7].

Разработка модели включает в себя два этапа:

1) обследование технологического процесса производства триплекса и сбор необходимого материала для построения процессных моделей;

2) систематизация материала и рассмотрение технологических процессов с различных точек зрения, а именно: процесс как самостоятельная сущность; процесс как структура; процесс как элемент системы процессов; процесс как объект управления; продукция процесса как объект управления [53].

Согласно *IDEF0* методологии процессная модель описывается с помощью диаграмм, текста и глоссария. Диаграммы определяют взаимосвязи процессов с исполнителями и данными. Разработка диаграмм, описывающих модель, проводилась с использованием средств автоматизации проектирования и моделирования информационных систем – программы *BPwin*.

Модель *IDEF0* – иерархически организованная совокупность диаграмм. Диаграмма верхнего уровня содержит один блок A0, образуя контекстную диаграмму модели технологического процесса производства триплекса (рис.3.1).

Этот блок отражает в целом процесс производства триплекса. Диаграмма A0 является, во-первых, родительской для остальных диаграмм. Она объявляет общую функцию всей системы – «Производить триплекс». Во-вторых, определяет множество основных типов данных, которые использует или производит процесс. Например, стандарт предприятия, технические условия, требования потребителей позволяют осуществлять менеджмент качеством готовой продукции. В-третьих, диаграмма указывает взаимоотношения между основными типами данных, проводя их разграничение.

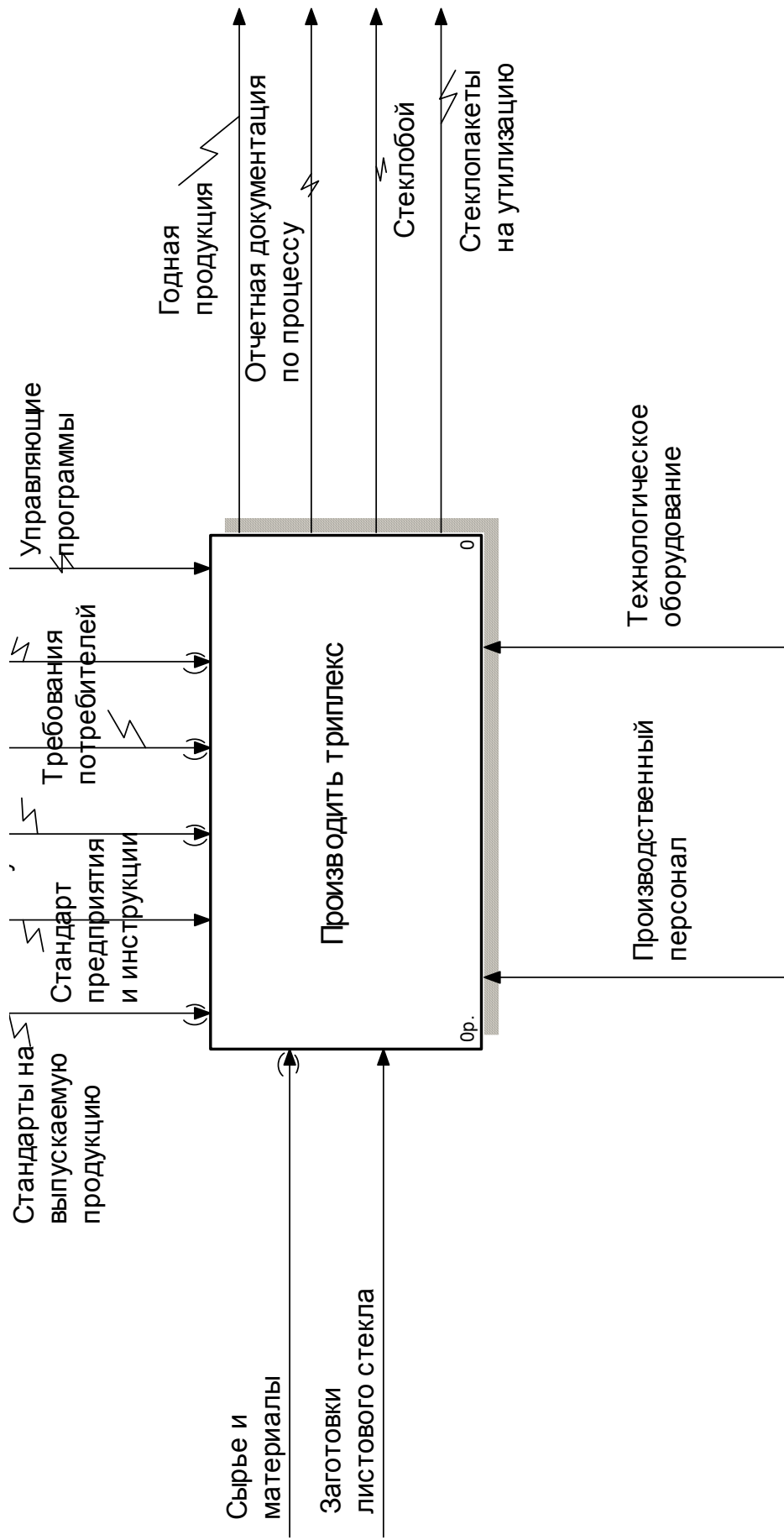


Рис. 3.1. А0 – Производить триплекс

Например, сырье и материалы, заготовки листового стекла рассматриваются как входные данные, используемые процессом, в то время как производственный персонал цеха ведет процессы.

Диаграмма верхнего уровня декомпозируется, образуя диаграмму A0, которая состоит из 8 блоков: складирование заготовок и контроль; резка, обработка кромки, мойка и сушка; печать канта, напыление, сборка стекла; базирование пакета, моллирование; мойка, сушка стеклопакета; вакуумная подпрессовка; прессование (автоклавный процесс) и окончательный контроль; упаковка (рис. 3.2).

Каждый блок диаграммы рассматривался как отдельный блок и подвергался декомпозиции (рис. 3.3 – рис. 3.7, 3.10, 3.11). В свою очередь последний блок подвергался декомпозиции до получения отдельного процесса. Так, блок A05 – Мойка, сборка стеклопакета (рис. 3.7), декомпонировался на блоки A051 – Контролирование провиса, накапливание гнутого стекла (рис. 3.8) и A052 – Разделение парных заготовок, мойка, сушка и охлаждение (рис. 3.9).

После построения модели технологического процесса производства триплекса определялась прослеживаемость по всей технологической цепочке. Каждый участок технологического процесса анализировался на предмет того, как он влияет на качество продукции. Оценивалась эффективность методов контроля качества заготовок стекла, отдельных технологических операций и готовой продукции. По результатам анализа решался вопрос настройки процессов на обеспечение точности и стабильности результатов.

Понятие ключевых характеристик – новое в технологической культуре производства на Российских заводах. В западной культуре производства, в частности в *ISO/TS 16949*, требуется, чтобы понимание различной важности, значимости показателей было формализовано и зафиксировано в технической документации [54]. Понимание этого достигается при анализе технологического процесса производства продукции в нашем случае, трехслойного стекла, что можно выполнить, построив процессную модель, представленную на рис.3.2.

Различают понятия ключевых характеристик продукции, компонентов, процессов, режимов и условий. Как правило, устанавливают не менее двух групп ключевых показателей: критические (*CC – Critical Characteristic*) и значительные (*SC – Significant Characteristic*).

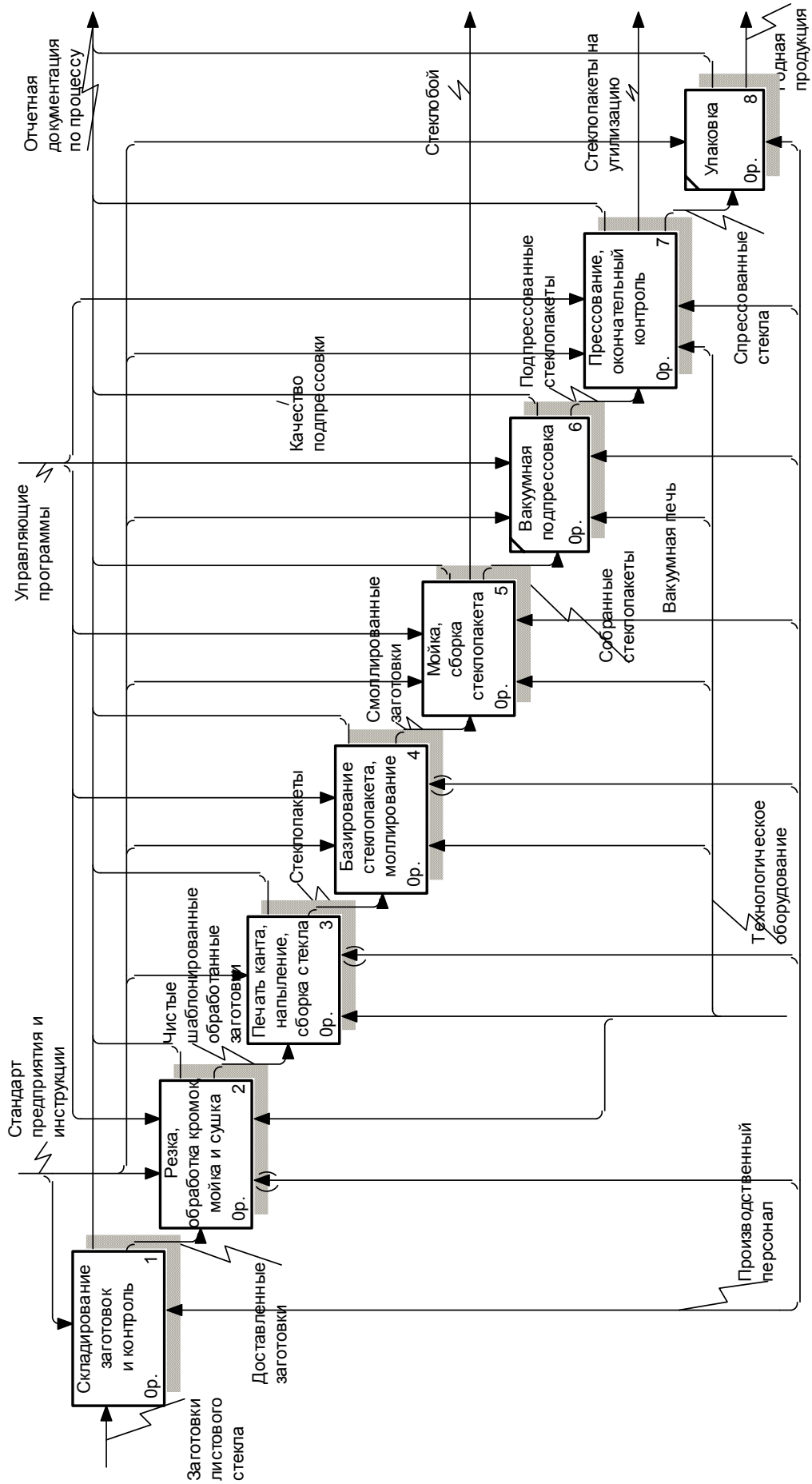


Рис. 3.2. А00 – Производить триплекс

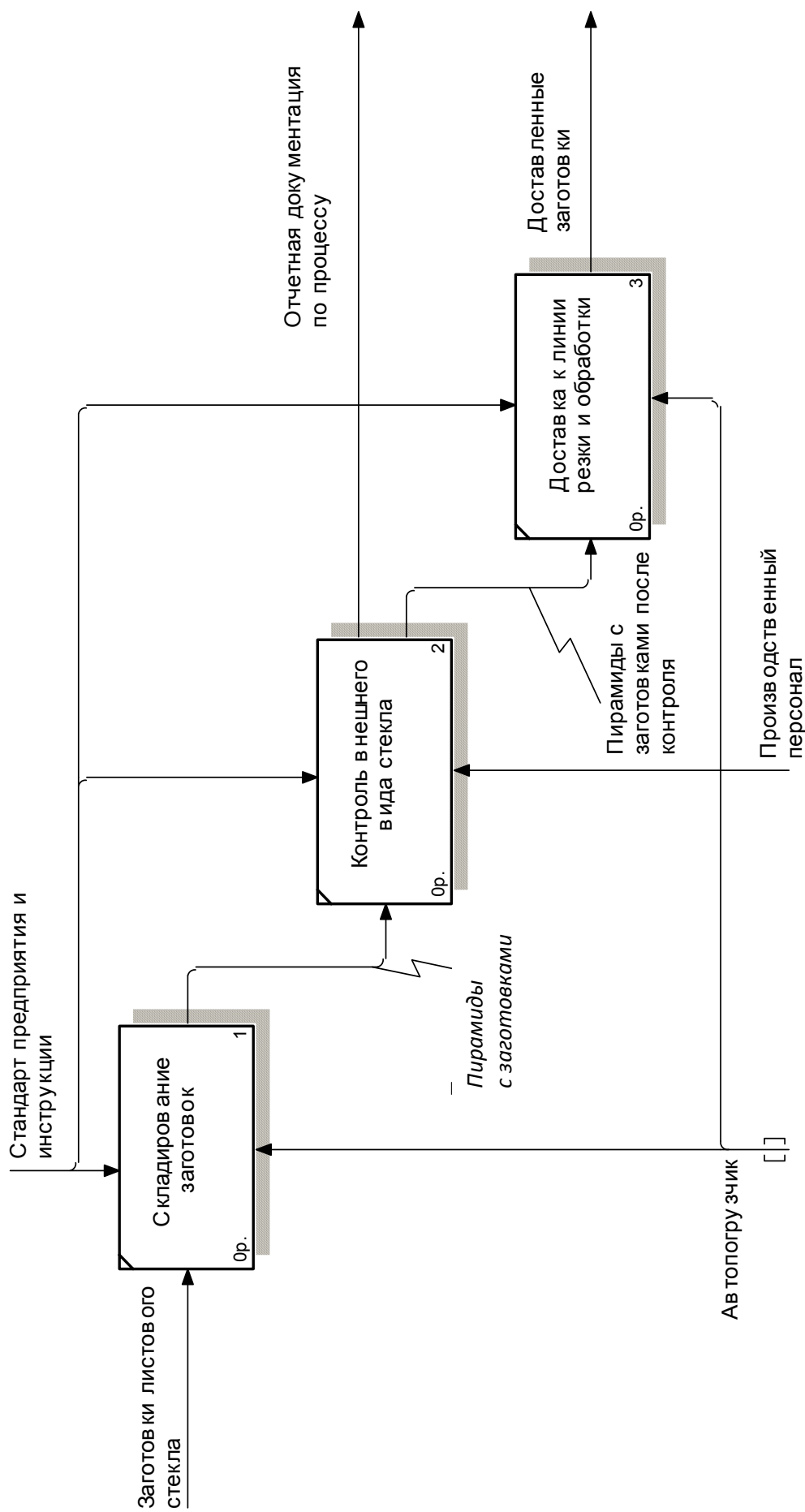


Рис. 3.3. А01 – Складирование заготовок и контроль

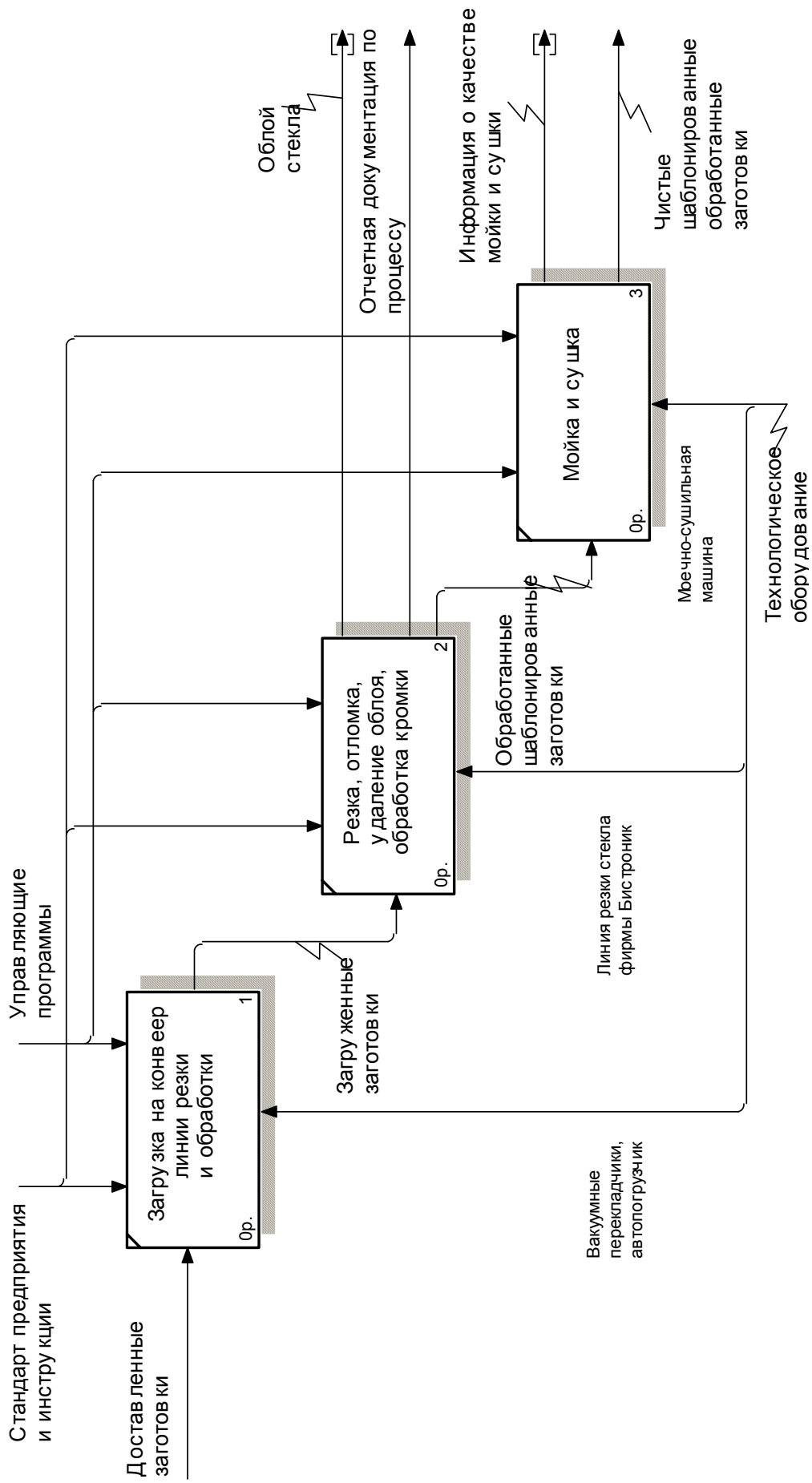


Рис. 3.4. А02 – Резка, обработка кромки, мойка и сушка

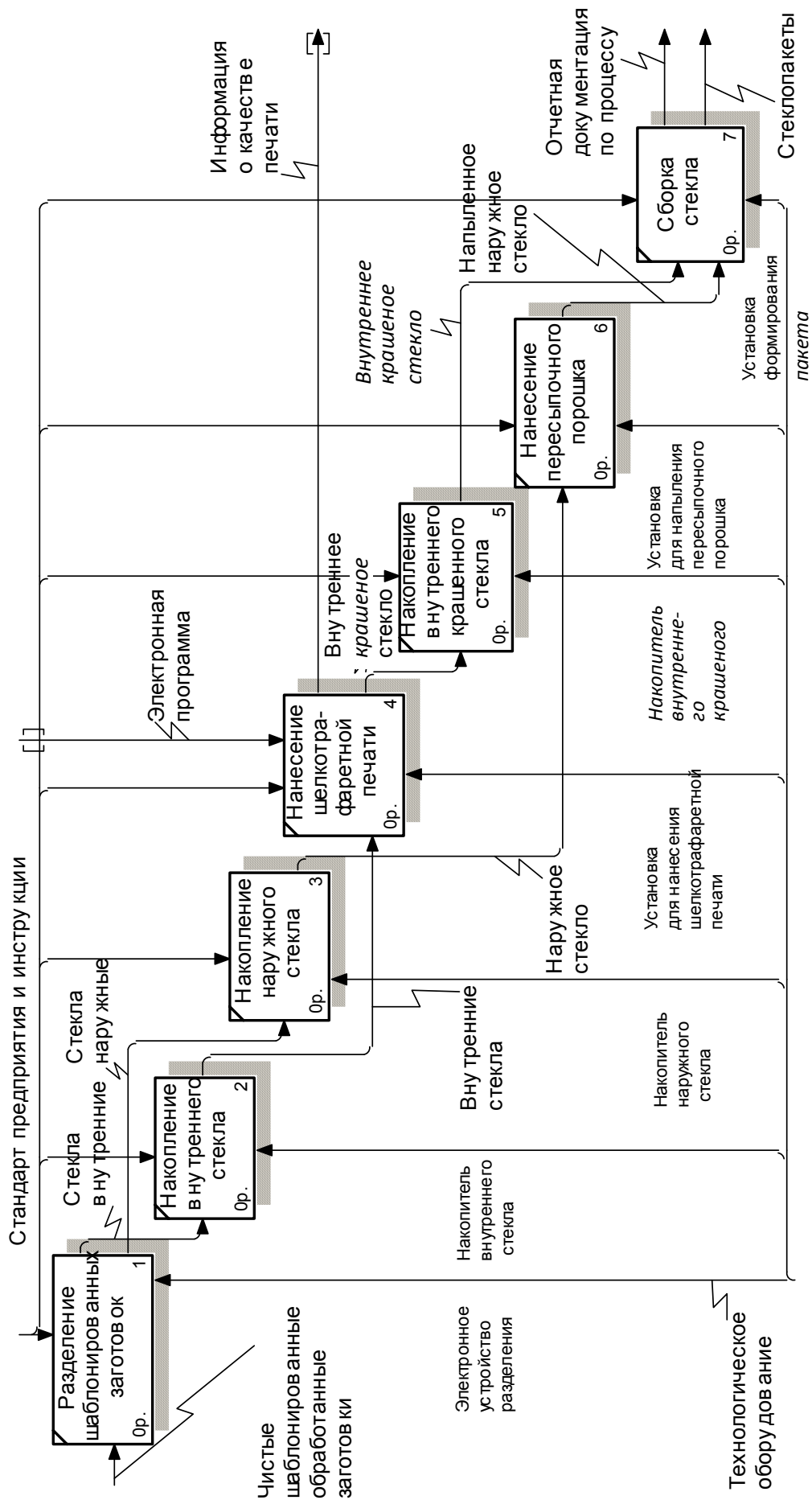


Рис. 3.5. А03 – Печать канта, напыление, сборка стекла

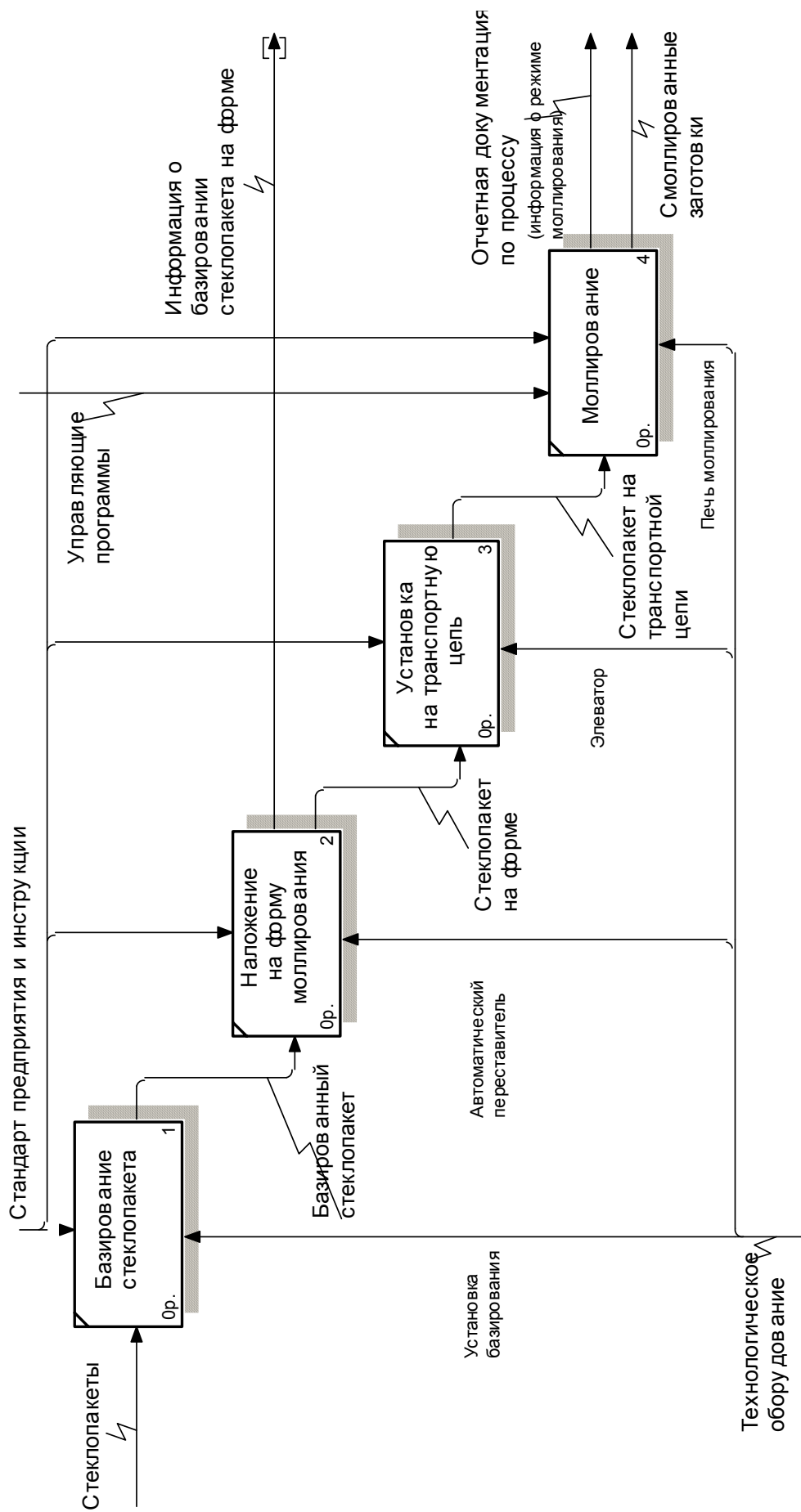


Рис. 3.6. А04 – Базирование стеклопакета, моллирование

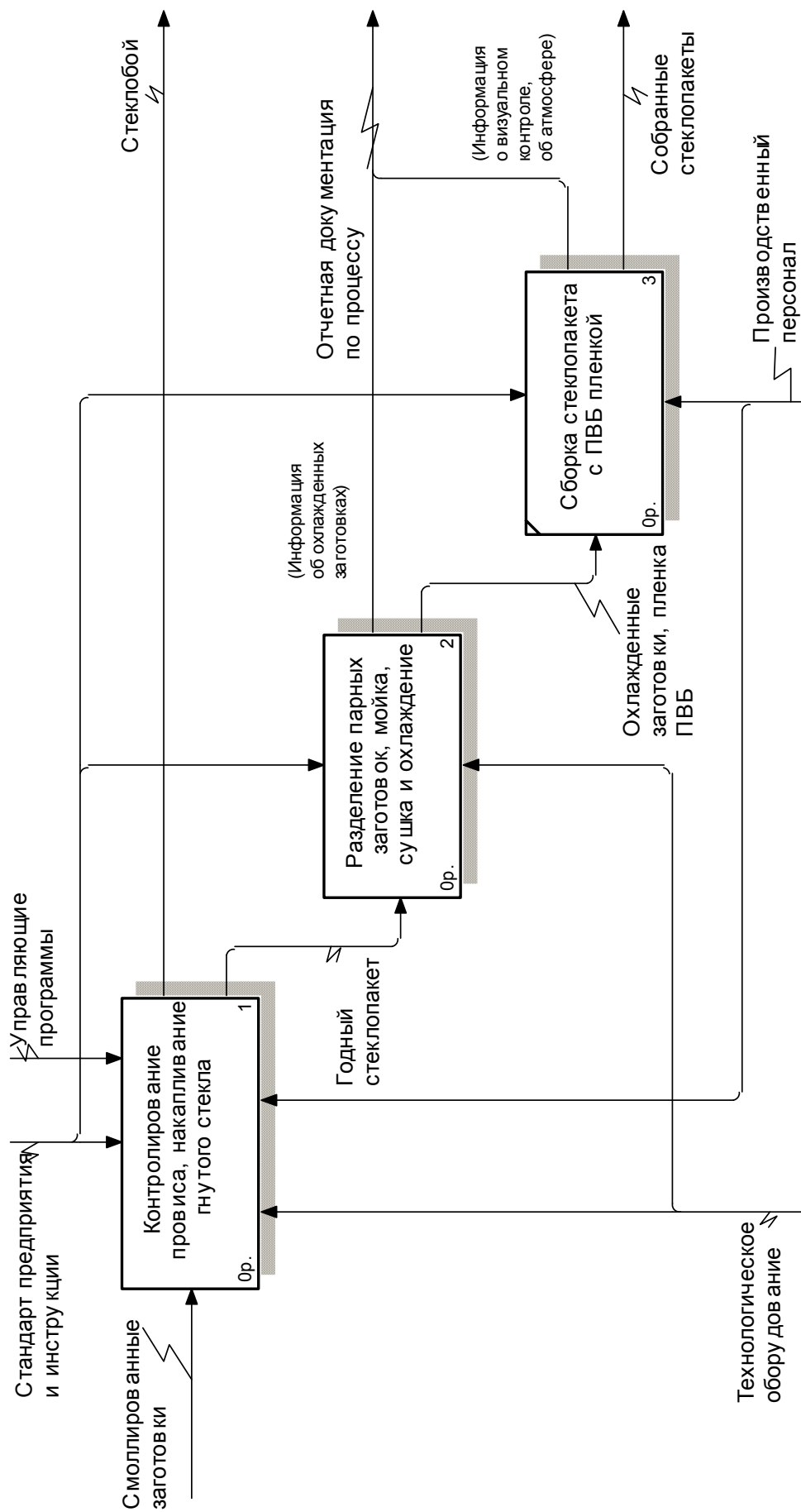


Рис. 3.7. А05 – Мойка, сборка стеклопакета

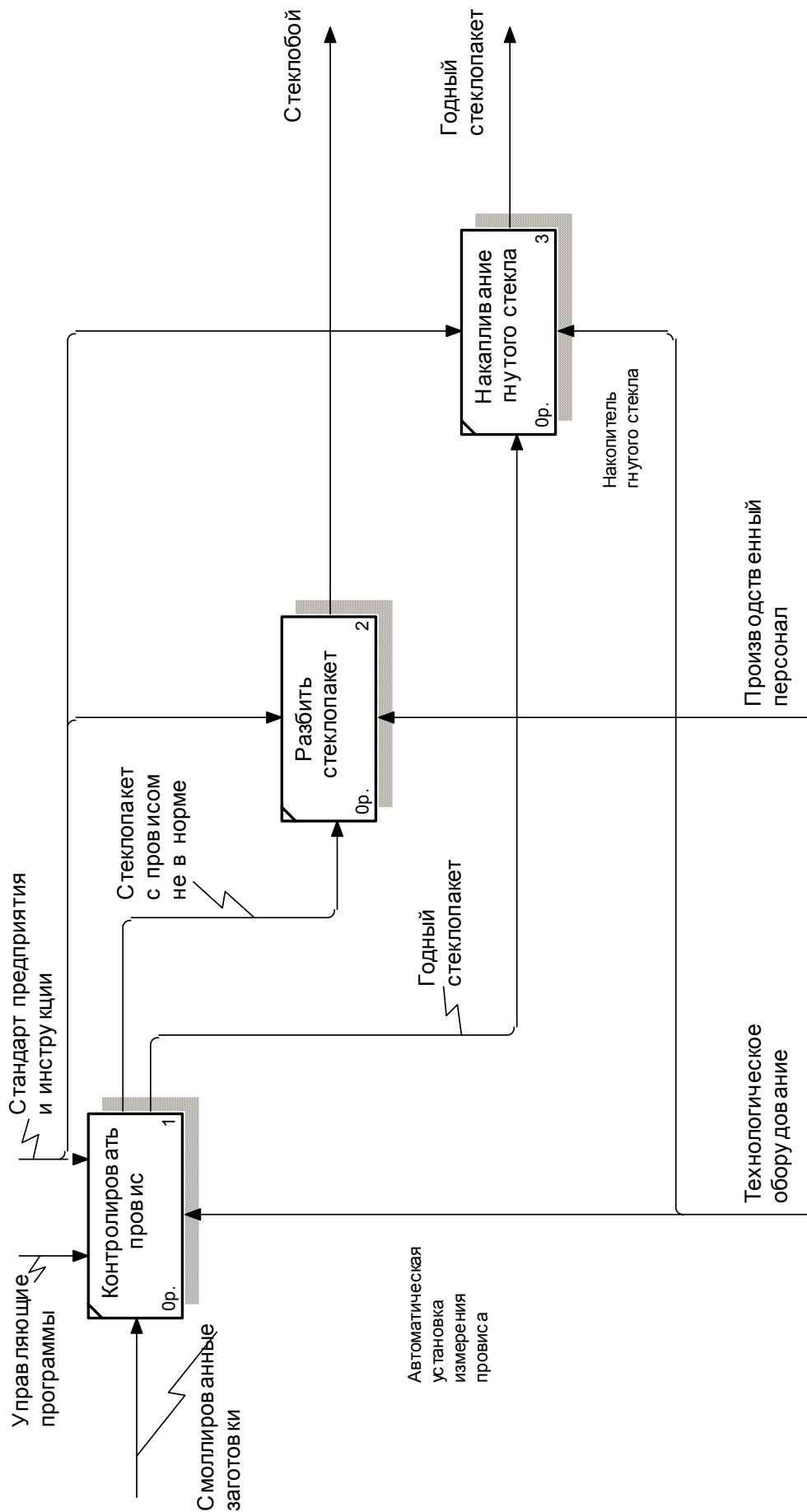


Рис. 3.8. А051 – Контролирование провиса, накапливание гнутого стекла

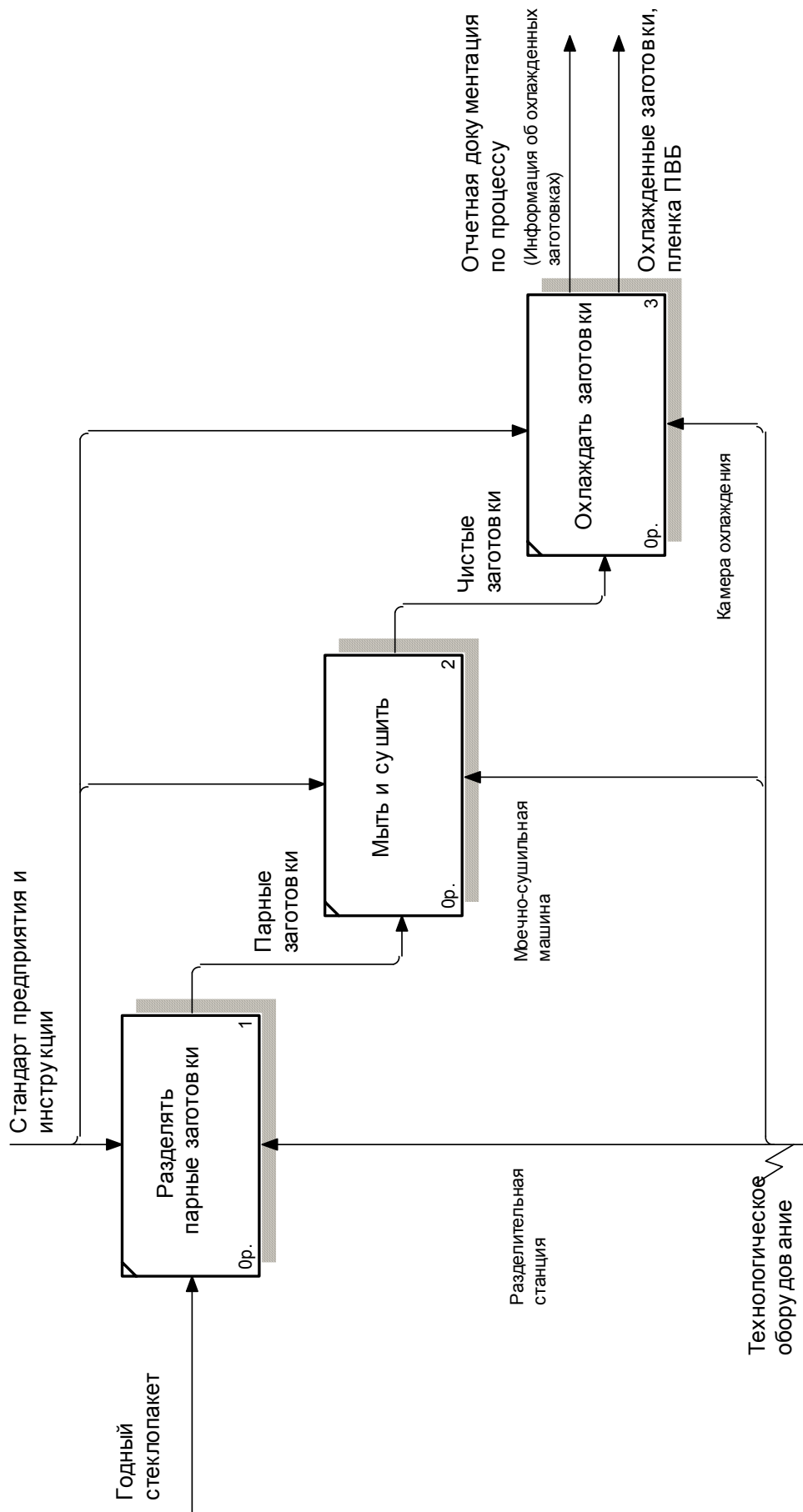


Рис. 3.9. А052 – Разделение парных заготовок, мойка, сушка и охлаждение

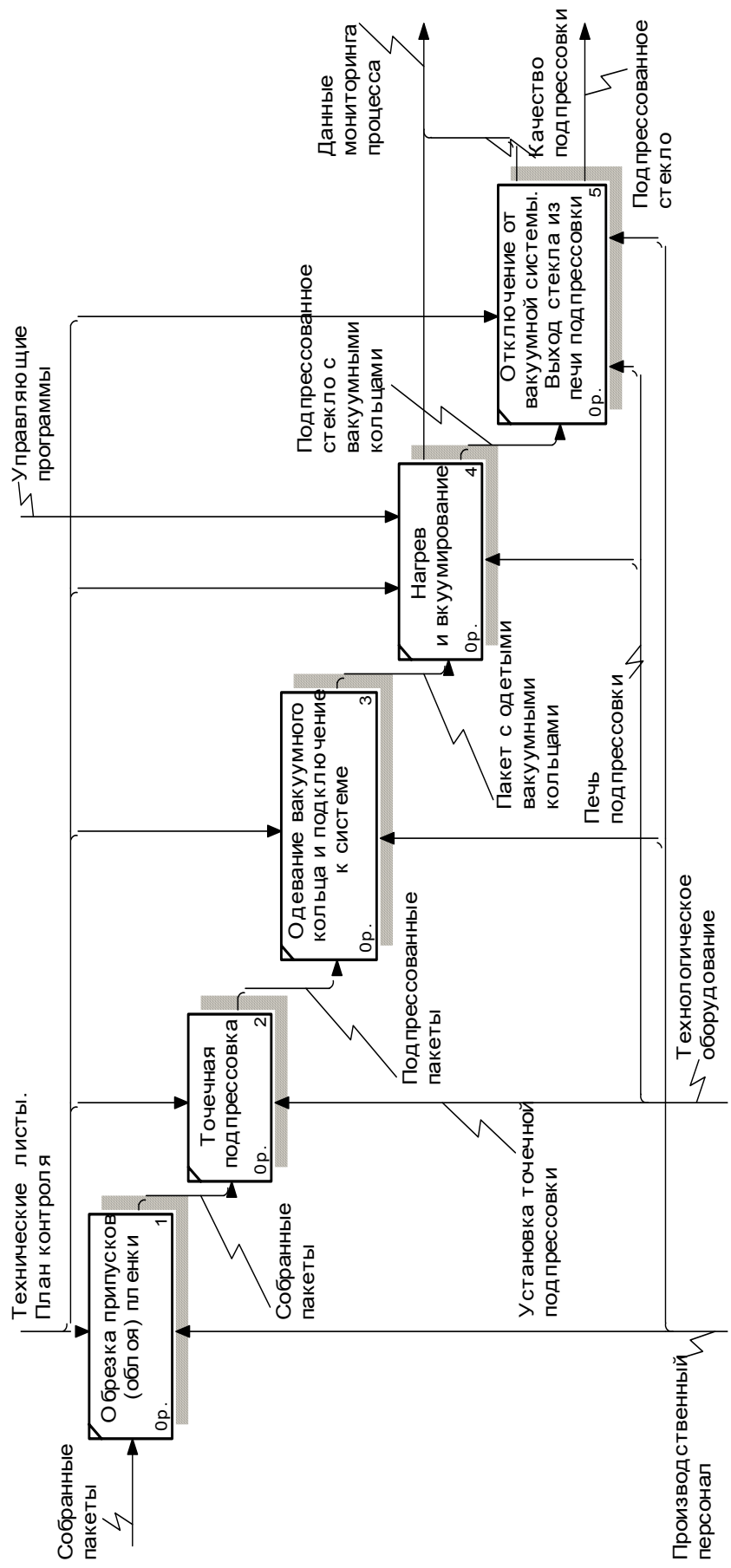


Рис. 3.10. А06 – Вакуумная подпрессовка

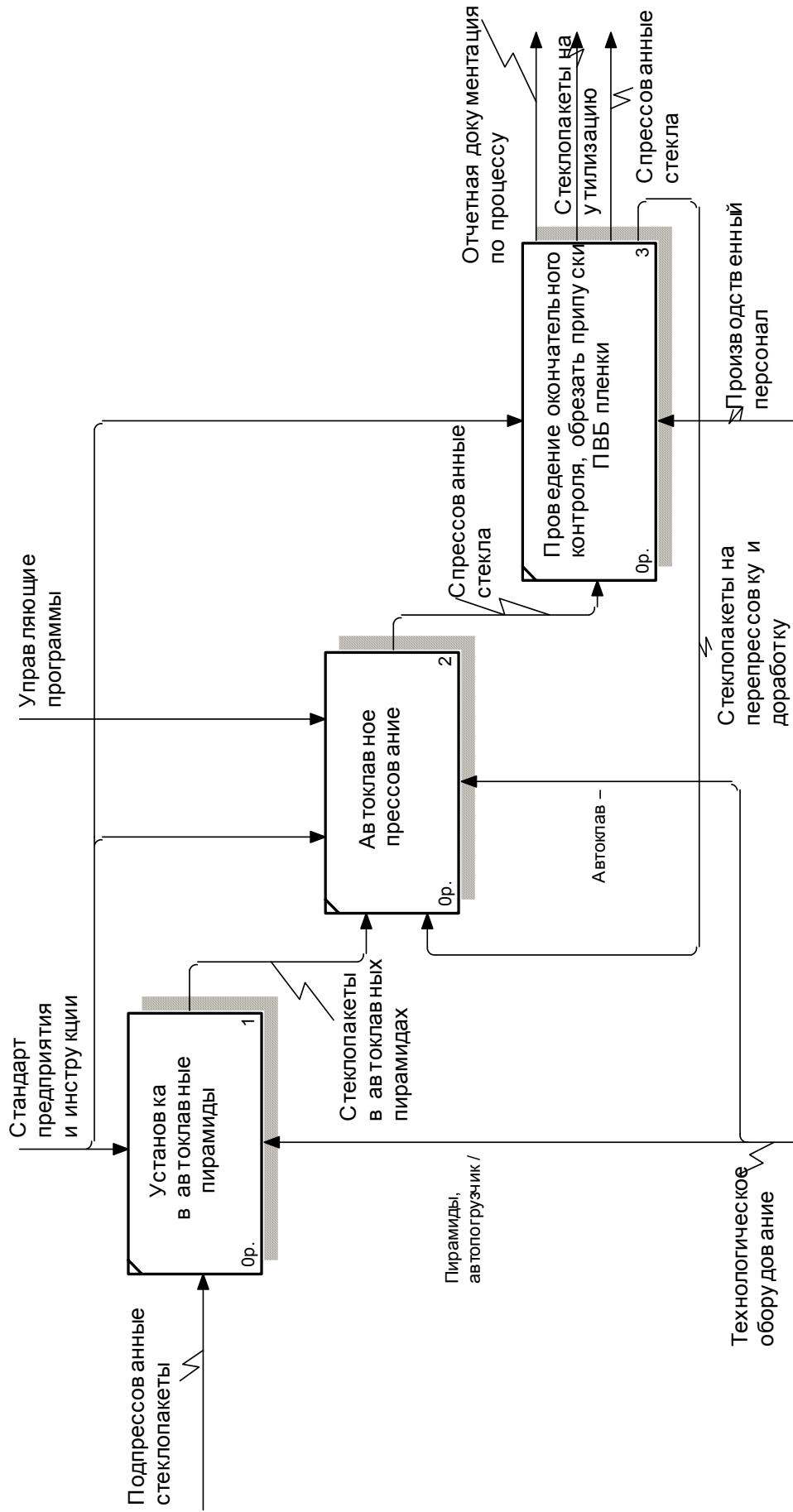


Рис. 3.11. А07 – Прессование, окончательный контроль

Критические характеристики отвечают за безопасность, экологию и другие государственные нормы. Значительные – такие характеристики, нарушение которых может привести к ухудшению или полному отказу какой-то функции изделия без критических последствий [54].

Ключевые характеристики в производстве трехслойного безопасного стекла приведены на рис. 3.12 и отражены в табл. 3.1. Эти характеристики подлежат особому вниманию и контролю в производстве [55].

Для них предусматривается статистический анализ стабильности и воспроизводимости [56]. Знание характеристических показателей помогает производству сконцентрировать внимание и ресурсы для их обеспечения, что позволяет более рационально расходовать средства в производстве. Выбранные в результате анализа методы и средства контроля над характеристическими показателями процесса производства трехслойного безопасного стекла заносятся в план управления.

В плане управления регламентируется слежение как за самим технологическим процессом, так и за выделенными ключевыми характеристиками вырабатываемого стекла.

При разработке планов управления учитывается влияние дестабилизирующих факторов, что требует идентификации процессов и разработки соответствующих математических моделей.

В последние годы наметился новый подход к мониторингу и обеспечению качества выпускаемой продукции – технология анализа процессов (*Process Analytical Technology – PAT*) [57]. Технология *PAT* основана на использовании системного подхода для стабилизации качества на основе научных и инженерных принципов оценки и снижения рисков выпуска низкокачественной продукции.

PAT в первую очередь используется как система для планирования, анализа и контроля наиболее критических характеристик исходных материалов, технологического процесса с целью обеспечения нужного качества конечного продукта. При этом изучаются многофакторные взаимосвязи между свойствами исходного сырья, материалов, производственными процессами, факторами внешней среды и их влиянием на качество вырабатываемого продукта. Это обеспечивает основу для обнаружения и понимания связей между различными критическими показателями изделия и процессов производства и делает возможным разработку эффективной стратегии снижения рисков получения продукции неудовлетворительного качества.

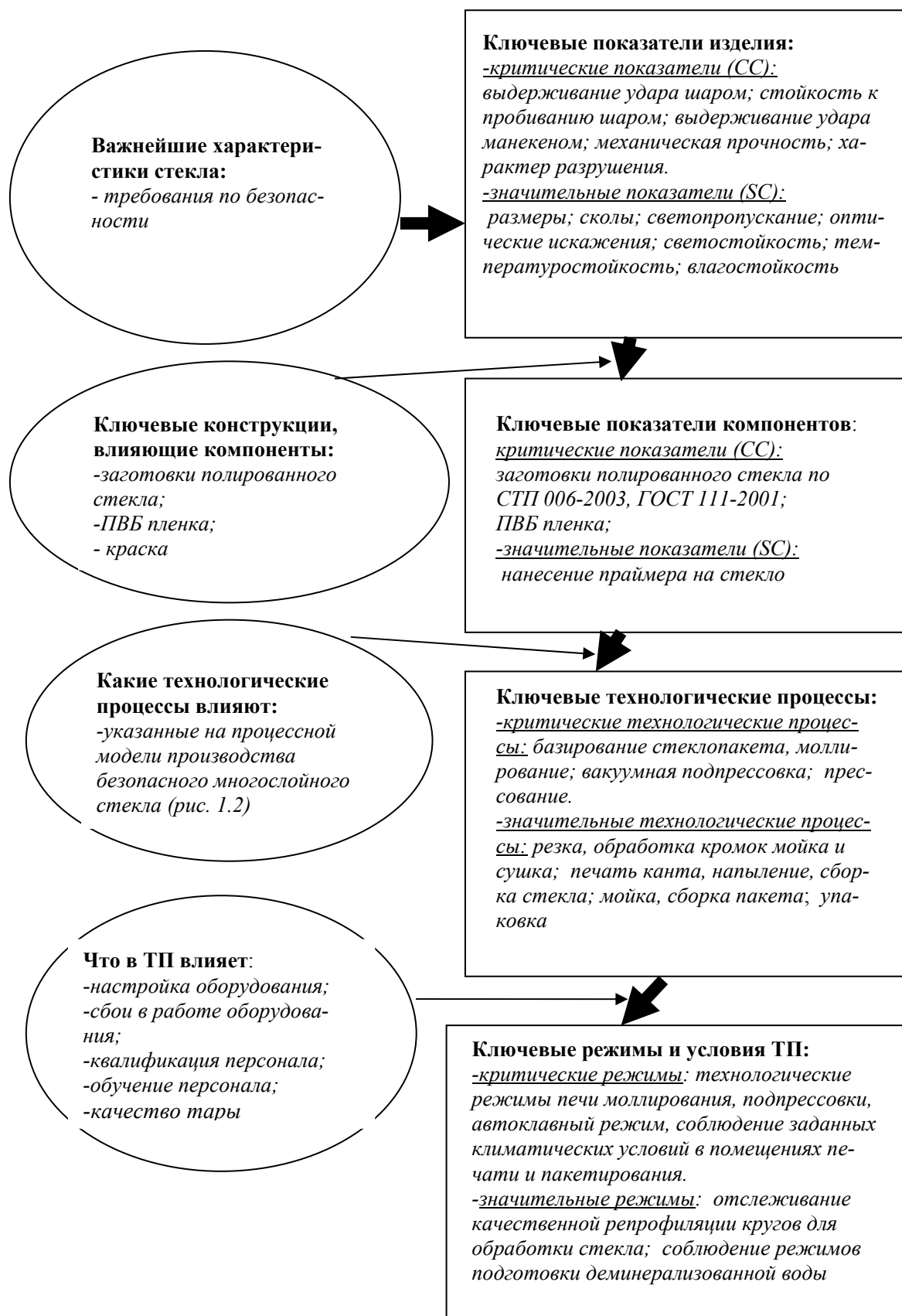


Рис. 3.12. Ключевые показатели производства трехслойного стекла

Таблица 3.1

Ключевые характеристики в производстве трехслойного безопасного стекла

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критичные, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
A01- складирование заготовок и контроль	A012- <u>контроль внешнего вида стекла.</u> Персонал, некачественная работа оборудования; некачественные заготовки, качество присосок	Внешний вид заготовок на пирамиде, размер прямоугольной заготовки, толщина, разнотолщинность, цвет	Выборочный контроль первого стекла с пирамиды
A02- резка, обработка кромки мойка и сушка (SC)	A022- <u>резка заготовки, удаление облоя.</u> Линия резки и обработки стекла. Сбой на участке загрузки, резки. Некачественная настройка оборудования; некачественные ролики; несвоевременное удаление боя стекла из бункера; <u>- обработка кромки.</u> Настройка оборудования, сбой в работе линии, качество алмазных кругов, неточно выполненная развертка; <u>A023- мойка и сушка</u> Моечно-сушильная машина. Некачественная деминерализованная вода, сбой в работе оборудования. Несвоевременная очистка моечной машины от шлама	Геометрические параметры готовых стекол, показатели внешнего вида, качество реза Качество обработки кромки, геометрические параметры готовой продукции Качество мойки и сушки	Регистрация даты выработки, № смены, кол-во, дефектность, параметры работы оборудования Контроль вакууметрического давления на столе facetsа Контроль температуры воды в моечной машине, проводимости воды, расстояния между валками

Продолжение табл. 3.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критичные, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
<p>A03- печать канта, напыление, сборка стекла (SC)</p>	<p><u>A034- нанесение шелкотрафаретной печати и знака омологизации.</u> Установка для нанесения шелкотрафаретной печати. Некачественные экраны, керамическая краска. Сбои в работе кондиционеров. Некачественная мойка и сушка стекла; <u>A035- нанесение пересыпчного порошка.</u> Установка для нанесения пересыпчного порошка. Отсутствие пересыпчного порошка</p>	<p>Качество печати</p> <p>Равномерность нанесения порошка на заготовку</p>	<p>Входной контроль экранов и керамической краски. Температура и влажность помещения, параметры керамической краски</p> <p>Контроль равномерности нанесения порошка на заготовку</p>
<p>A04- базирование пакета стекла, моллирование (CC)</p>	<p><u>A042- наложение на форму моллирование;</u></p> <p><u>A044 – моллирование.</u> Печь моллирования. Некачественные пакеты, формы моллирования. Сбои в работе оборудования</p>	<p>Геометрия и параметры готовых стекол</p>	<p>Контроль температуры печи, времени цикла, качества шелкотрафаретной печати и маркировки</p>

Продолжение табл. 3.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критичные, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
<p>A05- мойка, сборка стеклопакета (SC)</p>	<p><u>A051- контроль поперечной кривизны. Подача на эlevator смолированного стекла;</u></p> <p><u>A052- разделение парных заготовок стекла, мойка, сушка и охлаждение. Охлаждение ПВБ пленки, раскрой на заготовки, вылеживание заготовок</u></p> <p>Моечно-сушильная машина. Сбои в работе оборудования;</p> <p><u>A053- сборка пакета с ПВБ пленкой. Сбои в работе кондиционеров, некачественные размеры заготовок ПВБ пленки, некачественная пленка. Плохое качество ножей для обрезки пленки</u></p>	<p>Геометрия и параметры готовых стекол</p> <p>Качество мойки и сушки</p> <p>Равномерность наложения пленки, качество совмещения заготовок и обрезки пленки</p>	<p>Контроль провисов, прилегания, габаритных размеров, плавности изменения поверхности стекла, напряжения растяжения и сжатия</p> <p>Температура и электропроводность воды, температура воздуха</p> <p>Входной контроль ПВБ пленки, внешний вид пленки. Влажность и температура помещения пакетирования, Время вылеживания ПВБ пленки. Визуальный контроль каждого стеклопакета</p>
<p>A06- вакуумная подпрессовка (CC)</p>	<p>Вакуумная печь подпрессовки. Сбои в работе установки, некачественные вакуумные кольца</p>	<p>Качество подпрессованных стекол</p>	<p>Вакуумметрическое давление, температура в вакуумной печи подпрессовки. Контроль качества подпрессованного стекла</p>

Окончание табл. 3.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критичные, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
A07- прессование, окончательный контроль (CC)	Автоклав. Сбои в работе оборудования, выход из строя рабочих шаблонов. Неосторожное обращение со стеклом (заколы, царапины)	Качество ветровых стекол. Уровень дефектности. <i>Yeld, CU, PPM.</i>	Время цикла, давление воздуха и температура внутри автоклава. 100% контроль внешнего вида стекла. Испытания на безопасность
A08- упаковка (SC)	Недостаточное количество изготовленного годного стекла. Некачественно подготовленная тара, недостаток тары	Качество упаковки, подготовка к отправке потребителю. Выполнение спецификации на отгрузку	Контроль качества упаковки. № упаковочной тары, упаковочный лист, штрих кодовая марка (GP2000)

Примечание. Критические показатели (CC) и значительные показатели (SC) приведены на рис. 3.12.

Технологический процесс производства многослойного стекла контролируется с помощью информации, собираемой с нескольких десятков датчиков. Понять, что в данный момент происходит с процессом, и принять какие-то решения за достаточно короткий промежуток времени – трудная, а в некоторых случаях, неразрешимая задача.

Решение можно получить, используя положения хемометрики – науки, позволяющей извлечь полезную информацию из больших (многомерных) массивов данных, находя в них скрытые зависимости и существенно понижая их размерность. Своеобразным симбиозом аналитических методов и хемометрики для мониторинга и управления процессами является многомерный статистический контроль процессов (*Multivariate Statistical Process Control – MSPS*). С помощью методов многомерного анализа данных можно существенно понизить размеры системы, выделив из показаний датчиков и данных

лабораторных анализов скрытые характеристики, которые обуславливаются внутренними связями между исходными параметрами [58]. Причем число таких характеристик становится в несколько раз меньше числа исходных переменных, и они отражают не изменения отдельных показателей датчиков и результатов анализа, а поведение производственного процесса в целом.

Проведя большое число измерений при различных значениях параметров, можно построить математическую модель для описания поведения технологического процесса в определенных условиях и использовать полученную модель для принятия решений в разных ситуациях.

Внедрение многомерного статистического контроля в производстве трехслойного безопасного стекла стало возможным после проведения исследований, обобщения и использования производственного опыта.

3.2. Оценка надежности технологической системы производства безопасного многослойного стекла

Оценку качества технологической системы ведут по параметрам ее работоспособности, затрачиваемым ресурсам и по качеству изготавливаемой продукции [59]. Технологическую систему считают надежной, если она обеспечивает выполнение производственного задания по показателям качества изготавливаемой продукции и по производительности.

Наряду с необходимостью выполнения требований потребителя, чтобы реализовать продукцию, на производстве существуют требования к протеканию процессов. Эти требования, например, в производстве многослойного стекла такие:

- технологические параметры работы оборудования;
- процент выхода годной продукции с первого раза;
- время выполнения заказа;
- размер незавершенного производства;
- время переналадки оборудования;
- коэффициент использования оборудования;
- производительность оборудования и другие.

Результатом процесса должна быть не только продукция, изготовленная в сроки, установленные заказчиком, с требуемым качеством.

вом, в запланированном количестве, но и необходимость настройки процесса на оптимальное, эффективное протекание, обеспечивающее качество продукции, срок поставки, минимум потерь [60]. Задача непрерывного улучшения стоит перед менеджером, отвечающим за движение материального потока по производству и имеющим полномочия на соответствующие изменения в процессе. В условиях ПКО «Автостекло» им является начальник производства «Триплекс».

При оценке надежности технологических систем придерживаются следующих положений [59].

1. Оценка надежности технологической системы по производительности сводится к оценке надежности оборудования, оснастки, инструмента, управляющих устройств и так далее, составляющих материальную часть технологического процесса.

2. Оценку технической системы по количественным значениям параметров затрачиваемых ресурсов при производстве продукции ведут с целью повышения эффективности работы технологической системы.

3. Оценка надежности технологической системы по параметрам качества выпускаемой продукции делается при выходе показателей качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные технологической документацией, выходе режимов технологического процесса за установленные границы и другом.

Для получения требуемого качества изделий из триплекса необходимо влиять на сам процесс производства продукции, то есть влиять на процесс преобразования входных данных на выходные (см. рис. 3.2). Это достигается соответствующим контролем всех этапов процесса преобразования. Измеряются параметры качества как самих этапов процесса, так и преобразуемой на них продукции. Результаты измерений сравниваются с требованиями, которые указаны в стандарте предприятия на изготовление гнутого и плоского трехслойного безопасного автомобильного стекла. Контроль правильности и точности исполнения технологии процесса осуществляется на всем протяжении от входа до выхода. Предусматривается сплошной самоконтроль процесса его исполнителем, выборочный – контролерами, а также систематический аудит процесса в целом. По результатам контроля в случае обнаружения несоответствий и принятия управленческих решений менеджер процесса осуществляет обратную связь (кор-

ректирующее действие). В качестве инструментов для выработки решений менеджер может использовать статистические и другие методы.

Важную часть производственного процесса составляет технологический процесс. Одно из основных показателей качества процесса – его надежность. Надежность технологического процесса производства триплекса является комплексной характеристикой, единичными показателями которой служат: уровень дефектности, коэффициент использования оборудования, производительность, выход годного стекла и другое. Указанные характеристики оцениваются по сменам и за каждый период выработки конкретного вида продукции.

Эффективность действующего технологического процесса, обуславливающую его производительность, оценивают двумя показателями:

- производительностью по пропущенному стеклу;
- производительностью по качественному стеклу.

Коэффициент, характеризующий производительность по пропущенному стеклу, может быть выражен следующим способом:

$$C1 = (p1/Tf) \text{ пакет/час,} \quad (3.1)$$

где $p1$ – поступление пакетов за анализируемый период, шт.;

Tf – длительность технологического процесса (фактическое время работы), ч.

Формула расчета производительности по качественному стеклу отличается от (3.1) тем, что в числителе записывается выработка пакетов $p2$ за тот же период:

$$C2 = (p2/Tf) \text{ пакет/ч,} \quad (3.2)$$

где $p2$ – годное стекло за вычетом отбраковки, шт.

Расчеты проводятся по каждой машине стадии изготовления стекла: резке, печати канта, моллированию, сборке пакетов, упаковке (см. рис. 3.2).

Проведем анализ эффективности технологической системы при изготовлении ветрового стекла для автомобиля ВАЗ 2110 по данным работы производства в течение восьми месяцев. Значительные технологические процессы, влияющие на качество продукции, – резка, обработка кромок, мойка и сушка; печать канта, напыление, сборка стекла; мойка, сборка пакета; упаковка (см. рис. 3.12).

На рис. 3.13 приведен график изменения производительности процесса А02 – Резка, обработка кромки, мойка и сушка (см. рис. 3.4), а на рис.3.14 – процесса А08 – Упаковка (см. рис.3.2).

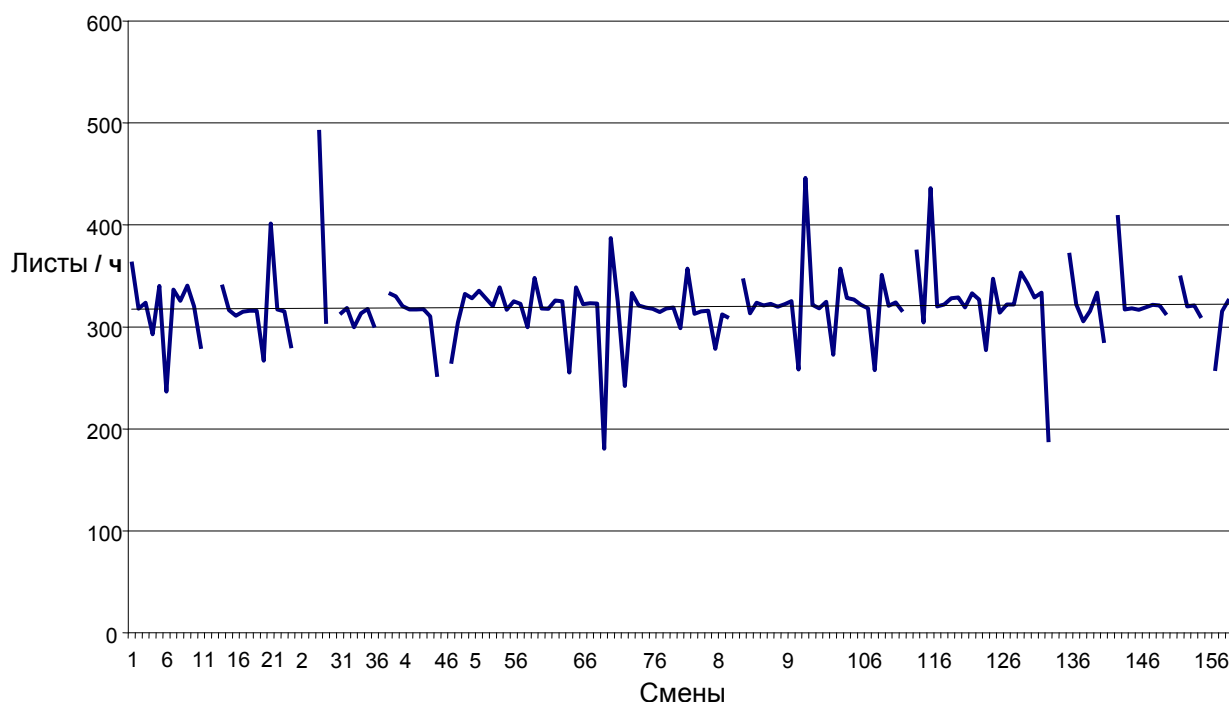


Рис. 3.13. Колебание производительности процесса А02 – Резка, обработка кромки, мойка и сушка

Как видно из графика (см. рис.3.13), процесс «Резка, обработка кромки, мойка и сушка» характеризуется стабильностью. Усредненная производительность по чистым, шаблонированным обработанным заготовкам, рассчитанная по сменным данным, составляет 320 лист./ч. Точность процесса, оцениваемая величиной стандартного отклонения, составила 36,4 лист./ч. Коэффициент вариации производительности равен 11,4 %. Полученные результаты подтверждают высокую однородность данных по производительности процесса А02, так как расчетное значение коэффициента вариации не превышает допустимого значения, равного 17 % [59].

Процесс «Упаковка», представленный на рис. 3.14, характеризуется стабильностью. Усредненная производительность по годной продукции, рассчитанная по сменным данным, составляет 165,6 пакет./ч. Точность процесса, оцениваемая величиной стандартного отклонения, равна 23,1 пакет./ч. Коэффициент вариации производительности равен 14 %, что указывает на высокую однородность данных.

Безотказность технологического процесса – один из показателей надежности. Она характеризует свойство процесса непрерывно функционировать в течение заданного времени при условии производства определенного количества продукции [59].

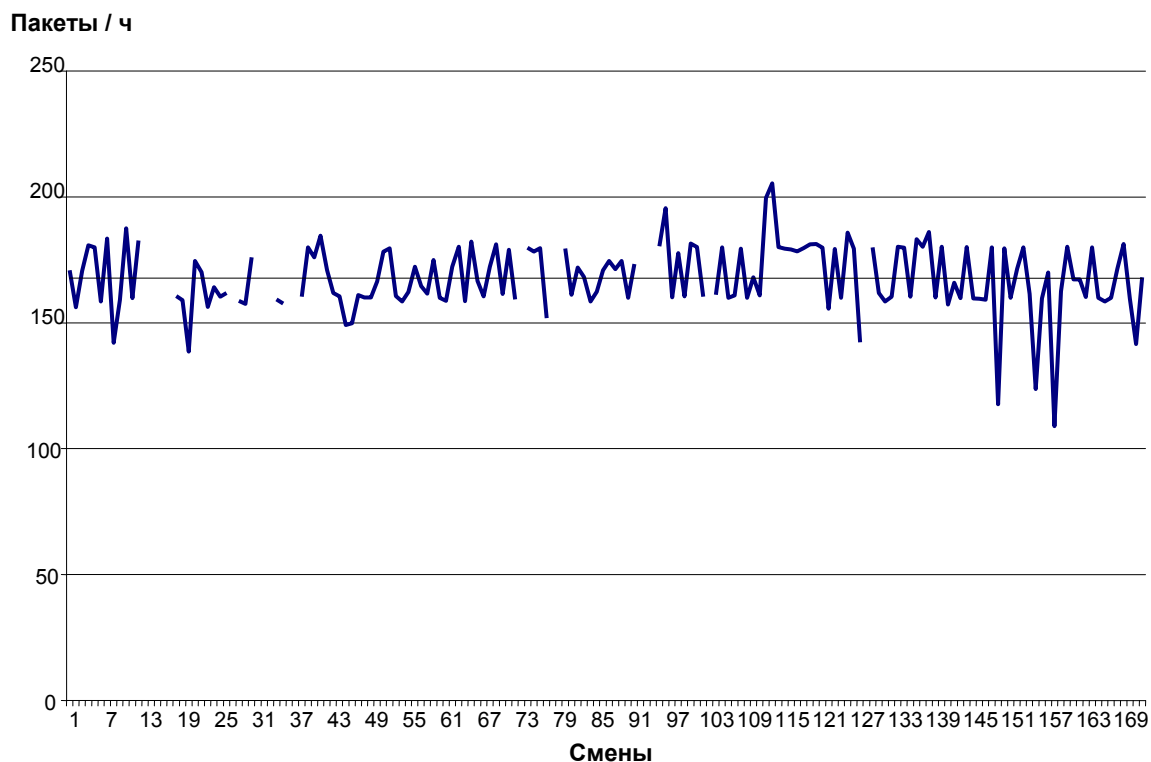


Рис. 3.14. Колебание производительности процесса А08 – Упаковка

Коэффициент использования технической системы характеризует временную эффективность технологического процесса:

$$CU = (T_f / T_p), \quad (3.3)$$

где T_f – длительность технологического процесса (фактическое время работы), ч.;

T_p – продолжительность рабочего периода технологического процесса (плановое время работы), ч.

Коэффициент использования машин стадий изготовления стекла оценивается в каждой рабочей смене. На рис. 3.15, 3.16 приведены графики изменения коэффициента использования машин CU стадий А02 и А08 (см. рис. 3.2).

Как видно из рис. 3.15, коэффициент использования технических средств в процессе А02 – Резка, обработка кромки, мойка и сушка имеет нестационарный характер. В нем присутствует трендовая со-

ставляющая y_T и периодическая – y_C , приведенные на поле рисунка. Среднее значение CU на интервале наблюдений составило 86,5 % со стандартным отклонением 10,9 %. Вариация коэффициента использования машин равна 12,6 %.

Среднее значение коэффициента CU для процесса A08 – Упаковка равно 85,4 % со стандартным отклонением 20,2 % (рис.3.16). Коэффициент вариации значительный, составил 23,6 %, что характеризует невысокую точность исполнения процесса упаковки (удовлетворительную однородность данных [59]).

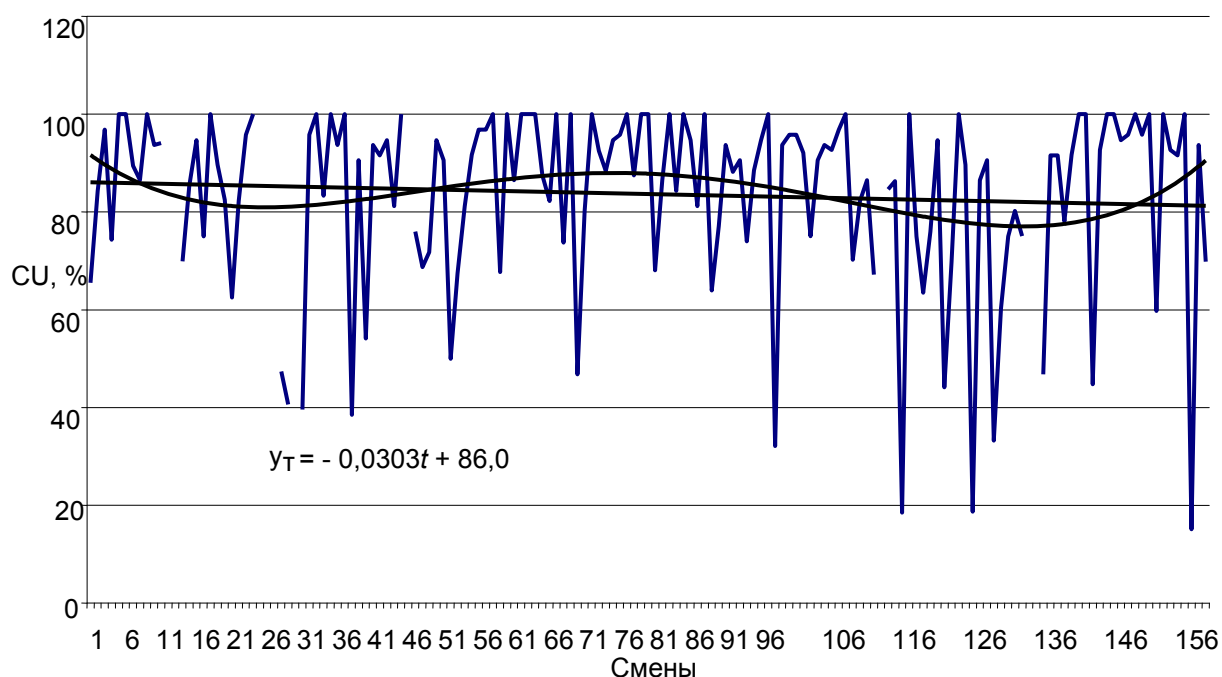


Рис. 3.15. Коэффициент использования машин процесса A02 – Резка, обработка кромки, мойка и сушка

Знание $p1$ и $p2$ (3.1), (3.2) позволяет оценить важнейший показатель работы производства – выход продукции за анализируемый период работы:

$$Yield = (p2/p1)100 (\%). \quad (3.4)$$

Расчеты проводятся посменно для каждой машины стадии изготовления стекла $Yield_i$. Располагая этими данными, можно рассчитать выход продукции для технологической системы в целом $Yield_{TC}$ по формуле

$$Yield_{TC} = \prod_{i=1}^5 Yield_i \quad (3.5)$$

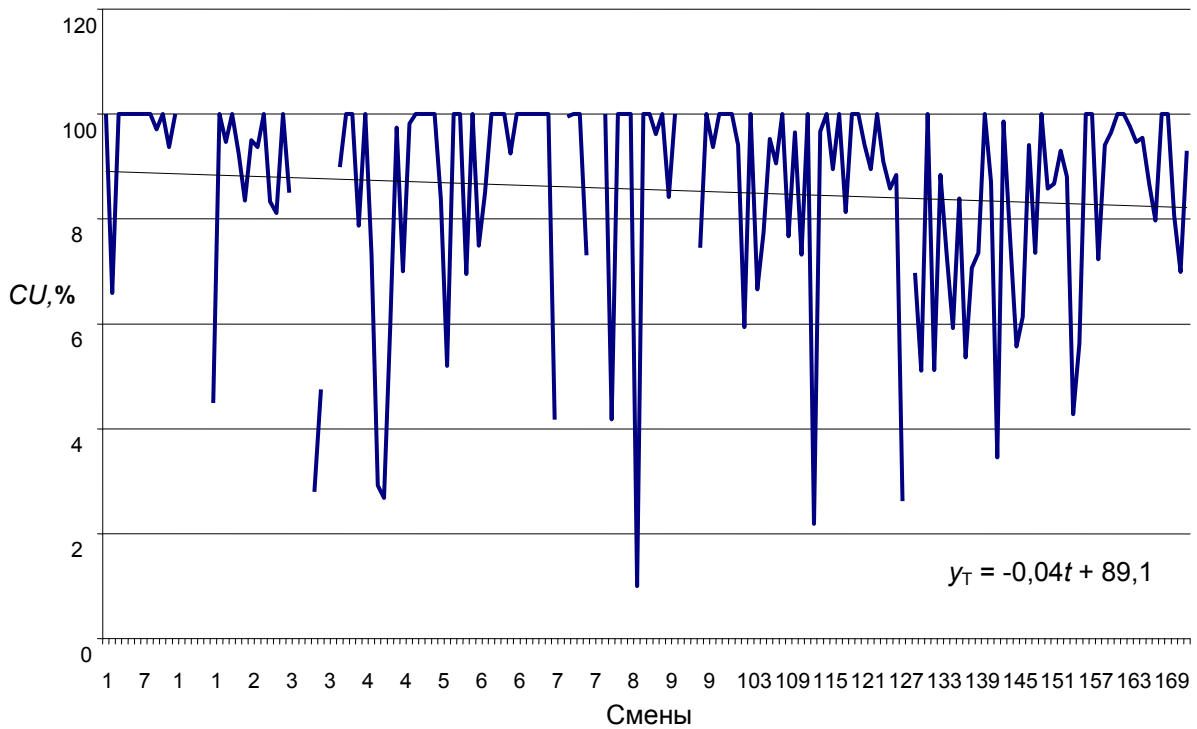


Рис. 3.16. Коэффициент использования процесса А08 – Упаковка

Результаты расчетов выхода продукции графически отображены на рис. 3.17. Как показал анализ, технологическая система производства безопасного многослойного стекла характеризуется высокой стабильностью и точностью процесса. Среднее арифметическое значение выхода продукции составило 95,1 % со стандартным отклонением 3,3 %.

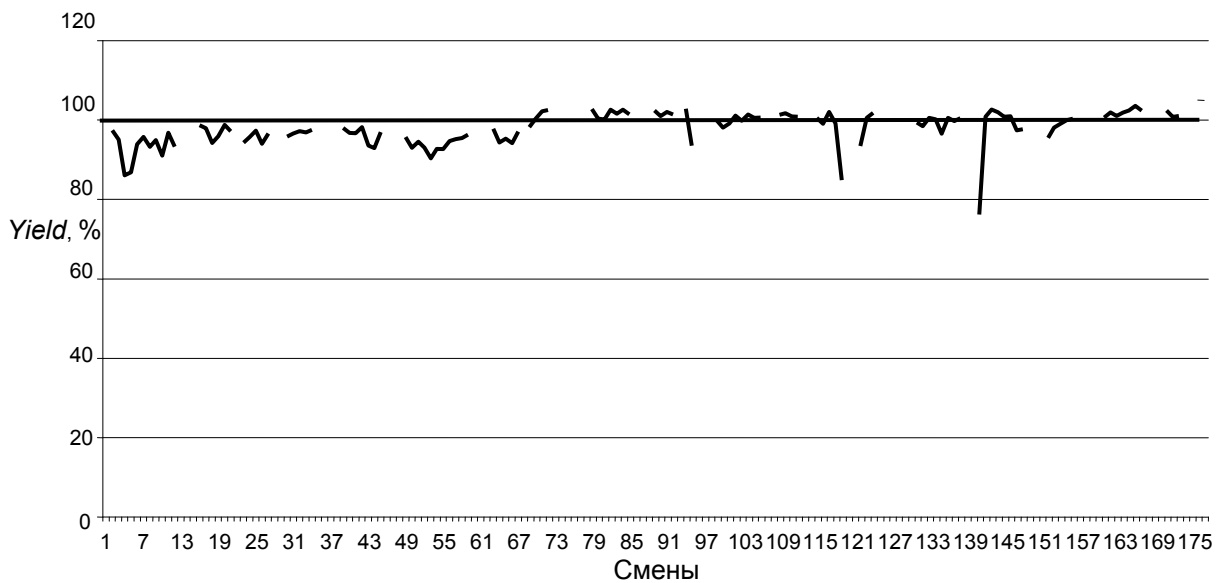


Рис. 3.17. Выход продукции технологической системы

Коэффициент вариации равен 3,5 %, что характеризует высокую однородность анализируемых данных по выходу продукции.

На производстве «Триплекс» ПКО «Автостекло» функционирует автоматизированная система мониторинга *GP 2000*. Вся информация о протекающем процессе собирается и сохраняется в базе данных системы. Анализ собранной информации позволяет в режиме реального времени оценивать качество производства многослойного стекла, тенденции изменений и принимать оперативные корректирующие действия по поддержанию высокого качества вырабатываемой продукции.

3.3. Оценка отлаженности и настроенности технологических процессов по режимным переменным

Технологический процесс представляет собой основную часть производственного процесса, взаимосвязанные операции (процессы) технологической системы в отношении предмета труда с целью изготовления из него продукции [59]. Технологический процесс оценивают для управления им при производстве триплекса требуемого качества и количества, а также в целях:

- недопущения непроизводительных затрат и потерь ресурсов;
- подтверждения соответствия технологических процессов требованиям стандарта предприятия при аудитах;
- набора статистических данных для принятия управленческих и конкретных технических решений по совершенствованию оцениваемых процессов.

Объектом оценивания в работе является один из ключевых технологических процессов в производстве многослойного стекла – моллирование. Моллирование представляет собой критический процесс, определяющий геометрию и параметры готовых стекол (см. рис. 3.12, табл. 3.1).

Важное свойство процесса – его отлаженность. Показатели отлаженности определены по ГОСТ 27.201-81. Это стабильность, точность, воспроизводимость технологического процесса. Эти показатели могут оцениваться по статистическим данным температурного режима работы печи моллирования, показателям свойств произведенной продукции и уровню дефективности продукции.

Технологический процесс моллирования протекает в трехкамерной печи непрерывного действия. Пакет стекла проходит камеру предварительного нагрева, далее, в главной камере моллирования, под действием температуры и силы тяжести заготовка ложится на поверхность формы, которая придает стеклу нужную геометрию. После этого в камере отжига снимаются возникающие напряжения в стекле.

Режим моллирования контролируется 150 термопарами типа ХА, установленными в своде и поде печи равномерно по ширине и длине камер. Для анализа температурного режима моллирования были использованы статистические данные производства ветрового стекла ВАЗ 2110 в течение восьми месяцев непрерывной работы. Для извлечения полезной информации из массива данных была использована технология анализа процессов *PAT*. С помощью методов кластерного и множественного корреляционного анализов были существенно понижены размеры системы, описывающей температурный режим моллирования стекла [61].

Для выделения групп датчиков с близкими показаниями была использована древовидная кластеризация. В качестве меры расстояния между кластерами и правила объединения были выбраны квадрат эвклидова расстояния и метод «ближайшего соседа».

Рассмотрим в качестве примера использование предложенной методики для выделения представительных импульсов режима отжига в печи моллирования. Показания термопар, установленных в камере отжига, сильно коррелированы. Теснота связи между показаниями термопар отражена в матрице парных коэффициентов корреляции (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Матрица парных коэффициентов корреляции температуры в камере отжига печи моллирования

Термопары	Z1920			Z2121			<i>RET</i>	<i>F (PV)</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		
<i>A</i>	1,00	0,65	0,77	0,46	0,45	0,43	-0,02	-0,22
<i>B</i>	0,65	1,00	0,92	0,66	0,68	0,68	0,07	-0,02
<i>C</i>	0,77	0,92	1,00	0,72	0,65	0,69	-0,05	-0,04
<i>A</i>	0,46	0,66	0,72	1,00	0,74	0,86	-0,08	0,12
<i>B</i>	0,45	0,68	0,65	0,74	1,00	0,73	0,02	0,21
<i>C</i>	0,43	0,68	0,69	0,86	0,73	1,00	0,07	0,29
<i>RET</i>	-0,02	0,07	-0,05	-0,08	0,02	0,07	1,00	0,33
<i>F (PV)</i>	-0,22	-0,02	-0,04	0,12	0,21	0,29	0,33	1,00

Для объединения термопар в группы по близким показаниям был использован кластерный анализ. Результат кластерного анализа для температур камеры отжига представлен на рис. 3.18.

На рисунке видны четыре сформированных кластера, которые включают в себя значения температур в камере отжига. О степени различия между показаниями термопар можно судить по величине расстояния (*Distance*) между кластерами. Чем больше расстояние, тем сильнее различимы между собой элементы кластеров. В каждом кластере можно выбрать наиболее информативный сигнал. На дендрограмме переменные *z19z20c*, *z19z20b* и *ret* наиболее удалены от других переменных, следовательно, их можно брать в качестве представительных импульсов. Проблема состоит в выборе наиболее информативного сигнала в кластере, в который вошли элементы *z19z20a*, *z21z22a*, *z19c*, *z21z22B* и *f*.

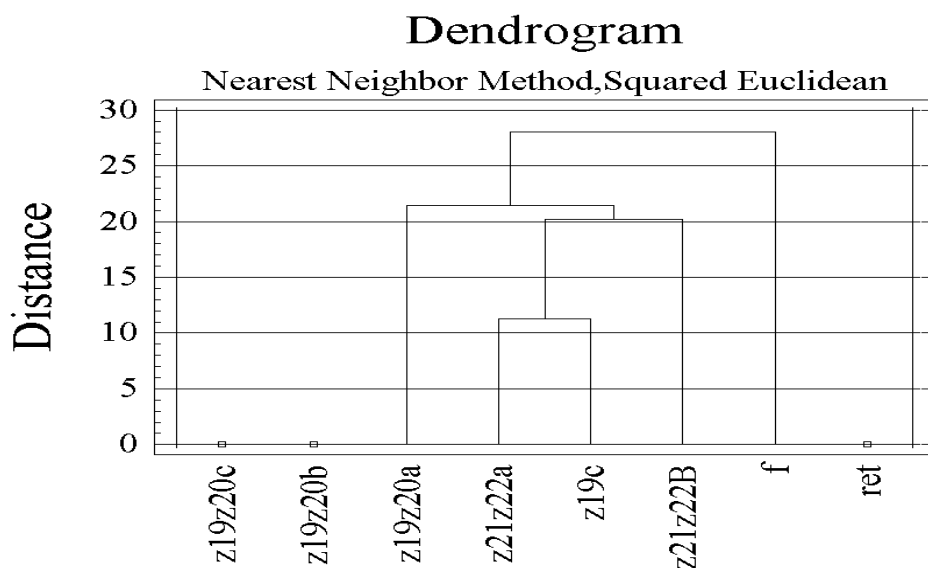


Рис. 3.18. Дендрограмма температур в камере отжига

Для решения этой задачи был проведен множественный корреляционный анализ. Вычислялись частные коэффициенты корреляции между элементами анализируемого кластера. Оценкой степени связанности служит выборочный множественный коэффициент корреляции. В результате расчетов были получены следующие значения коэффициентов корреляции для каждого элемента из кластера: $R_{z19z20a} = 0.75$, $R_{z21z22a} = 0.91$, $R_{z19c} = 0.86$, $R_{z21z22B} = 0.89$, $R_f = 0.75$.

Как видно, у переменной z_{21z22a} значение множественного коэффициента корреляции самое высокое, то есть она наиболее тесно связана со всеми остальными переменными своего кластера. Показания термопары z_{21z22a} – наиболее информативный сигнал в анализируемом кластере.

Таким образом, для дальнейшего контроля температурного режима камеры отжига, вместо 8 датчиков достаточно иметь 4 информативных сигнала. С использованием описанной методики были проанализированы режимы камер предварительного нагрева и главной камеры.

В результате обработки исходных данных было выделено 38 представительных импульсов (вместо 150), достаточных для контроля температурного режима моллирования. В табл. 3.3 приведены выделенные информативные датчики температур для печи моллирования.

Таблица 3.3

Информативные датчики контроля температурного режима моллирования

Камера предварительного нагрева. Сводовые термопары						
Термопара	<i>AZ1</i>	<i>AZ2Z3</i>	<i>BZ4Z5</i>	<i>AZ8Z9</i>	<i>BZ8Z9</i>	<i>CZ8Z9</i>
Код	14	15	16	17	18	19
Камера предварительного нагрева. Подовые термопары						
Термопара	<i>AZ1</i>	<i>BZ2Z3</i>	<i>BZ4Z5</i>	<i>AZ8Z9</i>	<i>BZ8Z9</i>	<i>CZ8Z9</i>
Код	20	21	22	23	24	25
Главная камера. Сводовые термопары						
Термопара	<i>AZ10Z11</i>	<i>CZ12Z13</i>	<i>DZ12Z13</i>	<i>CZ14Z15</i>	<i>AZ16Z17</i>	<i>HZ10Z11</i>
Код	26	27	28	29	30	31
Термопара	–	<i>JZ12Z13</i>	<i>HZ14Z15</i>	<i>BZ18</i>	<i>FZ10Z11</i>	<i>EZ14Z15</i>
Код	–	32	33	34	35	36
Главная камера. Подовые термопары						
Термопара	<i>AZ10Z11</i>	<i>CZ12Z13</i>	<i>DZ12Z13</i>	<i>CZ14Z15</i>	<i>AZ16Z17</i>	<i>HZ10Z11</i>
Код	37	38	39	40	41	42
Термопара	–	<i>JZ12Z13</i>	<i>HZ14Z15</i>	<i>BZ18</i>	<i>FZ10Z11</i>	<i>EZ14Z15</i>
Код	–	43	44	45	46	47
Камера отжига						
Термопара	<i>CZ19Z20</i>	<i>AZ21Z22</i>	<i>RET</i>	<i>F</i>	–	–
Код	48	49	50	51	–	–

Отлаженность процесса оценивалась по статистическим данным температурного режима работы печи моллирования, по показаниям

информативных датчиков с использованием методов статистического контроля.

Статистические оценки температурного режима камеры предварительного нагрева приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Статистические оценки температурного режима камеры предварительного нагрева

Камера предварительного нагрева. Сводовые термопары						
Термопара	AZ1	AZ2Z3	BZ4Z5	AZ8Z9	BZ8Z9	CZ8Z9
Средняя температура, °С	369,7	483,4	582	625,8	701	626
Стандартное отклонение	5,6	14,2	17	3,1	4,4	2,5
Коэффициент вариации, %	1,5	2,9	2,9	0,5	0,6	0,4
Показатель асимметрии	2,1	-29,5	-20,2	16,7	16,4	13
Эксцесс	3,1	103,3	46,7	32,7	28,9	19,5
Камера предварительного нагрева. Подовые термопары						
Термопара	AZ1	BZ2Z3	BZ4Z5	AZ8Z9	BZ8Z9	CZ8Z9
Средняя температура, °С	376	446	496	576	576	556
Стандартное отклонение	2,6	3	4	2,9	4,3	6,8
Коэффициент вариации, %	0,7	0,7	0,8	0,5	0,75	1,2
Показатель асимметрии	14,9	15,3	2,42	13,8	15,7	21,8
Эксцесс	24,4	25,9	12,8	21,1	36,3	58,8

Температурный режим в камере предварительного нагрева характеризуется стационарностью и высокой точностью. Коэффициент вариации температур относительно среднего уровня не превышает 2,9 %. Плотность вероятностей распределения температуры в контролируемых точках камеры предварительного нагрева отличается от нормального закона распределения, на что указывают расчетные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса (см. табл.3.4). Для нормального закона распределения эти коэффициенты должны равняться нулю.

Для примера на рис. 3.19 приведена гистограмма распределения отклонения показаний термопары *BZ4Z5*, установленной в своде камеры предварительного нагрева. Распределение характеризуется отрицательной асимметрией (расчетный показатель асимметрии равен минус 20,2) и большой вершинностью (эксцесс распределения равен 46,7).

Как показали проведенные расчеты, температурный режим в главной камере и камере отжига тоже характеризуется стационарностью и высокой точностью. Коэффициент вариации температур отно-

сительно среднего уровня не превышает 3,1 % в главной камере и достигает 10,6 % в камере отжига. Плотность вероятностей распределения температуры в контролируемых точках отличается от нормального закона.

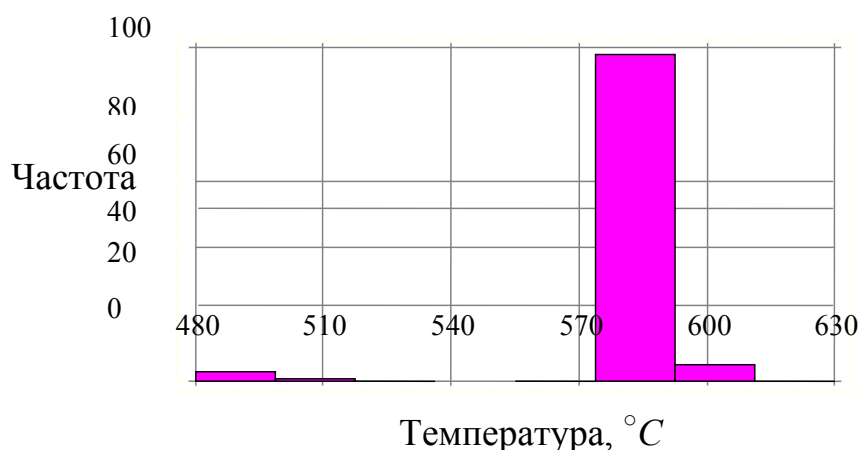


Рис. 3.19. Распределение отклонений показаний термопары *BZ4Z5*, установленной в своде камеры предварительного нагрева

Отличие распределения от нормального закона делает некорректным использование известных методик оценки точности и стабильности процессов, рассчитанных на нормальный закон распределения анализируемых параметров.

Стабильность и точность процессов – основные показатели исполнения технологического процесса производства триплекса и во многом, но не полностью, определяют показатели качества производимой продукции, так как на качество могут влиять и другие факторы. Поэтому важно оценивать отлаженность и настроенность технологического процесса по свойствам произведенной продукции и уровню дефектности.

3.4. Оценка отлаженности и настроенности технологических процессов по характеристикам произведенной продукции и уровню дефектности

Технические условия на многослойные автомобильные стекла определяют требования к напряжениям в зоне кромки 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 контролируются в 12 точках вдоль кромки изделия (по периметру), как показано на рис. 3.20.

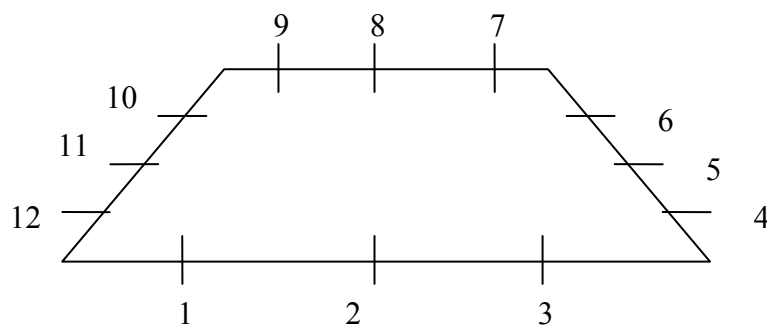


Рис. 3.20. Точки контроля напряжений в стекле

Для уменьшения размерности решаемой задачи и выбора представительных (наиболее информативных) точек контроля в работе проводился анализ вероятностной зависимости результатов измерений [62]. По результатам анализа напряжений в выбранных точках оценивалась стабильность и точность процесса моллирования.

Для статистического анализа из генеральной совокупности отбиралась выборка за 42 смены работы производства. С помощью множественного корреляционного анализа оценивалась теснота связи между поверхностными напряжениями сжатия, измеренными в 12 точках по периметру изделия. Как показали расчеты, матрица парных коэффициентов корреляции является мультиколлениарной – в ней содержатся сильно коррелированные связи между измерениями в ряде точек, образующих группы (кластеры).

Для уточнения содержания групп использовался кластерный анализ, который определил четыре кластера: в первый вошли точки 1, 2, 3; во второй – точки 4, 5, 6; в третий – 7, 8, 9 и в четвертый – 10, 11, 12. Среди точек каждого кластера выбирался представительный импульс по максимальному значению коэффициента множественной корреляции с точками своей группы. Такими информативными импульсами о поверхностном напряжении сжатия стали измерения в точках: 1, 5, 7, 11 по контуру изделия.

Точность технологического процесса моллирования характеризуется степенью соответствия измеренных значений напряжения сжа-

тия допустимым значениям, указанным в технической документации. Точность определялась по значению коэффициента вариации K_δ поверхностных напряжений в измеряемых точках:

$$K_\delta = (S_y/y_{cp})100 \%, \quad (3.6)$$

где S_y – стандартное отклонение контролируемого параметра;

y_{cp} – среднее арифметическое значение контролируемого параметра.

Временная стабильность процесса моллирования оценивалась по отсутствию тренда в измерениях поверхностных напряжений.

В качестве показателя отлаженности процесса моллирования, с учетом его перенастроек на выработку изделий разных типов, выбирался коэффициент межнастроечной стабильности $K_{мс}$, который позволяет сравнивать стабильность процесса в настройках [59]:

$$K_{мс} = S_1/S_n, \quad (3.7)$$

где S_1, S_n – средние квадратичные отклонения параметра после первой и последней настроек процесса.

Показатели точности и стабильности процесса моллирования, рассчитанные по изменению величины поверхностных напряжений сжатия в изделии, сведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Оценки точности и стабильности процесса моллирования по напряжению сжатия в кромке стекла

Параметры процесса	Точки измерения напряжений сжатия			
	1	5	7	11
K_δ	0,13	0,18	0,21	0,15
Тренд	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
$K_{мс}$	1,02	1,55(-)	1,26	1,36(-)

Примечание: (-) показывает уменьшение стандартного отклонения напряжения сжатия в последней настройке.

Как следует из табл. 3.5, изменение поверхностных напряжений сжатия в стекле K_δ удовлетворяет соотношению $0,21 \geq K_\delta \geq 0,13$, что характеризует удовлетворительную однородность данных [59].

Отлаженность технологического процесса моллирования достаточно высокая. Коэффициенты межнастроечной стабильности $K_{мс}$, рассчитанные по данным декабря и февраля месяца, характеризуют однородность дисперсий поверхностных напряжений сжатия в изделии (при уровне значимости 5 %), что характеризует отлаженность процесса моллирования.

Распределение поверхностных напряжений сжатия вдоль кромки стекла показано на рис. 3.21. График отражает поле рассеяния напряжений и приведена также на графике кривая, аппроксимирующая значения средних напряжений в точках контроля.

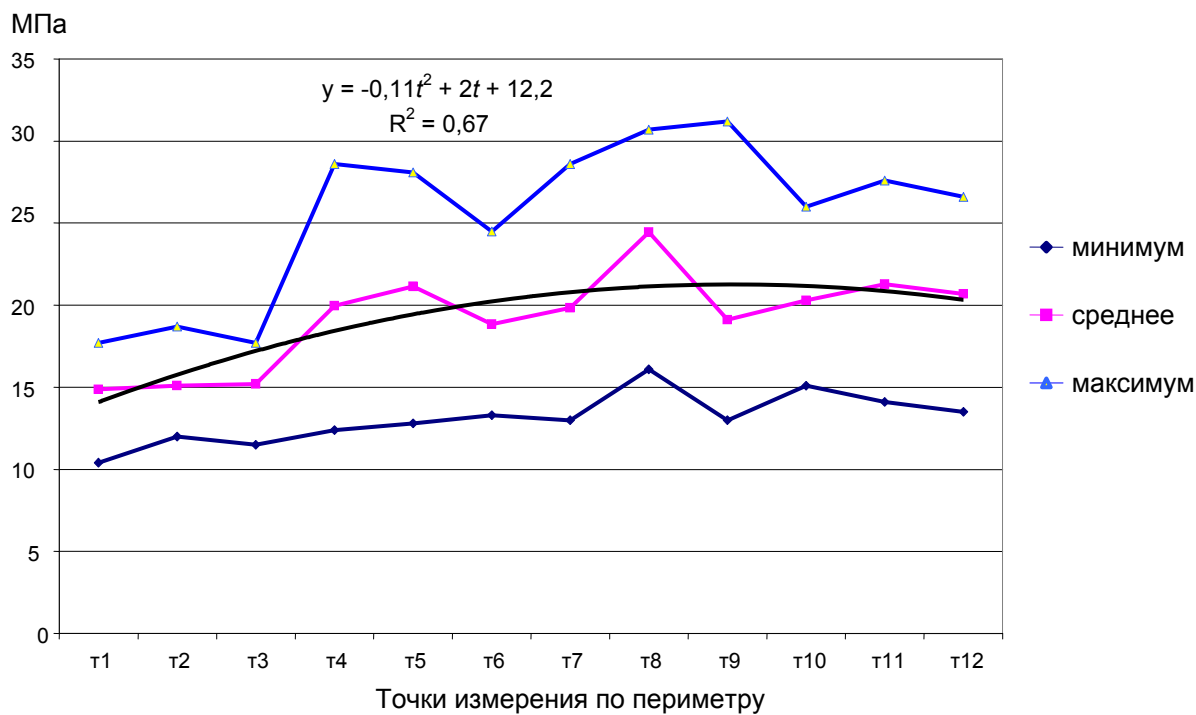


Рис. 3.21. Распределение напряжений сжатия вдоль кромки стекла

В соответствии с техническими требованиями поверхностные напряжения сжатия должны равномерно распределяться вдоль кромки стекла. Характер распределения можно оценивать по уравнению регрессии, описывающему зависимость среднего напряжения от координат точек измерения:

$$y = -0,11x^2 + 2x + 12,2 .$$

В качестве оценки равномерности распределения также можно выбрать максимальное по модулю изменение напряжений сжатия в смежных точках на кромке стекла. Наибольшее изменение по модулю значения среднего напряжения сжатия в анализируемой выборке зарегистрировано между точками 8 и 9, которое составило величину 5,34 МПа.

Поверхностные напряжения растяжения должны соответствовать требованиям, указанным в технических условиях на изделие и иметь равномерное распределение вдоль кромки стекла. Напряжение

не должно превышать заданной величины 4 МПа. Напряжение измеряется в 12 точках по периметру стекла (см. рис. 3.20). Статистика изменения напряжений в зеленом стекле марки ВАЗ 2110, выработанном в течение двух месяцев, приведена в табл. 3.6.

Таблица 3.6
Изменение напряжений растяжения в
вырабатываемом стекле

Точки контроля	Среднее значение, МПа	Дисперсия, (МПа) ²
1	2,4	0,91
2	1,8	0,6
3	2,6	0,92
4	2,3	0,67
5	2,1	0,62
6	2,5	0,63
7	3,5	0,58
8	3,8	0,54
9	3,9	0,37
10	2,7	0,83
11	2,6	0,65
12	2,7	1,1

Проверка однородности дисперсий напряжений растяжения в точках измерения показала на ее однородность, что подтверждает отсутствие разладки процесса моллирования по рассеиванию напряжений растяжения в изделии. Эквивалентная дисперсия разброса напряжений во всех точках измерения составила величину 0,7 (МПа²).

Изменение среднего значения и размаха напряжения растяжения по периметру стекла графически отражено на рис. 3.22. На поле рисунка

приведена аппроксимирующая зависимость изменения среднего арифметического значения напряжения по периметру стекла. Данная зависимость позволяет оценить изменение среднего значения напряжений в точках контроля.

Как видно из графика, максимальное значение напряжения находится в 9-й точке измерения, минимальное – во 2-й (см. табл. 3.6). Проверку гипотезы о равенстве средних значений напряжений в точках измерения 9 и 2 проведем с использованием *t*-критерия Стьюдента [63]:

$$t = \frac{\bar{x}_9 - \bar{x}_2}{\sqrt{n_2 s_2^2 + n_9 s_9^2}} \sqrt{\frac{(n_2 + n_9 - 2)}{n_2 + n_9}}, \quad (3.8)$$

где \bar{x}_2 , \bar{x}_9 – среднее арифметическое значение напряжений в точках измерения 2 и 9 соответственно;

s_2^2 , s_9^2 – оценки дисперсий напряжений в точках измерения 2 и 9;

n_2, n_9 – количество измерений в каждой точке контроля в нашем случае равно 41.

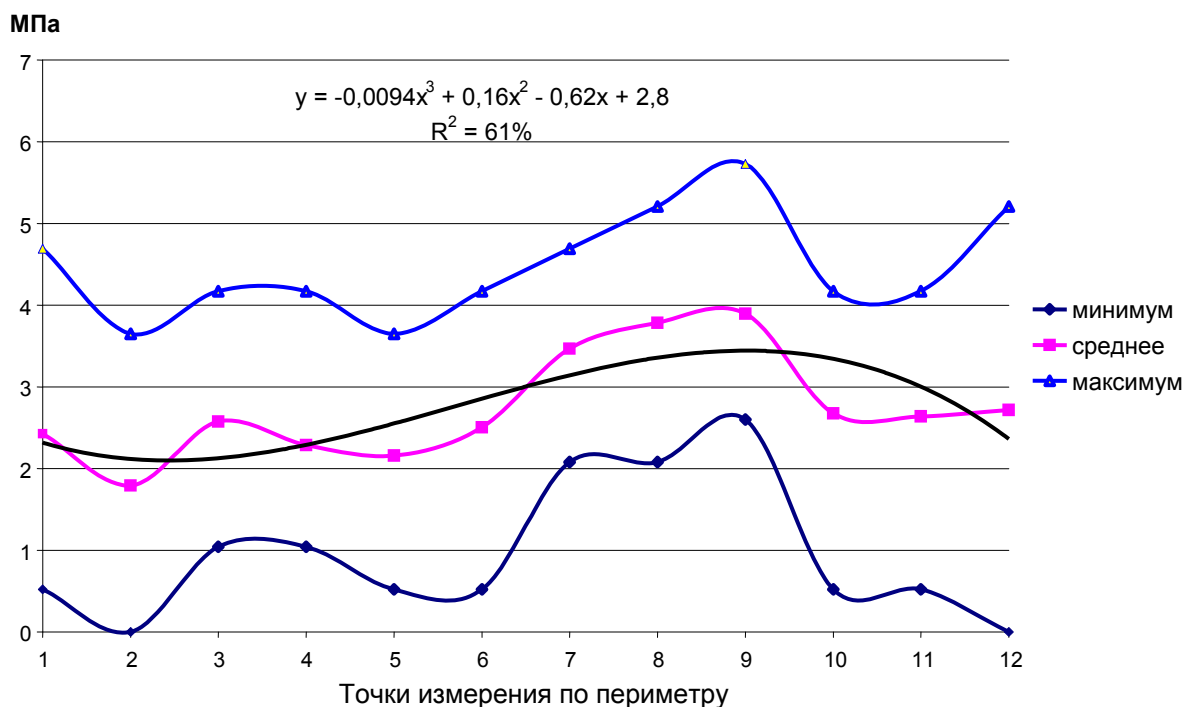


Рис. 3.22. Распределение напряжений растяжения вдоль кромки стекла

Расчетное значения $t = 13,6$ больше табличного значения $t_{\tau} = 1,96$ для уровня значимости 5 % и числа степеней свободы 80, что показывает на значимое расхождение средних напряжений в точках измерения. Изменение напряжения вдоль кромки стекла описывается регрессионной зависимостью

$$Y = 2,8 - 0,62x + 0,16x^2 - 0,094x^3, \quad (3.9)$$

где x – координаты точек контроля, 1, 2, ... 12.

Уравнение (3.9) адекватно описывает изменение напряжений растяжения в кромке стекла. Коэффициент детерминации равен $R^2 = 61\%$, что характеризует приемлемую точность модели.

Для уменьшения числа точек контроля и выбора наиболее информативных импульсов была применена методика, основанная на использовании методов многомерного статистического анализа. В результате проведенного анализа для контроля напряжения растяжения были выбраны следующие информативные импульсы: 1-я точка, 5-я точка, 8-я точка и 11-я.

Точность и стабильность технологического процесса может оцениваться также и по показателям свойств произведенной продук-

ции. При этом используется количественный метод оценивания на основе показателей уровней дефектности [59]. В качестве примера приведем оценку процесса моллирования по выдерживанию напряжения растяжения в кромке стекла (не более 4 МПа) в соответствии с требованиями технических условий на изделие.

Для оценки были использованы среднесменные результаты контроля вырабатываемой продукции за восемь месяцев работы цеха триплекса. Технологический процесс производства признается достаточно точным и стабильным, если частота превышения напряжений растяжения в стекле не будет превышать нормативного уровня

$$U_i = N_i / N < U_n, \quad i=1, 2, \dots, 12, \quad (3.10)$$

где U_i – частота превышения напряжений растяжения допустимого значения по результатам измерения в i -й точке контроля;

U_n – нормативный уровень;

N – общее количество смен в расчетном периоде;

N_i – количество смен с превышением напряжений растяжения в стекле допустимого уровня в i -й точке контроля.

Расчетные оценки, полученные по 107 сменным показателям частоты превышения напряжения растяжения в стекле, приведены в табл. 3.7, из которой следует, что наиболее частые нарушения ограничений требований по допустимой величине напряжений растяжения (не более 4 МПа) были в 8-й точке контроля.

Таблица 3.7

Свойство вырабатываемого стекла по напряжению растяжения в точках контроля

Точки контроля	1	5	8	10	В целом по стеклу
Количество смен с превышением напряжений заданного уровня	9	2	27	7	41
Частота превышения верхнего предела	0,084	0,019	0,252	0,065	0,383
Среднее значение напряжения, МПа	2,52	2,29	3,32	2,52	-
Коэффициент вариации напряжения, %	35	37	25,6	35,6	-

График изменения напряжения растяжения в 8-й точке контроля во времени показан на рис. 3.23, из которого видно, что точность и стабильность технологического процесса, оцениваемая по изменению напряжения растяжения в кромке стекла (в сменах), невысокая. Во временном ряду присутствует трендовая составляющая, описываемая линейной функцией

$$Y = 3,9 - 0,01x, \quad (3.11)$$

где x – номера смен по порядку, 1, 2, ..., 107.

Коэффициент вариации напряжения растяжения в точках контроля высокий, находится в пределах от 25,6 % до 37 %.

Анализ технологического процесса моллирования по показателю свойства продукции, оцениваемой величиной напряжений в кромке стекла, показал на недостаточную точность и стабильность процесса, что требует принятия решений по повышению стабильности и точности процесса.

Точность и стабильность технологического процесса может оцениваться также на основе показателей уровня дефектности. На производстве имеется справочник вида дефектов. Каждый вид дефекта имеет код. Всего видов дефекта 82, они закодированы с использованием порядковой системы классификации, начиная с кода 4001 – бой заготовок стекла на пирамидах, до 4082 – брак автоматической резки и мойки стекла. Дефекты, обнаруженные в процессе контроля на машинах, оперативно регистрируются информационной системой GP2000.

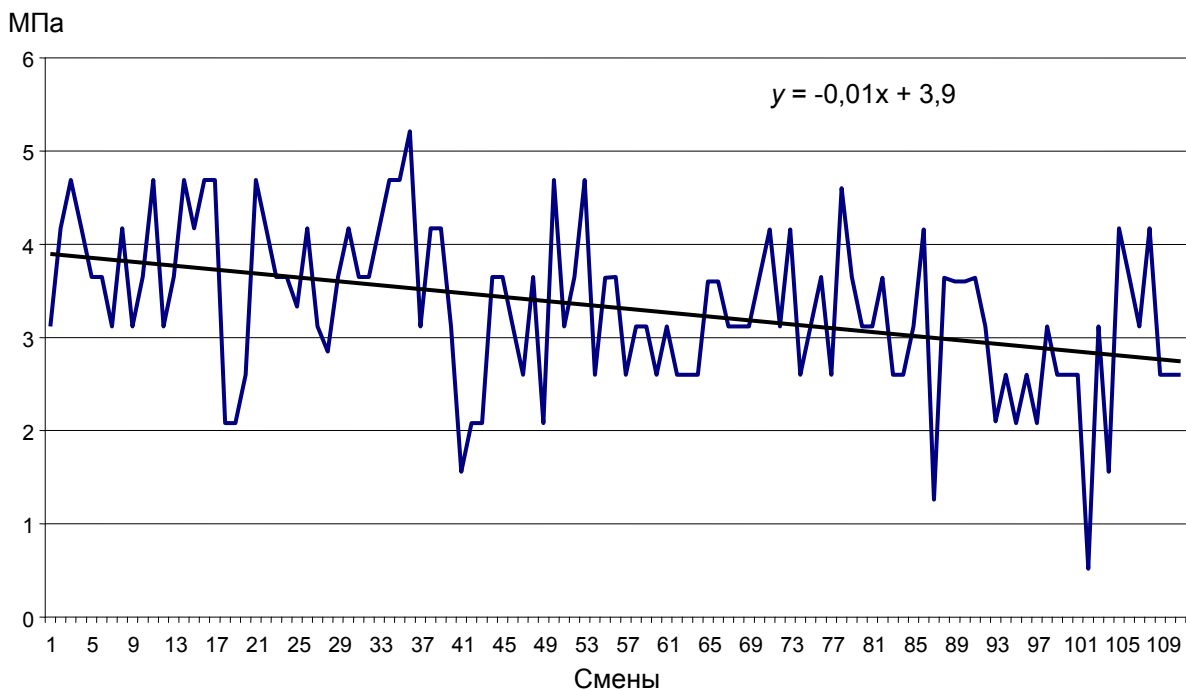


Рис. 3.23. Изменение во времени напряжения растяжения в 8-й точке контроля на кромке стекла

Частота появления дефектов, с указанием кода машин технологической линии (для дефектов с долей больше 0,05 от общего количества обнаруженных дефектов), приведена в табл.3.8.

С использованием расчетных данных построена диаграмма Парето, на которой отображен ранжированный ряд вида дефектов (рис. 3.24). Наиболее часто встречаются дефекты с кодом 4001 – бой заготовок стекла на пирамидах, дефекты вскрыты при контроле на машинах 4С1 – резка и 4V1 – упаковка. Доля этого вида дефекта в общем количестве дефектов составляет 9,85 %. Затем следуют дефекты с кодом 4018 – дефекты печати – 7,92 %, 4060 – брак после проведения экспериментальных работ по испытанию стекол – 6,18 %, 4005 – царапины предыдущего участка – 6,07 %, 4032 – грязь – 5,43 %, 4010 – сколы предыдущего участка – 4,95 %.

Анализ технологического процесса по показателям свойств произведенной продукции и уровню дефектности показал на недостаточную его отлаженность и настроенность. Для и поиска путей дальнейшего улучшения качества вырабатываемой продукции была использована методика моделирования процесса моллирования многослойного стекла.

Таблица 3.8

Частота доли появления вида дефектов по отношению к общему количеству обнаруженных дефектов

Код	4001	4018	4060	4005	4032	4010
Доли	0,0985	0,0792	0,0618	0,0607	0,0543	0,0495
Машина	4С1,4V1	4А1,4F1	4А1	4А1,4V1,4P1	4V1	4А1,4P1

Примечание. Коды машин технологической линии: 4С1 – резка, 4P1 – печать, 4F1 – печь моллирования, 4А1 – пакетирование, 4V1 – упаковка.

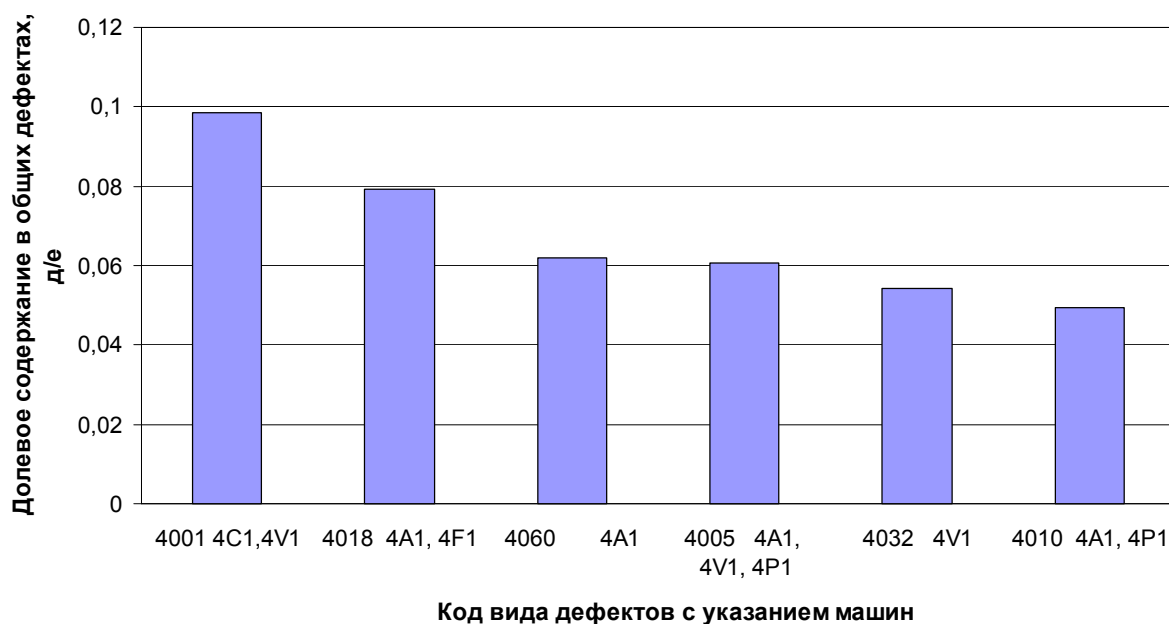


Рис. 3.24. Диаграмма Парето вида дефектов в общем количестве обнаруженных дефектов в процессе выработки стекол

3.5. Разработка математических моделей, описывающих зависимость параметров многослойного безопасного стекла от режима моллирования

Проведенный анализ качества технологической системы и технологических процессов показал на недостаточную стабильность и точность параметров изготавливаемого многослойного стекла. Для выработки корректирующих действий по дальнейшему улучшению качества продукции необходимы математические модели, описывающие зависимость параметров стекла от режима ведения технологического процесса. Ввиду того что параметры стекла зависят не только от режимных переменных, но и от многих других факторов, для построения моделей воспользуемся статистическими данными измерений контролируемых величин в процессе производства. С учетом стабильности и точности технологических режимов для описания параметров стекла выбираем линейные уравнения регрессии.

В технологическом процессе производства многослойного стекла используется многомерный контроль параметров вырабатываемой продукции. Проведенные выше исследования показали возможность уменьшения точек контроля напряжения в кромке стекла (по периметру) с 12 до 4. Тем не менее, контроль остается многомерным и для математического описания зависимостей необходимо использовать систему независимых уравнений, в которой каждая зависимая переменная y_i ($i=1, \dots, n$) представляется как функция одного и того же набора независимых переменных x_j ($j=1, \dots, m$):

$$\begin{aligned} y_1 &= a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1m} x_m + \varepsilon_1 \\ y_2 &= a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2m} x_m + \varepsilon_2 \\ \dots &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ y_n &= a_{n1} x_1 + a_{n2} x_2 + \dots + a_{nm} x_m + \varepsilon_n. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Каждое уравнение системы (3.12) можно рассматривать самостоятельно как уравнение регрессии. В него может быть введен свободный член, коэффициенты регрессии находятся методом наименьших квадратов (МНК).

Качество процесса производства 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. Допускаемые по техническим условиям отклонения стекла для автомобиля ВАЗ 2110

составляют от 4 до 8 мм. Результаты измерений в этих точках сильно коррелированы между собой, что позволяет ограничиться контролем провиса в середине стекла.

Для анализа стабильности процесса и установления зависимости величины провиса от режима моллирования были использованы статистические данные производства ветрового стекла ВАЗ 2110 в течение восьми месяцев [65]. Среднее арифметическое значение провиса в вырабатываемой продукции за анализируемый период составило 6,1 мм со стандартным отклонением 0,49 мм. Расчетные значения показателей отлаженности технологического процесса сведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Расчетные характеристики стабильности и точности процесса моллирования, оцененные по провису стекла

Показатели отлаженности процесса	Коэффициент смещения K_c	Коэффициент временной стабильности $K_c(t)$	Коэффициент точности K_T	Коэффициент вариации $\delta, \%$
Расчетные значения показателей	0,03	0,67	0,6	8

Возможность управления точностью процесса оценивается с помощью коэффициента запаса точности $K_{зт}$, вычисляемого по формуле [59]

$$K_{зт} = 0,5 - K_c - 0,5K_T = 0,5 - 0,03 - 0,5 \cdot 0,6 = 0,17.$$

Сравнение расчетных данных с нормативными значениями

$$K_c < 0,05,$$

$$K_T < 0,6,$$

$$K_{зт} \geq 0,17$$

позволяет отнести моллирование к процессам с повышенной точностью и удовлетворительной стабильностью.

Для оценки воспроизводимости процесса воспользуемся статистическим показателем C_R , вычисляемым по формуле

$$C_R = 6S/T = 6 \cdot 0,49/4 = 0,73, \quad (3.13)$$

где $T=8 - 4=4$ – поле допуска отклонения провиса стекла, мм;

$S=0,49$ – стандартное отклонение провиса стекла, мм.

Если с течением времени будет выполняться соотношение $C_R < 0,75$, то процесс будет воспроизводимым и управляемым, как в рассматриваемом случае.

Для построения математической модели провиса использовали показания информативных термопар, установленных в камерах печи моллирования.

В результате обработки статистических данных в течение 96 смен работы цеха получено следующее уравнение регрессии:

$$y = 2,2 - 0,008T_{15} - 0,005 T_{16} + 0,056 T_{17} - 0,11 T_{19} + 0,027 T_{22} + 0,005 T_{23} - 0,131 T_{26} + 0,021 T_{27} - 0,045 T_{28} + 0,008 T_{32} + 0,021 T_{33} + 0,185 T_{37} + 0,001 \cdot T_{38} - 0,013 T_{45} - 0,026 T_{48} + 0,04 T_{49}. \quad (3.14)$$

где y – величина провиса, мм;

T_i – температура в камерах печи моллирования, °С;

i – код термопары по табл. 3.3.

Для оценки качества модели множественной регрессии вычислялся коэффициент детерминации $R^2 = 59,4$ %. Значимость коэффициента оценивалась по критерию Фишера. Расчетное значение коэффициента $F_p = 7,2$ больше табличного $F_T = 1,77$ при уровне значимости 5 %. Это позволяет модель (3.14) считать значимой. Средняя абсолютная погрешность описания моделью данных провиса составляет 0,22 мм, что соответствует предъявляемым требованиям.

Коэффициенты уравнения регрессии отражают влияние изменения температуры на величину провиса. Они показывают, на сколько миллиметров изменяется провис стекла при изменении температуры в печи моллирования на один градус.

Контроль напряжений растяжения в стекле проводится в 12 точках по периметру. Исследованиями было показано, что напряжения достаточно контролировать в четырех точках: 1, 5, 8, 10 (см. рис. 3.20) по периметру в кромке стекла.

Для построения регрессионных уравнений, описывающих зависимость напряжения растяжения от режима моллирования, были использованы статистические данные производства ветрового стекла ВАЗ 2110 в течение восьми месяцев.

В результате обработки статистических данных выработки многослойного стекла получена система независимых уравнений регрессии, описывающая напряжения растяжения в контрольных точках:

$$y_1 = -276,9 - 0,031T_{14} - 0,218T_{18} + 0,19T_{19} + 0,202T_{20} + 0,005T_{23} - 0,057T_{24} + 0,125T_{26} - 0,151T_{30} - 0,012T_{31} + 0,379T_{36} - 0,496T_{37} - 0,052T_{39} + 0,035T_{41} + 0,006T_{42} - 0,013T_{43} + 0,02T_{45} + 0,538T_{47} - 0,047T_{50}, \quad (3.15)$$

оценки уравнения: $R^2 = 44 \%$, $F = 3,55$, $S_e = 0,61$ МПа, $\bar{e} = 0,44$ МПа, $dw = 2,17$;

$$y_5 = 111,8 + 0,13T_{19} - 0,203T_{21} + 0,076T_{22} - 0,008T_{23} + 0,046T_{24} - 0,149T_{28} - 0,185T_{30} + 0,076T_{33} + 0,032T_{35} + 0,005T_{38} - 0,041T_{39} + 0,006T_{42} + 0,033T_{48}, \quad (3.16)$$

оценки уравнения: $R^2 = 38 \%$, $F = 4,1$, $S_e = 0,64$ МПа, $\bar{e} = 0,49$ МПа, $dw = 2,42$;

$$y_8 = 308,6 - 0,044T_{14} - 0,012T_{15} + 0,1T_{17} - 0,24T_{21} + 0,27T_{24} - 0,058T_{25} - 0,27T_{26} + 0,125T_{27} + 0,145T_{28} + 0,3T_{30} + 0,02T_{32} - 0,104T_{34} + 0,046T_{35} - 0,2T_{36} - 0,527T_{37} - 0,003T_{38} - 0,046T_{41} - 0,129T_{44} + 0,096T_{45}, \quad (3.17)$$

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

$$y_{10} = 179,2 - 0,017T_{15} - 0,124T_{17} + 0,269T_{18} - 0,3T_{19} - 0,044T_{26} + 0,204T_{28} + 0,4T_{30} - 0,012T_{32} - 0,316T_{36} + 0,412T_{37} + 0,003T_{38} + 0,14T_{39} - 0,078T_{41} - 0,101T_{44} - 0,68T_{47} - 0,077T_{49}, \quad (3.18)$$

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 $F_T = 1,8$ при уровне значимости 5 %. Разработанные модели (3.15) – (3.18) считаются значимыми. Значимость отдельных коэффициентов регрессии проверялась по t -статистике. В структуре моделей все коэффициенты значимы при уровне значимости 5 %.

Средняя абсолютная погрешность \bar{e} описания моделями данных напряжений растяжения находится в пределах от 0,42 до 0,49 МПа, что удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Как показал проведенный анализ (см. п.3.4), отлаженность технологического процесса моллирования по поверхностным напряжениям сжатия в кромке стекла достаточно высокая. В зоне кромки шириной

20 мм напряжения больше 10 МПа, что удовлетворяет техническим требованиям на изделие. Для построения регрессионных уравнений, описывающих зависимость напряжения сжатия от режима моллирования, были использованы статистические данные выработки ветрового стекла ВАЗ 2110 в течение 8 месяцев. В результате обработки экспериментальных данных получена система независимых уравнений регрессии, описывающая напряжения сжатия в контрольных точках:

$$y_1 = -302 + 0,064T_{14} + 0,0398T_{15} - 0,039T_{16} - 0,49T_{18} + 0,766T_{19} + 0,086T_{27} - 0,1T_{35} + 0,281T_{36} - 0,15T_{39} + 0,11T_{44}, \quad (3.19)$$

оценки уравнения: $R^2 = 39,6 \%$, $F = 5,9$, $S_e = 1,4$ МПа, $\bar{e} = 1,1$ МПа, $dw = 1,7$;

$$y_5 = 1276 + 0,2T_{14} + 0,08T_{15} - 0,036T_{16} - 3,12T_{17} + 1,4T_{19} + 0,94T_{20} + 0,315T_{25} + 0,173T_{27} + 0,072T_{31} + 0,103T_{34} - 1,32T_{37} - 0,017T_{38} - 0,161T_{39} - 0,061T_{46}, \quad (3.20)$$

оценки уравнения: $R^2 = 53,6 \%$, $F = 7,1$, $S_e = 2,5$ МПа, $\bar{e} = 1,8$ МПа, $dw = 1,8$;

$$y_7 = 186 + 0,507T_{17} + 1,13T_{18} - 1,24T_{19} - 0,9T_{21} + 0,021T_{23} - 0,547T_{26} + 0,232T_{27} + 0,83T_{28} + 1,08T_{30} - 0,053T_{32} - 0,249T_{33} - 0,812T_{36} - 0,429T_{40} - 0,298T_{41} - 0,03T_{42} + 0,273T_{49} - 0,443T_{50}, \quad (3.21)$$

оценки уравнения: $R^2 = 43,6 \%$, $F = 3,8$, $S_e = 3,1$ МПа, $\bar{e} = 2,3$ МПа, $dw = 1,83$;

$$y_{11} = 964,2 - 0,076T_{12} + 0,493T_{13} - 1,09T_{14} + 0,922T_{15} + 0,139T_{21} - 0,324T_{22} + 0,228T_{23} + 0,7992T_{26} + 0,051T_{27} - 0,175T_{29} + 0,243T_{35} + 0,36T_{36} - 0,264T_{37} - 0,03T_{38} - 2,5T_{43}, \quad (3.22)$$

оценки уравнения: $R^2 = 47,4 \%$, $F = 5,2$, $S_e = 2,8$ МПа, $\bar{e} = 2,2$ МПа, $dw = 2,4$.

Значимость полученных моделей регрессии проверялась с использованием F – критерия Фишера. Расчетные значения коэффициентов F больше табличного значения $F_T = 1,8$ при уровне значимости 5 %. Разработанные модели (3.19) – (3.22) считаются значимыми. Значимость коэффициентов регрессии проверялась по t -статистике. В структуре моделей содержатся все значимые коэффициенты при уровне значимости 5 %. Средняя абсолютная погрешность \bar{e} описания модели напряжений сжатия находится в пределах от 1,3 до 2,3 МПа.

Полученные модели в виде систем уравнений регрессии могут использоваться в принятии решений по коррекции технологического режима моллирования при выработке многослойного стекла.

3.6. Использование многофакторных моделей для анализа и принятия решений по коррекции режима моллирования в производстве многослойного стекла

Одна из важнейших целей моделирования заключается в прогнозировании поведения исследуемого объекта. Обычно термин «прогнозирование» используется в тех ситуациях, когда требуется предсказать состояние системы в будущем. Для регрессионных моделей он имеет более широкое значение. Возникает задача оценки значения зависимой переменной для некоторого набора значений независимых, факторных переменных, которых нет в исходных наблюдениях. В этом смысле построение оценки зависимой переменной, понимается как прогнозирование.

При использовании регрессионной модели для прогнозирования делается предположение о сохранении в период прогнозирования существовавших ранее взаимосвязей переменных.

Проведенный в п.3.5 анализ показал достаточно высокую точность процесса моллирования по величине провиса многослойного стекла при удовлетворительной стабильности. Воспроизводимость процесса, оцененная с помощью статистическим показателем C_R , имеет значение, равное 0,73, что близко к критической величине, равной 0,75. Если с течением времени в процессе производства будет возрастать стандартное отклонение провиса, то это может привести к нарушению соотношения $C_R < 0,75$ и, как следствие, процесс может стать не воспроизводимым и не управляемым. Поэтому важно принять меры по повышению точности процесса – уменьшению стандартного отклонения провиса стекла в процессе его производства, то есть создать запас устойчивости, как это принято в системах автоматического управления [66]. Приняв двукратный запас устойчивости, определим допустимое значение коэффициента $C_R^d = 0,75/2 = 0,375$. По формуле (3.13) вычислим допустимое стандартное отклонение провиса в технологическом процессе изготовления стекла:

$$S_y^d = TC_R^d/6 = 4 \cdot 0,375/6 = 0,25 \text{ мм.} \quad (3.23)$$

Характер распределения провиса в процессе производства наглядно отображает гистограмма, приведенная на рис. 3.25. Гистограмма строилась по 103 сменным данным. Провис изменялся в диа-

пазоне от 5,1 до 7,5 мм и находился в допустимом диапазоне изменений. Среднее арифметическое значение провиса равно 6,1мм, стандартное отклонение 0,49 мм.

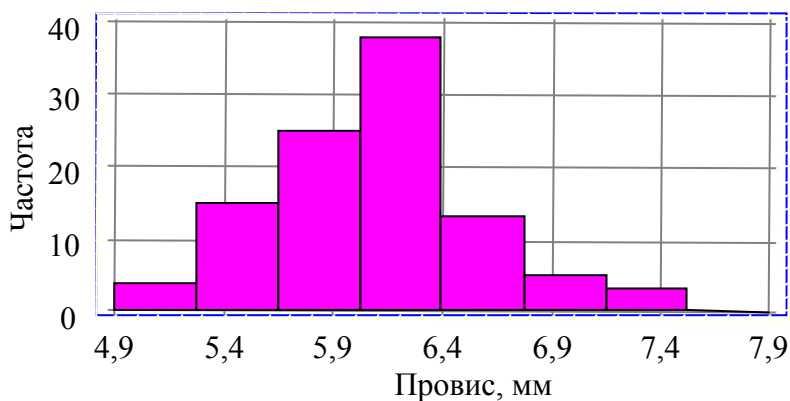


Рис. 3.25. Распределение отклонений провиса многослойного стекла

Соответствие гистограммы провиса нормальному закону распределения оценивается по расчетным значениям коэффициентов асимметрии $A_c = 0,24$ и эксцесса $\mathcal{E}_k = 0,19$. Для оценки степени близости расчетных данных к нулю, что соответствует нормальному закону распределения плотности вероятностей, вычисляются их стандартные отклонения [67]:

$$\begin{aligned} S_a &= 6(n-2)/[(n+1)(n+3)], \\ S_{\mathcal{E}} &= 24n(n-2)(n-3)/[(n+1)^2(n+3)(n+5)]. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Для числа наблюдений $n=103$ получаем $S_a = 0,05$ и $S_{\mathcal{E}} = 0,2$.

Проверим выполнение гипотезы о том, что распределение провиса не противоречит нормальному закону:

$$\begin{aligned} A_c &\leq 1,5S_a, \\ \mathcal{E}_k &\leq 1,5S_{\mathcal{E}}. \end{aligned} \quad (3.25)$$

Для анализируемого случая: соотношение для коэффициента асимметрии $A_c = 0,24 \leq 1,5 \cdot 0,05 = 0,75$ не выполняется, а соотношение для эксцесса $\mathcal{E}_k = 0,19 \leq 1,5 \cdot 0,2 = 0,3$ выполняется. Анализируемое распределение провиса не подчиняется нормальному закону распределе-

ния плотности вероятностей. Длинная часть распределения (см. рис.3.25) лежит справа от центра, равного 6,1 мм, на что указывает положительное значение коэффициента $A_c = 0,24$. Центр распределения практически совпадает с серединой допуска на величину провиса 6 мм. В этом случае нет необходимости в коррекции температурного режима в камерах печи моллирования.

Для уменьшения разброса значений провиса в вырабатываемом стекле необходимо выявить температуры, степень колеблемости которых оказывает наибольшее влияние на колеблемость провиса стекла, и затем принять меры по уменьшению вариации этих температур в технологическом процессе моллирования.

Воспользовавшись арифметическим свойством дисперсии для величины $y = a_j x_j$, можно записать:

$$S_y = abs(a_j) S_{x_j}, \quad (3.26)$$

или в приращениях $\Delta S_y = abs(a_j) \Delta S_{x_j}$,

где ΔS_y – приращение стандартного отклонения переменной y ;

ΔS_{x_j} – приращение стандартного отклонения переменной x_j .

Воспользовавшись формулой (3.26), можно определить температуры в камерах печи моллирования x_j , колебания которой следует уменьшить для обеспечения требуемого значения $S_y^д$:

$$\Delta S_y = S_y - S_y^д = 0,49 - 0,25 = 0,24 \text{ мм.}$$

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом морфологического ящика [45]. Для уменьшения вариации провиса многослойного стекла в процессе изготовления, на основе анализа уравнения регрессии (3.14) определены параметры, от которых зависит решение задачи:

- температура в камере предварительного нагрева;
- температура в главной камере;
- температура в камере отжига.

Проводим деление параметров на их значения и определим влияние вариации температур на вариацию провиса стекла в процессе моллирования (табл. 3.10). Используя данные табл. 3.10, строится морфологический ящик (табл. 3.11), в котором строки представляют классификаторы (датчики температур в камерах) по выбранным признакам.

Таблица 3.10

Влияние изменения температуры в камерах печи моллирования на стандартное отклонение провиса многослойного стекла при выработке

Камеры печи моллирования	Температура в печи моллирования $T, ^\circ\text{C}$	Коэффициент модели, a_j	СКО температуры, $S_{xj}, ^\circ\text{C}$	$Abs(a_j S_{xj})$	Вариационный ряд
Предварительного нагрева	15	-0,0084	2	0,017	–
	16	-0,0054	2,6	0,014	–
	17	0,056	0,2	0,011	–
	19	-0,111	1	0,11	–
	22	0,027	2,4	0,065	–
	23	0,0048	2,4	0,011	–
Главная камера, свод	26	-0,13	4,9	0,637	1
	27	0,021	7	0,147	6
	28	-0,045	4,1	0,184	5
	32	0,0079	15,7	0,124	7
	33	0,021	3,9	0,082	–
Главная камера, под	37	0,185	0,5	0,092	–
	38	0,0013	6,2	0,008	–
	45	-0,013	19,5	0,253	2
Камера отжига	48	-0,026	7,1	0,185	4
	49	0,04	5,1	0,204	3

Термопары располагаются по степени уменьшения влияния вариации температур на провис стекла. Набор значений по одному из каждой строки различных параметров представляет собой возможный вариант решения моделируемой задачи. Наилучший вариант решения находится путем перебора возможных вариантов. Область выбора решений ограничивается за счет исключения явно неприемлемых вариантов: T_{26} , T_{19} и T_{37} , связанных с сильным влиянием погрешностей измерений температуры на величину остаточной дисперсии модели.

Приращение стандартного отклонения переменной y рассчитывается по формуле

$$\Delta S_y \approx \dot{a}_n (abs(a_j^n) S_{xj}^n) + \dot{a}_r (abs(a_j^r) S_{xj}^r) + \dot{a}_o (abs(a_j^o) S_{xj}^o), \quad (3.27)$$

где первое слагаемое отражает влияние колебания температуры в камере предварительного нагрева, второе – в главной камере, третье – в камере отжига.

Таблица 3.11

Морфологическая таблица

Камера печи моллирования	Коды термодиаграмм
Камера предварительного нагрева	T ₁₉ , T ₂₂ , T ₁₅
Главная камера, свод	T ₂₆ , T ₂₈ , T ₂₇ , T ₃₂
Главная камера, под	T ₄₅
Камера отжига	T ₄₉ , T ₄₈

Коэффициенты при слагаемых $\alpha_{п}$, $\alpha_{г}$, $\alpha_{о}$ меньше единицы, отражают величину коррекции стандартного отклонения выбранных температур, соответственно в камерах предварительного нагрева, в главной камере и в камере отжига.

В соответствии с критерием (3.27) для $\alpha_{п}=\alpha_{г}=\alpha_{о}=0,5$ из морфологического ящика (см. табл. 3.11) выбирается вариант решения (T₂₂, T₃₂, T₄₅), обеспечивающий уменьшение стандартного отклонения провиса на величину

$$\Delta S_y \approx 0,5 \cdot 0,065 + 0,5 \cdot 0,124 + 0,5 \cdot 0,253 = 0,22 \text{ мм},$$

что решает поставленную задачу.

Таким образом, для стабилизации провиса вырабатываемого стекла необходимо на печи моллирования предпринять корректирующие действия по уменьшению в два раза колеблемости температур в точках, приведенных в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Корректирующие действия по уменьшению стандартного отклонения провиса многослойного стекла в процессе моллирования

Стандартное отклонение	Температура в печи моллирования T, °C			Провис, мм
	22	32	45	
фактическое	2,4	15,7	19,5	0,49
после коррекции режима	1,2	7,8	9,7	0,27

Как показал анализ отлаженности и настроенности технологического процесса по показателю напряжения растяжения в кромке стекла, процесс моллирования имеет недостаточную точность и стабильность. Коэффициент вариации напряжений растяжения в точках контроля высокий, находится в пределах от 25,6 % до 37 %. Частота превышения допустимого значения напряжения растяжения 4 МПа колеблется от 0,084 до 0,252.

Процесс моллирования по напряжению растяжения в точке контроля характеризуется гистограммой, приведенной на рис. 3.26. По техническим условиям величина напряжений растяжения не должна превышать 4 МПа, то есть должна находиться в пределах от 0 до 4 МПа.

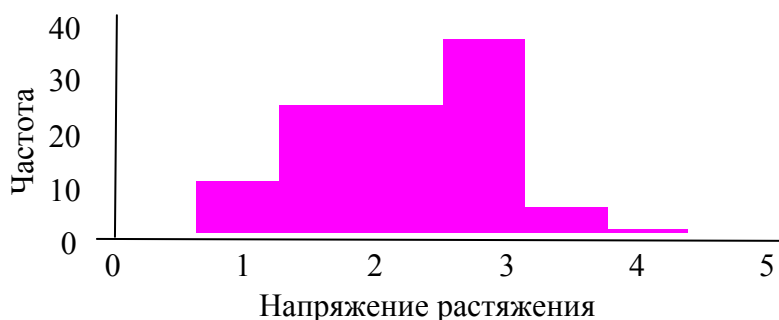


Рис. 3.26. Распределение напряжений растяжения в точке контроля T5

По гистограмме можно судить о состоянии технологического процесса моллирования. Центральные моменты распределения равны $A_c=1,17$ и $\mathcal{E}_k=-1,14$, что указывает на положительную асимметрию и пологую вершинность. Распределение отличается от нормального закона. Среднее значение распределения, равное 2,21 МПа, смещено вправо, не совпадает с центром поля допуска, равным 2 МПа. Ширина распределения ($4,17-1,04 = 3,13$ МПа) не превышает поле допуска, равное 4 МПа. Длинная часть распределения лежит справа от центра, что может привести к увеличению частоты превышения верхнего предельного значения допустимого напряжения по сравнению с фактическими данными, зарегистрированными на производстве. Поэтому необходимо принять корректирующие меры по смещению центра распределения влево на величину 0,61 МПа. При этом распределение будет характеризоваться, при имеющейся точности процесса моллирования, размахом от 0,43 до 3,57 МПа со средним значением 1,6 МПа.

Аналогичная методика была использована при анализе плотности вероятностей распределения напряжения растяжения в остальных точках контроля (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Свойство вырабатываемого стекла по напряжениям растяжения
в точках контроля

Точки контроля T	1	5	8	10
Среднее значение напряжения, МПа	2,24	2,21	3,35	2,52
Минимальное значение напряжения, МПа	1,04	1,04	0,52	0,52
Максимальное значение напряжения, МПа	4,69	4,17	5,21	4,69
Коэффициент асимметрии, A_c	1,57	1,17	-1,42	0,72
Коэффициент эксцесса, Δ_k	0,19	-1,14	1,13	-0,22

Гистограмма распределения напряжений растяжения в точке контроля Т1 отличается от нормального закона распределений плотности вероятностей, на что указывают значения коэффициентов A_c и Δ_k , отличные от нуля. Ширина распределения ($4,69-1,04=3,65$ МПа) не превышает поле допуска, равное 4 МПа. Среднее значение распределения (2,24 МПа) смещено вправо ($A_c > 0$), поэтому возможны превышения верхнего предельного значения допустимого напряжения. Корректирующие меры по смещению центра распределения влево на величину 0,87 МПа обеспечат условия моллирования, при котором ширина распределения напряжений растяжения ($0,17-3,82$ МПа) будет находиться в поле допуска. Среднее значение напряжения растяжения уменьшится до $2,24 - 0,87 = 1,37$ МПа.

Гистограмма распределения напряжений растяжения в точке контроля Т8 также отличается от нормального закона распределений плотности вероятностей, на что указывают значения коэффициентов A_c и Δ_k , отличные от нуля. Ширина распределения ($5,21-0,52=4,69$ МПа) значительно превышает поле допуска, равное 4 МПа. Для уменьшения ширины распределения до величины 3,13 МПа, как это имеет место в точке контроля Т5, необходимо уменьшить колеблемость напряжений растяжений в $4,69/3,13 \approx 1,5$ раза. При этом ширина распределения ($4,43 - 1,3=3,13$ МПа) не будет превышать поля допуска, но выходит за верхнюю границу 4 МПа. Среднее значение распределения останется прежним, равным 3,35 МПа, смещенным вправо. Потребуется дополнительные корректирующие меры по смещению среднего значения распределения влево на величину 0,87 МПа. После проведения этих корректировок ширина распределения напряжений растяжения станет ($0,43 - 3,56$ МПа) и будет находиться в поле допуска. Среднее значение напряжения растяжения уменьшится до величины 2,48 МПа.

Гистограмма распределения напряжений растяжения в точке контроля Т10 тоже отличается от нормального закона, на что указывают значения коэффициентов $A_c=0,72$ и $\mathcal{E}_k = -0,22$. Ширина распределения равна $4,69-0,52=4,17$ МПа, что незначительно превышает поле допуска, равное 4 МПа. Для уменьшения ширины распределения до величины 3,13 МПа, необходимо уменьшить колеблемость напряжений растяжений в $4,17/3,13 \approx 1,3$ раза. При этом ширина распределения станет равной $4,17 - 1,04=3,13$ МПа, но будет выходить за верхнюю границу 4 МПа. Среднее значение распределения останется прежним, равным 2,52 МПа и смещенным вправо. Потребуется дополнительные корректирующие меры по смещению среднего значения распределения влево на величину 0,61 МПа. После проведения этих корректировок ширина распределения напряжений растяжения (0,43–3,56 МПа) будет находиться в поле допуска. Среднее значение напряжения растяжения уменьшится до величины 1,91 МПа.

Для поддержки принятия решений по коррекции распределения напряжений растяжения в контролируемых точках вырабатываемого стекла воспользуемся методом морфологического ящика. Морфологический ящик будет использоваться для решения двух задач: уменьшения колеблемости напряжения растяжения в точках контроля Т8, Т10 и смещения среднего значения напряжения в сторону уменьшения во всех точках контроля (табл. 3.14).

Таблица 3.14

Корректирующие действия по изменению напряжения растяжения
в точках контроля

Точки контроля T	1	5	8	10
Смещение среднего уровня, МПа	-0,87	-0,61	-0,87	-0,61
Уменьшение колеблемости	-	-	в 1,5 раза	в 1,3 раза

Для решения задачи уменьшения колеблемости напряжений растяжения воспользуемся выше описанной методикой. Выбранные корректирующие действия по уменьшению стандартного отклонения провиса многослойного стекла в процессе моллирования (табл. 3.12) будут влиять также на уменьшение стандартного отклонения напряжений растяжения в точках контроля Т8 и Т10. Результаты воздействия рассчитываются по формуле (3.27)

$$\begin{aligned} \Delta S_{y_8} &\approx 0,5 \cdot 0,02 \cdot 15,6 + 0,5 \cdot 0,096 \cdot 19,8 \approx 1,1 \text{ МПа,} \\ \Delta S_{y_{10}} &\approx 0,5 \cdot 0,012 \cdot 15,7 \approx 0,09 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (3.28)$$

Эти корректирующие действия оказались недостаточными для уменьшения колеблемости напряжения растяжения в точке контроля Т10. Необходимо уменьшить стандартное отклонение напряжения растяжения до величины

$$S_{y_{10}} \approx S_{y_{10}}/1,3 \approx 0,8/1,3 = 0,61 \text{ МПа,}$$

то есть на величину $\Delta S_{y_{10}} \approx 0,8 - 0,61 = 0,19 \text{ МПа.}$

Анализ табл. 3.10 показывает возможность использования в качестве дополнительного корректирующего действия уменьшение колеблемости температуры в точке Т49 камеры отжига. При этом по (3.27) получаем

$$\Delta S_{y_{10}} \approx 0,5 \cdot 0,012 \cdot 15,7 + 0,5 \cdot 0,077 \cdot 5,09 \approx 0,28 \text{ МПа.} \quad (3.29)$$

Дополнительное корректирующее действие оказалось достаточным для уменьшения колеблемости напряжения растяжения в точке контроля Т10.

Для выработки корректирующих действий по уменьшению среднего значения напряжения растяжения (см. табл. 3.14) в точках контроля использовали морфологический метод. Анализ знаков коэффициентов регрессии (3.15) – (3.18) показывает на противоречивый характер влияния изменения температур на напряжение растяжения в кромке стекла. Это ограничивает область выбора решений за счет исключения явно неприемлемых вариантов. Варианты допустимых решений приведены в табл. 3.15. Выбор варианта корректирующих действий по изменению средних значений напряжений растяжения совместим с выбором решений по изменению поверхностных напряжений сжатия в кромке стекла.

Таблица 3.15

Морфологическая таблица выбора решений по изменению среднего значения напряжений растяжения в кромке многослойного стекла

Камера печи моллирования	Коды термопар
Предварительного нагрева, свод	T ₁₄ , T ₁₅
Предварительного нагрева, под	T ₂₀ , T ₂₁ , T ₂₂ , T ₂₅
Главная камера, свод	T ₂₇ , T ₃₁ , T ₃₂ , T ₃₃ , T ₃₄ , T ₃₅
Главная камера, под	T ₄₃ , T ₄₅
Камера отжига	T ₄₈ , T ₄₉ , T ₅₀

Технологический процесс моллирования по величине поверхностных напряжений сжатия характеризуется высокой отлаженностью. Измеренные значения напряжений во всех точках контроля в кромке стекла удовлетворяют техническим условиям (более 10 МПа). Статистические данные измерений поверхностных напряжений сжатия в вырабатываемом

многослойном стекле приведены в табл. 3.16. Распределение напряжений сжатия в кромке стекла в точках контроля отличается от нормального закона, на что указывают ненулевые значения коэффициентов A_c и \mathcal{E}_k .

Таблица 3.16

Статистические данные измерений поверхностных напряжений сжатия в вырабатываемом многослойном стекле за 8 месяцев работы производства

Точки контроля напряжений сжатия	T1	T5	T7	T11
Среднее значение, МПа	14,7	20,0	18,5	19,6
Стандартное отклонение, МПа	1,9	3,5	3,9	3,6
Минимальное значение, МПа	10,4	12,8	9,9	12,0
Максимальное значение, МПа	19,8	28,1	27,6	26,0
Показатель асимметрии A_c	0,11	-0,08	0,59	-0,7
Показатель эксцесса \mathcal{E}_k	-0,04	-1,8	-1,3	-1,8

В качестве примера на рис. 3.27 приведена гистограмма распределения напряжений сжатия в точке контроля T7. Минимальное значение напряжения близко подходит к нижней допустимой границе 10 МПа. Незначительные колебания напряжений могут приводить к нарушению требований технических условий на изделие.

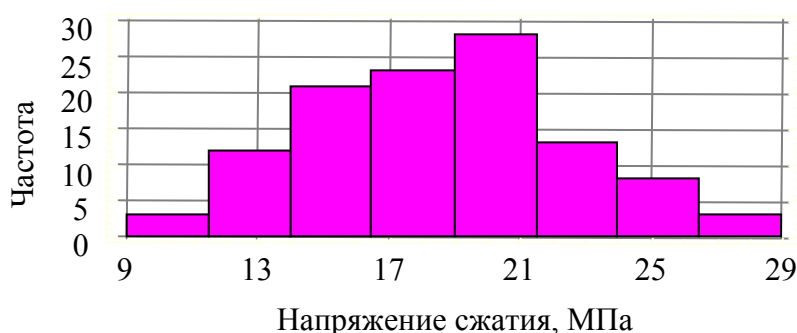


Рис. 3.27. Распределение напряжений сжатия в точке контроля T7

Аналогичное положение имеет место с распределением напряжений сжатия в точке контроля T1 (см. табл. 3.16). Для обеспечения запаса по напряжению, аналогичному в точках контроля T5 и T11, необходимо сместить центры распределения напряжений в T1 и T7 в сторону увеличения примерно на 2,4 МПа.

Для принятия решений по коррекции центра распределения напряжений сжатия в контролируемых точках T1 и T7 вырабатываемого стекла воспользуемся методом морфологического ящика. Предварительно необходимо оценить влияние на изменение колеблемости напряжения

сжатия ранее выбранных корректирующих действий по уменьшению колеблемости температур T_{22} , T_{32} , T_{45} и T_{49} в камерах печи моллирования. Температуры T_{32} , T_{49} в качестве влияющих факторов входят в структуру модели y_7 (3.21), а температура T_{22} – в структуру модели y_{11} (3.22). В структуру остальных моделей (3.19) и (3.20) указанные факторные переменные не входят ввиду их статистической незначимости.

Расчеты уменьшения колеблемости напряжений сжатия в точках контроля y_7 и y_{11} дают следующие значения:

$$\begin{aligned} \Delta S_{y_7} &\approx 0,5(\text{abs}(-0,053) S_{T_{32}}) + 0,5 (\text{abs}(0,273) S_{T_{49}}) = \\ &= 0,5 \cdot 0,053 \cdot 15,7 + 0,5 \cdot 0,273 \cdot 5,1 = 1,1 \text{ МПа}, \\ \Delta S_{y_{11}} &\approx 0,5(\text{abs}(-0,324) S_{T_{22}}) = 0,5 \cdot 0,324 \cdot 2,4 = 0,39 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (3.30)$$

Стабилизация температур в точках T_{22} , T_{32} , T_{49} приводит к уменьшению стандартного отклонения напряжений сжатия в точках контроля Т7 с 3,9 до 2,8 МПа, а в точке контроля Т11 с 3,6 до 3,21 МПа.

Для выбора корректирующих действий по увеличению среднего значения напряжений сжатия в точках контроля Т1 и Т7 составляется следующая морфологическая таблица (табл. 3.17).

Таблица 3.17

Морфологическая таблица выбора решений по изменению среднего значения напряжений сжатия в кромке многослойного стекла в точках контроля Т1 и Т7

Камера печи моллирования	Коды термопар
Предварительного нагрева, свод	T_{14}, T_{15}, T_{16}
Предварительного нагрева, под	T_{21}, T_{23}, T_{26}
Главная камера, свод	$T_{28}, T_{30}, T_{32}, T_{33}, T_{35}$
Главная камера, под	T_{41}, T_{42}, T_{44}
Камера отжига	T_{49}, T_{50}

Коррекция среднего значения температур в камерах печи моллирования сказывается одновременно на изменении напряжения растяжения и сжатия во всех точках контроля на кромке стекла. Результаты корректирующих действий по изменению температуры не должны быть противоречивыми: должны уменьшать напряжения растяжения во всех точках контроля и увеличивать напряжения сжатия в точках контроля Т1 и Т7 примерно на 2,4 МПа.

Для выбора корректирующих действий составляется совмещенная таблица коэффициентов эластичности уравнений регрессии для напряжений растяжения и сжатия (табл. 3.18).

Таблица 3.18

Совмещенная таблица коэффициентов системы уравнений регрессии напряжений растяжения и сжатия в кромке стекла

Влияющие факторы	Коэффициенты эластичности уравнений растяжения				Коэффициенты эластичности уравнений сжатия			
	y_1	y_5	y_8	y_{10}	y_1	y_5	y_7	y_{11}
Корректирующие действия	Сместить в сторону уменьшения напряжения растяжения				Сместить в сторону увеличения напряжения сжатия в y_1 и y_7			
Предварительный нагрев, свод, T								
14	-4,82	-	-4,7	-	1,62	3,84	-	-
15	-	-	-1,7	-3,3	1,3	1,97	-	-
16	-	-	-	-	-1,56	-1,04	-	-2,25
Предварительный нагрев, под, T								
20	31,6	-	-	-	-	17,65	-	-
21	-	-41,3	-31,9	-	-	-	-21,7	-
22	-	17,3	-	-	-	-	-	-
23	1,3	-2,1	-	-	-	-	0,66	-
25	-	-	-9,7	-	-	8,72	-	3,95
Главная камера, свод, T								
26	35,7	-	-55,5	-12	-	-	-20,4	-11,4
27	-	-	25,2	-	3,96	5,82	8,49	7,86
28	-	-46,1	29,1	54,9	-	-	30,58	-
30	-42,9	-37,6	61	108	-	-	40,15	27,8
31	-3,1	-	-	-	-	2,21	-	1,62
32	-	-	3,9	-3,1	-	-	-1,87	-
33	-	21,7	-	-	-	-	-8,48	-5,6
34	-	-	-19,8	-	-	3,27	-	-
35	-	10,6	9,9	-	-4,91	-	-	-
Главная камера, под, T								
41	9,7	-	-9,2	-21,3	-	-	-10,9	-9,1
42	1,4	0,17	-	-	-	-	-0,96	-0,93
43	-3,3	-	-	-	-	-	-	-
45	5,2	-	17,9	-	-	-	-	-
46	-	-	-	-	-	-2,04	-	-
Камера отжига, T								
48	-	7,1	-	-	-	-	-	-
49	-	-	-	-11,6	-	-	5,58	-
50	-1,55	-	-	-	-	-	-1,9	-

По критерию непротиворечивости результатов корректирующих действий по данным табл. 3.18 составляется совмещенная морфологическая таблица выбора решений по изменению среднего значения напряжений растяжения и сжатия в точках контроля Т1 и Т7 (см. табл. 3.19).

Лучший вариант решений находится путем перебора параметров из строк табл. 3.19.

При этом необходимо учитывать ограничения, накладываемые следующими количественными критериями:

- смещение центра распределения напряжений растяжения (см. табл.3. 14)

$$\begin{aligned} \delta y_1 &\leq -38,8 \%, \\ \delta y_5 &\leq -27,6 \%, \\ \delta y_8 &\leq -26 \%, \\ \delta y_{10} &\leq -24,2 \%; \end{aligned} \quad (3.31)$$

- смещение центра распределения напряжений сжатия

$$\begin{aligned} \Delta y_1 &\geq 16,3 \%, \\ \Delta y_7 &\geq 13 \%; \end{aligned} \quad (3.32)$$

- смещение центров распределения температур не должно приводить к выходу их значений за область определения моделей (табл. 3.20).

Таблица 3.19

Совмещенная морфологическая таблица выбора решений по изменению среднего значения напряжений растяжения и сжатия в точках Т1 и Т7

Камера печи моллирования	Коды термодпар
Предварительного нагрева, свод	T ₁₄ , T ₁₅ , T ₁₆
Предварительного нагрева, под	T ₂₂ , T ₂₅
Главная камера, свод	T ₃₁ , T ₃₃ , T ₃₄ , T ₃₅
Главная камера, под	T ₄₂ , T ₄₃ , T ₄₅ , T ₄₆
Камера отжига	T ₄₈ , T ₄₉

В результате перебора данных определен вариант коррекции температурного режима моллирования (табл. 3.21). Величина коррекции температуры в камерах печи моллирования рассчитывалась с использованием коэффициентов эластичности регрессионных моделей по формуле:

$$\delta x_j = \delta y_i / \mathcal{E}_{ji}, \quad (3.33)$$

где δx_j – расчетное значение коррекции средней температуры x_j в □Амерах печи моллирования, %;

δy_i – изменение среднего значения напряжения в i -й точке контроля, %;

\mathcal{E}_{ji} – коэффициент эластичности уравнения регрессии при температуре x_j ;

Расчетный вариант коррекции предусматривает изменение средней температуры в камерах печи моллирования в небольшом диапазоне от 0,5 до 5,2 %, который реализуем в промышленных условиях.

Таблица 3.20

Область определения моделей по режиму моллирования

Коды термопар Т	Параметры режима моллирования по температуре, °С		
	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение
14	369,7	356	387
15	383	382	495
16	582	495	597
22	496	481	509
25	556	552	598
31	615	604	715
33	627	620	645
34	637	618	662
35	719	714	732
42	599	580	652
43	614	520	626
45	687,5	606	654
46	668	591	675
48	473	454	490
49	375,6	359	382

Таблица 3.21

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 T_{14} на 4,5 %	21,7	–	21,1	–	7,3	17,3	–	–
Уменьшить температуру T_{22} на 0,5 %	–	8,6	–	–	–	–	–	–
Уменьшить температуру T_{35} на 1,8 %	–	19,1	17,8	–	8,8			
Увеличить температуру T_{43} на 5,2 %	17,2	–	–	26,7	–	–	–	–
Увеличить температуру T_{49} 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	–

Глава 4

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЗАКАЛЕННОГО СТЕКЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ

4.1. Модель технологии производства закаленного стекла. Выделение ключевых показателей

Современная технология производства закаленного стекла представляет высокоавтоматизированное поточное производство, состоящее из последовательных технологических операций (процессов). Постоянное повышение качества вырабатываемой продукции, как это предусматривают стандарты ИСО серии 9000 (последняя версия 2008 г.), возможно на основе системного подхода к управлению качеством, основу которого составляет управление качеством технологического процесса.

Адекватно отобразить процессы, протекающие на производстве, возможно с помощью моделирования, позволяющего представить всё множество процессов производства в виде набора диаграмм, отображающих выполняемые процессы и операции, а также связывающие их материальные и информационные потоки и требуемые ресурсы [68].

С точки зрения идентификации производства закаленного стекла определялись:

- 1) параметры на входе и выходе процесса;
- 2) данные, по которым можно судить о ходе процесса – режимные переменные, расход энергии и материалов, производительность и тому подобное;
- 3) устанавливался критерий качества выполнения процесса и другое.

Для создания модели технологического процесса производства закаленного стекла использовалась методология *IDEF0* из-за своей наглядности, обеспеченности инструментальными средствами и простоты для понимания.

Модель *IDEF0* – иерархически организованная совокупность диаграмм. Диаграмма верхнего уровня содержит один блок А–0, образуя контекстную диаграмму модели технологического процесса изготовления закаленного стекла (рис.4.1).

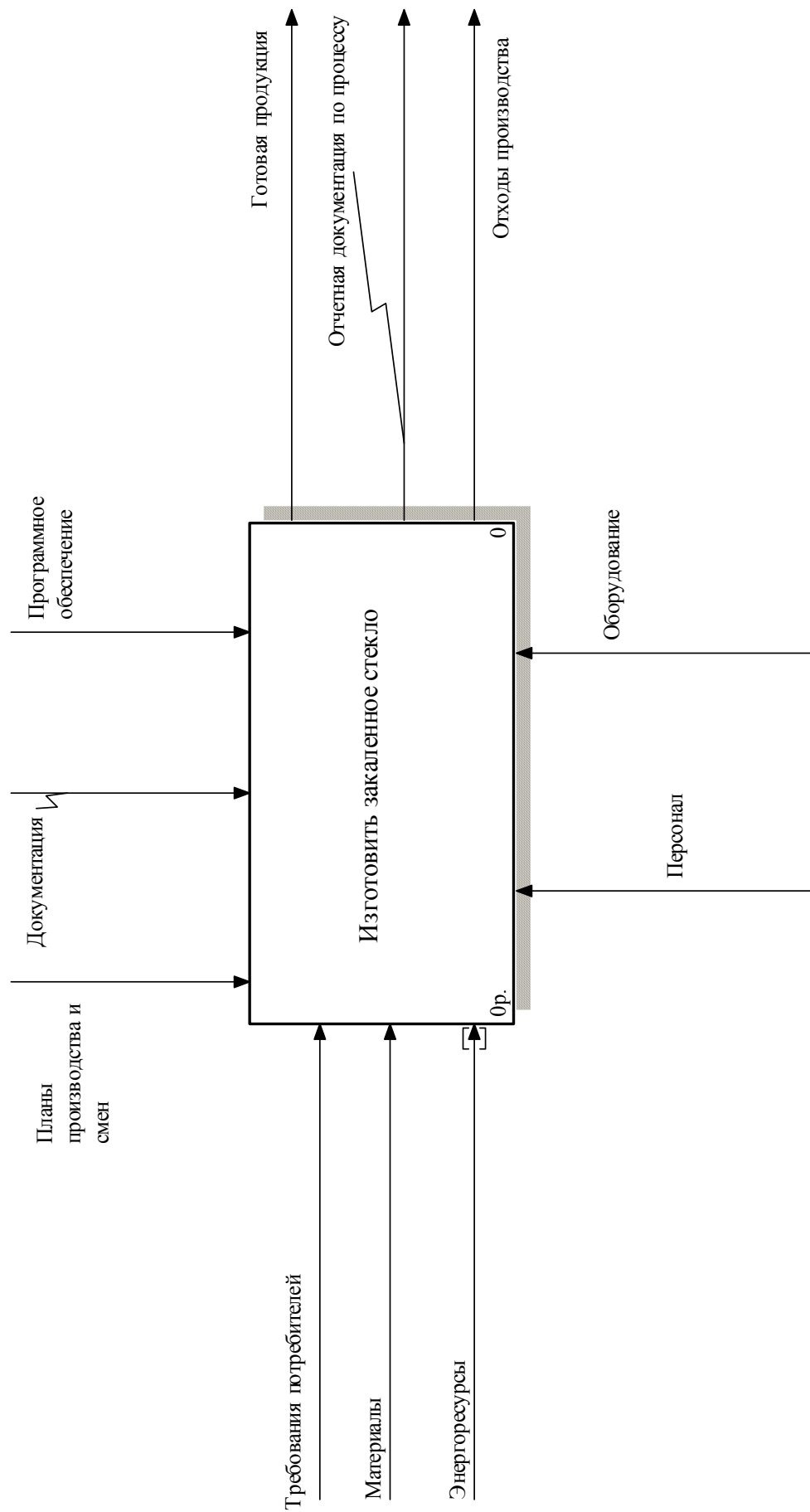


Рис. 4.1. А0 – Изготовить закаленное стекло

Этот блок отражает в целом процесс изготовления закаленного стекла. Диаграмма А0 является, во-первых, родительской для остальных диаграмм. Она объявляет общую функцию всей системы – «Изготовить закаленное стекло». Во-вторых, определяет множество основных типов данных, которые использует или производит процесс. Например, план производства и смен, документация, программное обеспечение, позволяют осуществлять менеджмент качества готовой продукции. В-третьих, диаграмма указывает на взаимоотношения между основными типами данных, проводя их разграничение. Например, материалы, требования потребителей, энергоресурсы, используемые процессом, в то время как производственный персонал на технологическом оборудовании ведет процессы.

Блок А0:

Изготовить закаленное стекло – производственный процесс, обеспечивающий выпуск закаленного стекла в соответствии с установленными техническими требованиями.

Стрелки А0:

Требования потребителей – входная (внешняя) информация, поступающая в ПКО «Автостекло» от потребителей и содержащая требования по качеству производимого закаленного стекла.

Материалы – заготовки стекла, материальные ресурсы для производства закаленного стекла (сырье, основные и вспомогательные материалы, комплектующие, спецодежда, инструменты, запасные части для ремонта и так далее).

Энергоресурсы – ресурсы для производства закаленного стекла, а именно электроэнергия, природный газ, вода и другое.

Планы производства и смен – документы, содержащие плановые показатели для каждого этапа производства закаленного стекла (для каждой смены) на заданный период, разрабатываются в соответствии с системой качества предприятия.

Документация – нормативная и техническая документация на технологический процесс и продукцию производства.

Программное обеспечение – программное обеспечение, используемое в процессе изготовления и контроля продукции.

Готовая продукция – изготовленная продукция (закаленное стекло), соответствующая требованиям по качеству и экологической безопасности.

Отчетная документация по процессу – документация, заполняемая при выполнении работ на каждом этапе производства (ведение документации осуществляется в соответствии с системой качества предприятия).

Отходы производства – стеклобой, а также готовая продукция несоответствующего качества, с неисправимыми дефектами и несоответствующая требованиям потребителей.

Персонал – технологический персонал производства «Закаленное стекло».

Оборудование – оборудование, используемое на всех этапах производства закаленного стекла.

Разрабатываемая модель развивается в процессе структурной декомпозиции сверху вниз. Диаграмма верхнего уровня декомпозируется, образуя диаграмму А0, которая состоит из четырех блоков: резать и обрабатывать стекло, закалять стекло, упаковать готовую продукцию, управлять несоответствующей продукцией (рис. 4.2).

Блоки А0:

1. *Резать и обрабатывать стекло* – этап технологического процесса производства закаленного стекла, включающий в себя резку качественных заготовок полированного стекла в соответствии с требованиями потребителей, факетирование (обработка кромки стекла, при которой образуется скошенная грань), при необходимости – сверление отверстий, а также мойку и сушку обработанного стекла.

2. *Закалять стекло* – один из основных этапов технологического процесса производства закаленного стекла, включающий в себя маркировку стекла и закаливание стекла.

3. *Упаковать стекло* – один из этапов процесса производства закаленного стекла, включающий в себя упаковку стекла в тару.

4. *Управлять несоответствующей продукцией* – один из этапов процесса производства закаленного стекла, включающий в себя исправление устраняемых дефектов, возникающих на этапах производства; осуществляется в соответствии с системой качества предприятия.

Стрелки А0:

Требования потребителей (см. рис. 4.1).

Материалы (см. рис. 4.1.), в том числе заготовки полированного стекла.

Планы производства и смен (см. рис. 4.1).

Программное обеспечение (см. рис. 4.1).

Документация – технологические листы, технологические режимы участка резки и обработки.

Корректирующие и предупреждающие действия – регламентирующие действия, вырабатываемые руководством ПКО, департаментом качества и руководством производства «Закаленное стекло».

Отходы производства (см. рис. 4.1).

Отчетная документация по процессу – паспорт учета стекла, паспорт алмазного круга, журнал учета алмазного инструмента, журнал расхода керамической краски и растворителя, журнал учета сверловочного инструмента, лист перехода на участке резки, технологический лист участка резки, технологический журнал участка резки.

Вымытое и высушенное стекло – полированное стекло, прошедшее этапы резки и обработки стекла, подлежащее закаливанию.

Несоответствующее обработанное стекло – полированное стекло, несоответствующее требованиям по качеству, получаемое на различных этапах процесса резки и обработки стекла.

Персонал – технологические рабочие участка резки и обработки стекла: наладчик линий резки и обработки стекла, технолог участка резки, мастер смены участка резки.

Оборудование – линия резки *SIV*.

Соответствующее стекло (см. рис. 4.1).

Документация – технологические режимы работы печи, сменное задание на печь. *SIV* – горизонтальная.

Закаленное стекло – стекло, прошедшее этапы процесса закаливания, соответствующее требованиям по качеству.

Несоответствующее закаленное стекло – стекло, прошедшее все этапы процесса закаливания, но несоответствующее требованиям по качеству, то есть содержащее дефекты, возникшие в процессе закаливания.

Отчетная документация по процессу – карта контрольных замеров технологических режимов печи, журнал контроля готовой продукции, лист контроля качества маркировки, лист учета брака по неприлеганию, карта контрольных замеров параметров стекла (неприлегание, фрагментации и стрела прогиба), карта контрольных замеров напряжения растяжения, журнал учета краски для маркировки.

Персонал – технологические рабочие участка закалки стекла (закальщик, контролер, оператор поста управления (маркировка), съемщик стекла).

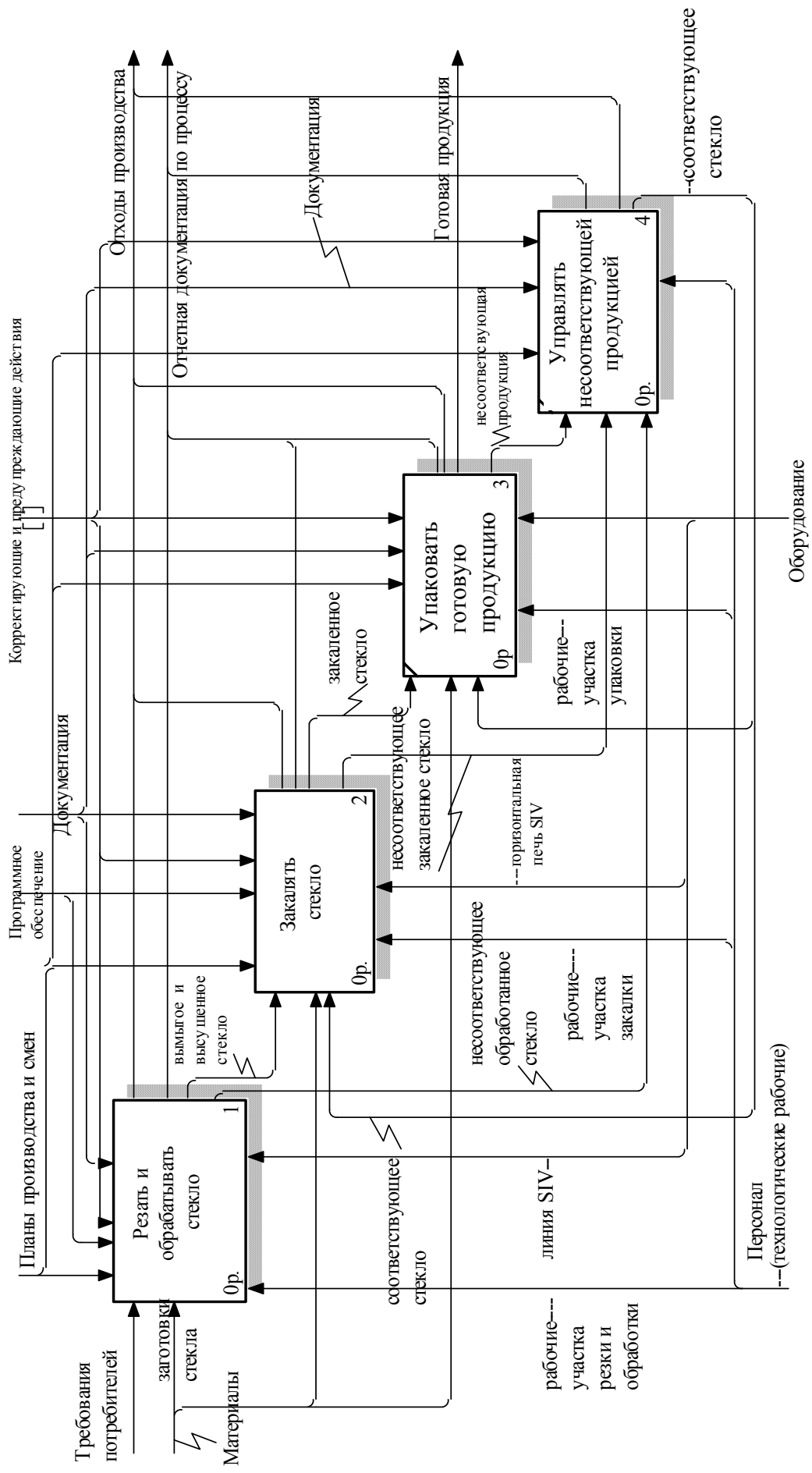


Рис. 4.2. А0 – Изготовить закаленное стекло

Оборудование – горизонтальная печь *SIV*.

Отчетная документация по процессу – упаковочный лист, журнал упаковки стекла.

Готовая продукция (см. рис. 4.1).

Несоответствующая продукция – закаленное стекло, упакованное в тару, с дефектами, возникшими на этапе упаковки готовой продукции.

Персонал – технологические рабочие участка упаковки готовой продукции (упаковщик, контролер).

Каждый блок диаграммы рассматривается как отдельный блок, и подвергается декомпозиции, например, блок А2: Закалять стекло (рис.4.3).

Блоки А2

1. *Маркировать стекло* – один из этапов процесса «*Закалять стекло*», подразумевающий нанесение маркировки на стекло керамической краской.

2. *Загружать, базировать стекло* – один из этапов процесса «*Закалять стекло*», подразумевающий загрузку и установку стекла на упоры.

3. *Закалять стекло в горизонтальной печи SIV* – один из этапов процесса «*Закалять стекло*», подразумевающий закаливание стекла в соответствии с технологическими режимами работы горизонтальной печи *SIV*.

4. *Контролировать качество закаленного стекла* – один из этапов процесса «*Закалять стекло*», подразумевающий осуществление контроля качества стекла после этапа закалки; процедура осуществления контроля качества соответствует системе качества производства.

Стрелки А2:

Вымытое и высушенное стекло (см. рис. 4.2).

Материалы (см. рис. 4.2).

Соответствующее стекло (см. рис. 4.2).

Документация (см. рис. 4.2).

Планы производства и смен (см. рис. 4.1).

Программное обеспечение (см. рис. 4.1).

Корректирующие и предупреждающие действия (см. рис. 4.1).

Отчетная документация по процессу (см. рис. 4.1).

Маркированное стекло – вымытое и высушенное стекло соответствующего качества с нанесенной маркировкой.

Персонал (см. рис. 4.1).

Оборудование (см. рис. 4.1).

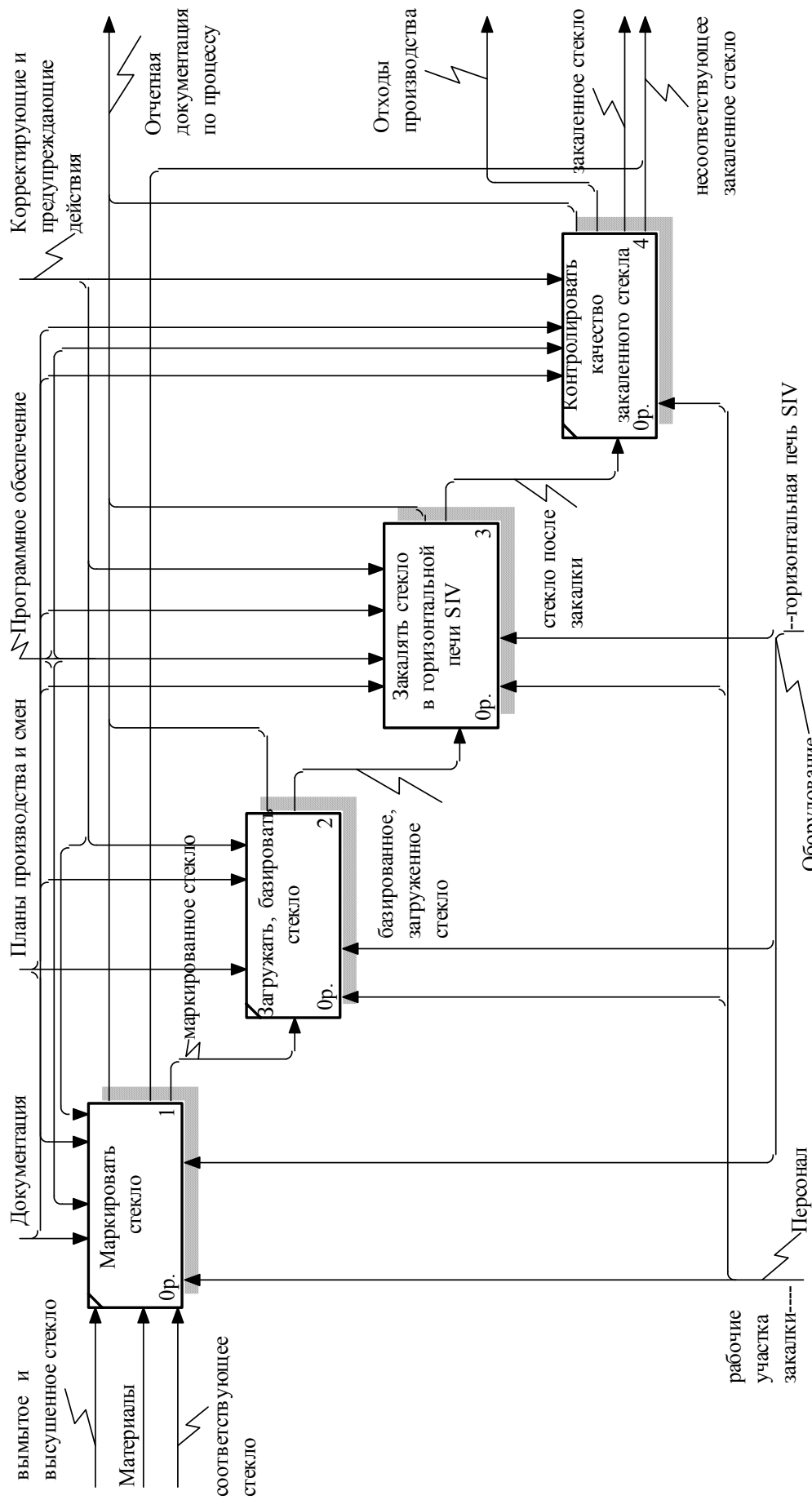


Рис. 4.3. А2 – Закалять стекло

Базированное, загруженное стекло – маркированное стекло, загруженное и установленное на упоры линии загрузки.

Стекло после закалки – стекло, получаемое после этапа закаливания стекла в горизонтальной печи *SIV*.

Отходы производства (см. рис. 4.1).

Закаленное стекло (см. рис. 4.1).

Несоответствующее закаленное стекло (см. рис. 4.2).

В свою очередь блок А2: Закалять стекло подвергается декомпозиции на блоки А23: Закалять стекло в горизонтальной печи *SIV* (рис. 4.4), который также может декомпозироваться на простые операции.

Блоки А23:

1. *Нагреть стекло* – одна из операций этапа «Закалять стекло в горизонтальной печи *SIV*» процесса закаливания стекла, предполагающая нагревание загруженного в печь и базированного стекла до определенной температуры в соответствии с технологическими режимами работы горизонтальной печи *SIV*.

2. *Прессовать стекло* – одна из операций этапа «Закалять стекло в горизонтальной печи *SIV*» процесса закаливания стекла, предполагающая прессование стекла, установленного на матрице и нагретого до определенной температуры.

3. *Быстро охладить (закалить)* – одна из операций этапа «Закалять стекло в горизонтальной печи *SIV*» процесса закаливания стекла, предполагающая быстрое охлаждение прессованного стекла при его транспортировке между обдувками.

4. *Медленно охладить* – одна из операций этапа «Закалять стекло в горизонтальной печи *SIV*» процесса закаливания стекла, предполагающая постепенное охлаждение стекла при определенной температуре и давлении воздуха (согласно технологическим режимам печи).

Стрелки А23:

Базированное, загруженное стекло (см. рис. 4.3).

Планы производства и смен (см. рис. 4.1).

Программное обеспечение (см. рис. 4.1).

Документация (см. рис. 4.1).

Корректирующие и предупреждающие действия (см. рис. 4.1).

Отчетная документация по процессу (см. рис. 4.1).

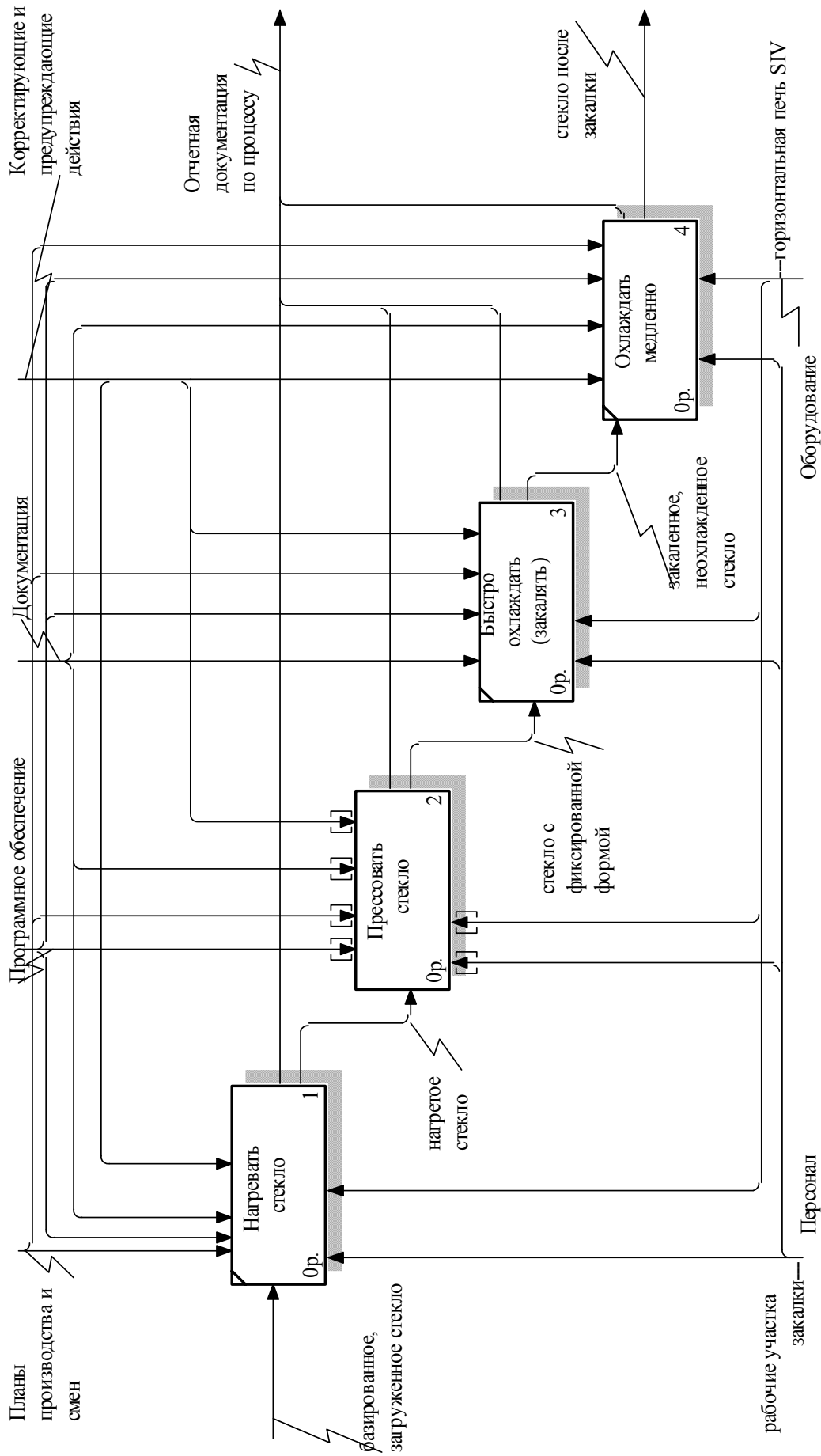


Рис. 4.4. А23 – Закалять стекло в горизонтальной печи SIV

Нагретое стекло – стекло загруженное и базированное на упоры матрицы, нагретое до определенной температуры согласно режимам печи закаливания.

Персонал (см. рис. 4.1).

Оборудование (см. рис. 4.1).

Прессованное стекло – нагретое стекло, прессованное с использованием пуансона по шаблону необходимого радиуса.

Закаленное неохлажденное стекло – стекло, получаемое после операции закаливания стекла в горизонтальной печи *SIV*, осуществляемой путем быстрого охлаждения прессованного стекла.

Стекло после закалки (см. рис. 4.3).

После построения модели технологического процесса производства закаленного стекла определяется прослеживаемость по всей технологической цепочке. Каждый участок технологического процесса анализируется на предмет того, как он влияет на качество продукции. Оценивается эффективность методов контроля качества заготовок стекла, отдельных технологических операций и готовой продукции.

Особое значение имеет понимание важности и значимости различных показателей процесса, в частности, *ISO/TS 16949* требует, чтобы эти показатели фиксировались в технической документации [54]. Понимание важности достигается в результате анализа технологического процесса на его процессной модели.

Различают критические (*CC – Critical Characteristic*) и значительные (*SC – Significant Characteristic*) ключевые характеристики. Ключевые характеристики в производстве закаленного стекла приведены на рис. 4.5 и отражены в табл. 4.1. Эти характеристики подлежат особому вниманию и контролю в производстве [69]. Знание характеристических показателей помогает производству сконцентрировать внимание и ресурсы для их обеспечения, что позволяет более рационально расходовать средства в производстве. Выбранные в результате анализа методы и средства контроля над характеристическими показателями процесса производства закаленного стекла заносятся в план управления.

В плане управления регламентируется слежение как за самим технологическим процессом, так и за выделенными ключевыми характеристиками вырабатываемого стекла.

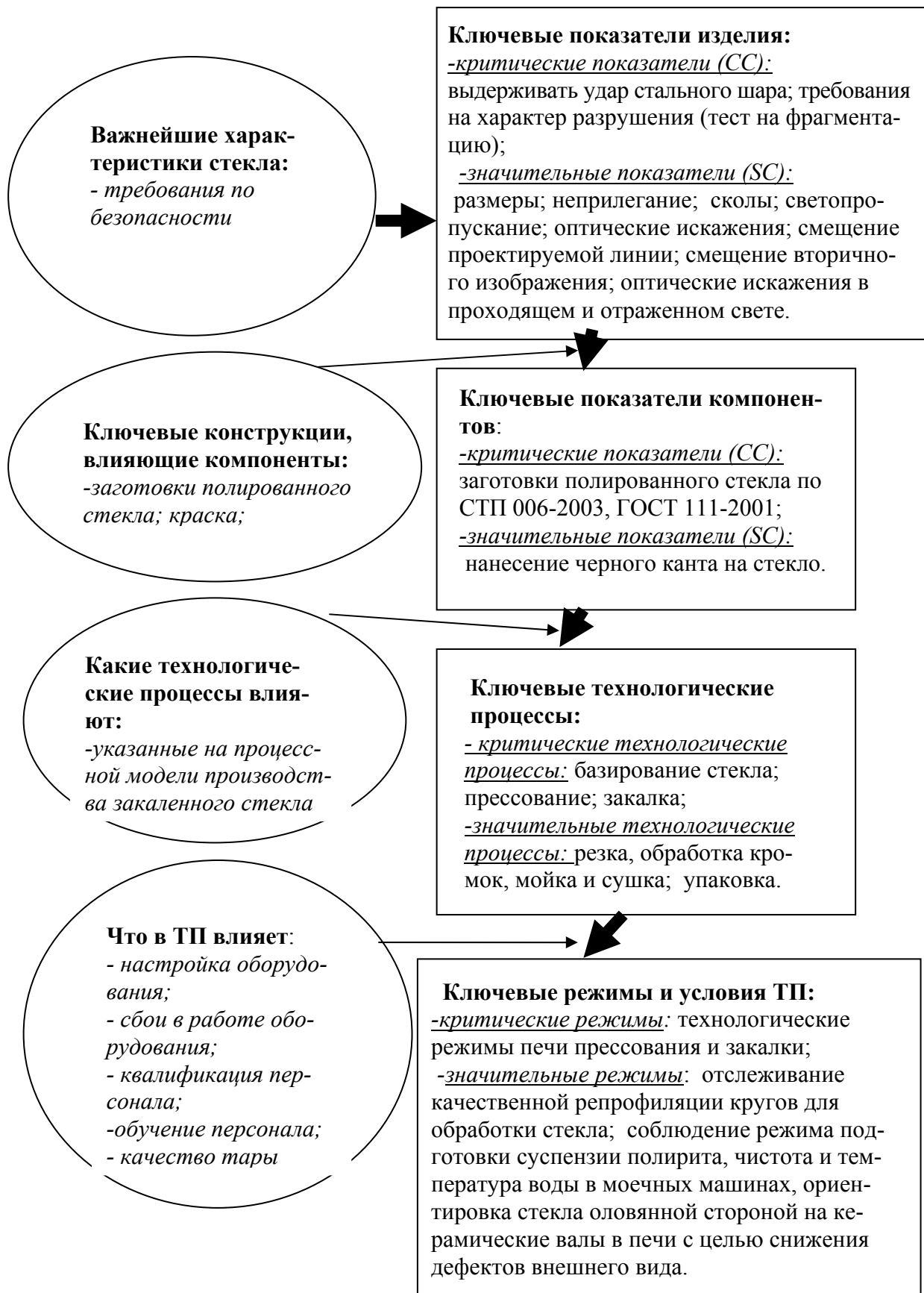


Рис.4.5. Ключевые показатели производства закаленного стекла

При разработке планов управления учитывается влияние дестабилизирующих факторов, что требует идентификации процессов и разработки соответствующих математических моделей.

В последние годы наметился новый подход к мониторингу и обеспечению качества выпускаемой продукции – технология анализа процессов (*Process Analytical Technology – PAT*) [57]. *PAT* в первую очередь используется как система для планирования, анализа и контроля наиболее критических характеристик исходных материалов, технологического процесса с целью обеспечения нужного качества конечного продукта. При этом изучаются многофакторные взаимосвязи между свойствами исходного сырья, материалов, производственными процессами, факторами внешней среды и их влиянием на качество вырабатываемого продукта. Это обеспечивает основу для обнаружения и понимания связей между различными критическими показателями изделия и процессов производства, а также возможность разработки стратегии для снижения рисков получения продукции неудовлетворительного качества.

Таблица 4.1

Ключевые характеристики в производстве закаленного безопасного стекла

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критические, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
A1 – Резать и обрабатывать стекло	<p>A11 – <u>Контролировать заготовки стекла (CC)</u> Персонал, некачественные заготовки</p> <p>A12 – <u>Резать, фацетировать стекло (SC)</u> <u>- резка заготовки, удаление облоя</u> Линия резки и обработки стекла.</p>	<p>Внешний вид заготовок на пирамиде, размер прямоугольной заготовки, толщина, разнотолщинность, цвет, качество пересыпки</p> <p>Геометрические параметры готовых стекол, показатели внешнего вида, качество реза.</p>	<p>Выборочный контроль первого стекла с пирамиды. Наличие технического паспорта пирамиды с заготовками стекла</p>

Продолжение табл. 4.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критические, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
	<p>Сбой на участке загрузки, резки. Некачественная настройка оборудования; некачественные ролики; несвоевременное удаление боя стекла из бункера; <u>- обработка кромок.</u> Настройка оборудования, сбой в работе линии, качество алмазных кругов, неточно выполненная развертка А13 – <u>Сверлить стекло (SC)</u> Настройка оборудования, сбой в работе, качество сверл, неточно выполненная разметка А14 – <u>Мыть, сушить стекло (SC)</u> Моечно-сушильная машина. Некачественная вода, сбой в работе оборудования. Несвоевременная очистка моечной машины от шлама</p>	<p>Качество обработки кромок, геометрические параметры готовой продукции</p> <p>Качество обработки и смещение отверстий</p> <p>Качество мойки и сушки</p>	<p>Выборочный контроль стекла по размерам, качеству обработки и мойки, показателям внешнего вида.</p> <p>Пирамида с вымытым стеклом сопровождается паспортом, содержащим размер, количество стекла, номер смены, дату изготовления</p>

Продолжение табл. 4.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критические, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
A2 – Закалять стекло	<p>A21 – <u>Маркировать стекло</u> Некачественная мастика</p> <p>A22 – <u>Загружать, базирувать стекло (CC)</u> Ориентировка стекла оловянной стороной на керамические валы в печи</p> <p>A23 – <u>Закалять стекло в горизонтальной печи <i>SIV</i></u> - A231 – Нагреть стекло (CC)</p> <p>-A232 – Прессовать стекло (CC)</p> <p>- A233 – Быстро охладить (CC)</p> <p>- A234 – Охлаждать медленно</p> <p>A24 – <u>Контролировать качество закаленного стекла</u> Неосторожное обращение со стеклом (заколы, царапины)</p>	<p>Качественная маркировка</p> <p>Снижение дефектов внешнего вида</p> <p>Равномерный нагрев стекла до температуры размягчения</p> <p>Придание и фиксация заданной формы стекла</p> <p>Качество закаленных стекол.</p> <p>Температура стекла на выходе из секции охлаждения</p> <p><u>-критические показатели</u></p> <p>Выдерживать удар стального шара; требования на характер разрушения (тест на фрагментацию)</p>	<p>Непрерывный контроль температуры электрической печи, скорости рольганга и валов на выходе печи</p> <p>Контроль параметров пресса при переналадках</p> <p>Непрерывный контроль давления охлаждающего воздуха</p> <p>Непрерывный контроль давления охлаждающего воздуха</p> <p>Контроль температуры стекла при переналадках</p> <p>Выборочный контроль на механическую прочность и испытание на характер разрушения.</p>

Окончание табл. 4.1

Технологический процесс, операция	Ключевые этапы и оборудование, определяющие эффективность производства	Наиболее критические, с точки зрения качества, показатели	Статистические инструменты, используемые и рекомендуемые при контроле качества
		<i>-значительные показатели (SC)</i> Размеры; неприлегание; сколы; светопропускание в отраженном свете	Сплошной контроль внешнего вида стекла, размеров, прилегания, качества обработки, отклонение от образующей цилиндра. Периодический контроль на светопропускание
A3 – Упаковать готовую продукцию (SC)	Недостаточное количество изготовленного годного стекла. Некачественно подготовленная тара, недостаток тары.	Качество упаковки стекла в пачки, упаковка пачек в тару, подготовленную к отправке потребителю. Выполнение спецификации на отгрузку	Выборочный контроль качества упаковки в пачки и тару. Номер упаковочной тары, упаковочный лист, штрих кодовая марка (GP2000)
A4 – Управлять несоответствующей продукцией	Подработка исправимых дефектов	Подработка царапин и сколов	Проверка на соответствие требованиям технических условий

Примечание. Критические показатели (CC) и значительные показатели (SC) приведены на рис. 4.5.

Технологический процесс производства закаленного стекла контролируется с помощью информации, собираемой с нескольких десятков датчиков. Понять, что в данный момент происходит с процессом, и принять какие-то решения за достаточно короткий про-

межуток времени – задача трудная, а в некоторых случаях – неразрешимая.

Решение можно получить, используя положения хемометрики – науки, позволяющей извлечь полезную информацию из больших (многомерных) массивов данных, находя в них скрытые зависимости и существенно понижая их размерность. Своеобразным симбиозом аналитических методов и хемометрики для мониторинга и управления процессами является многомерный статистический контроль процессов (*Multivariate Statistical Process Control – MSPS*). С помощью методов многомерного анализа данных можно существенно понизить размеры системы, выделив из показаний датчиков и данных лабораторных анализов скрытые характеристики, которые обуславливаются внутренними связями между исходными параметрами [58]. Причем число таких характеристик становится в несколько раз меньше числа исходных переменных, и они отражают не изменения отдельных показателей датчиков и результатов анализа, а поведение технологического процесса в целом.

Проведя большое число измерений при различных значениях параметров, можно построить математическую модель для описания поведения технологического процесса в определенных условиях и использовать полученную модель для принятия решений в разных ситуациях.

Внедрение многомерного статистического контроля в производстве закаленного стекла требует проведения предварительных исследований, обобщения и последующего использования производственного опыта, что рассматривается в последующих разделах данной главы.

4.2. Оценка качества технологической системы и технологических процессов производства закаленного стекла

Оценку качества технологической системы ведут по параметрам ее работоспособности, затрачиваемым ресурсам и по качеству изготавливаемой продукции. Наряду с выполнением требований потребителя, которые необходимо выполнить, чтобы реализовать продукцию, на производстве существуют требования к протеканию про-

цессов. Эти требования, например, в производстве закаленного стекла такие:

- технологические параметры работы оборудования;
- коэффициент использования оборудования *CU*;
- ритмичность работы оборудования *CADENCE*;
- выход годной продукции *Yield*;
- уровень дефектности продукции *PPM*;
- время выполнения заказа;
- размер незавершенного производства;
- время переналадки оборудования;
- производительность оборудования и другие.

Результатом процесса должна быть не только продукция, изготовленная в сроки, установленные заказчиком, с требуемым качеством, в запланированном количестве, но и необходимо наладить процесс на оптимальное, эффективное протекание, обеспечивающее качество продукции, срок поставки, минимум потерь [60].

Важную часть производственного процесса составляет технологический процесс. Один из основных показателей качества процесса – его надежность. При оценке надежности технологических систем придерживаются следующих положений [59]:

1. Оценка надежности технологической системы по производительности сводится к оценке надежности оборудования, оснастки, инструмента, управляющих устройств и других составляющих материальную часть технологического процесса.

2. Оценку технической системы по количественным значениям параметров затрачиваемых ресурсов при производстве продукции ведут с целью повышения эффективности работы технологической системы.

3. Оценка надежности технологической системы по параметрам качества выпускаемой продукции делается при выходе показателей качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные технической документацией, выходе режимов технологического процесса за установленные границы и так далее.

Расчеты надежности проводятся посменно по каждому участку изготовления закаленного стекла: резке и обработке стекла, закалке стекла, упаковке готовой продукции (см. рис. 4.2).

Приведем в качестве примера анализ эффективности технологической системы при изготовлении закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV* по данным работы производства за 18 мес. Выработка стекла в сменах по месяцам приведена в табл. 4.2.

Таблица 4.2
Выработка закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV* (штук)

Смена	Июл.06	Авг.06	Сен.06	Окт.06	Нояб.06	Дек.06
1	147245	171223	150969	162081	167640	161079
2	143293	142247	168206	130741	150891	141994
3	155101	171031	136837	165422	187779	170380
4	150849	131424	156834	175973	153525	141939
<i>Итого:</i>	596488	615925	612846	634217	659835	615392
Смена	Янв.07	Фев.07	Мар.07	Апр.07	Май 07	Июн.07
1	178587	157022	128806	130176	164813	108773
2	112539	143279	133057	122421	144683	101900
3	225302	141330	122155	133339	140306	103313
4	191863	139215	124990	96974	118847	106162
<i>Итого</i>	708291	580846	509008	482910	568649	420148
Смена	Июл.07	Авг.07	Сен.07	Окт.07	Нояб.07	Дек.07
1	108864	147796	136666	160637	138972	140337
2	130355	95436	115743	98580	117351	85692
3	112415	112415	105438	121597	122845	109412
4	100895	91672	98732	124770	105093	117915
<i>Итого</i>	452529	447319	456579	505584	484261	453356

Табличные данные в графической форме изображены на рис. 4.6. Процесс закалки характеризуется стабильностью. Среднее значение выработки стекла равно 544677 шт./мес. Точность процесса, оцениваемая величиной стандартного отклонения, составила 86600 шт./мес. Коэффициент вариации выработки равен 15,9 %. Полученные результаты подтверждают однородность данных процесса закалки.

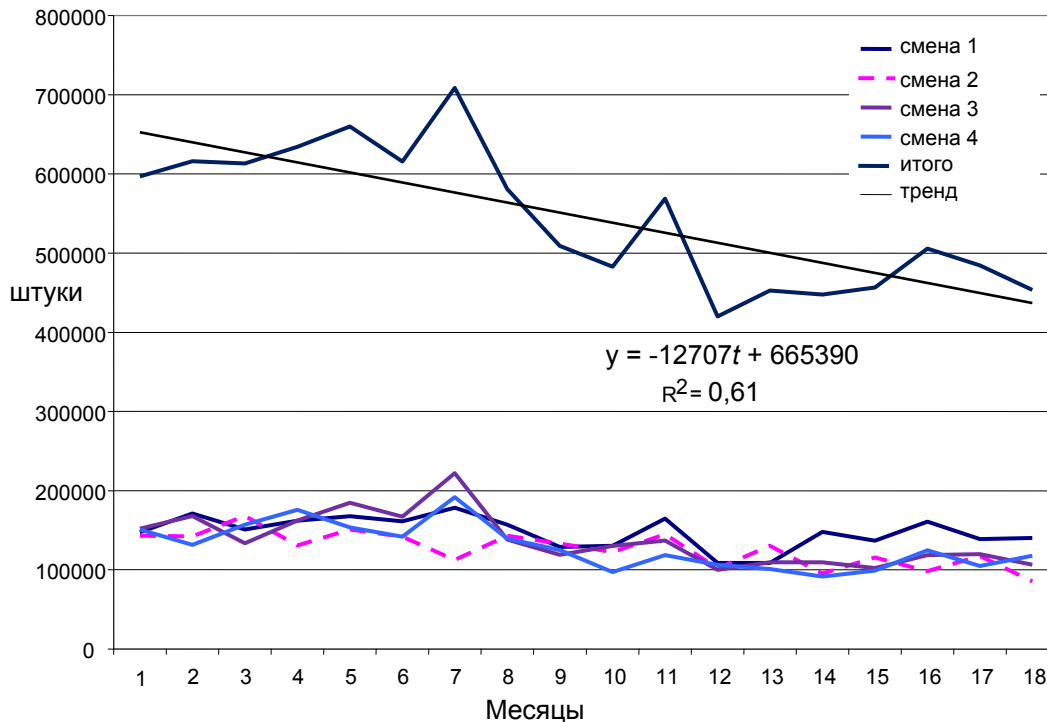


Рис. 4.6. График выработки закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV*

Для повышения точности описания выработки закаленного стекла воспользуемся методикой анализа тренд сезонных процессов [64]. Упорядоченная во времени последовательность выработки закаленного стекла (см. рис. 4.6) хорошо описывается временным рядом, порождаемым аддитивным случайным процессом [70]:

$$Y_t = U_t + V_t + e_t, \quad (4.1)$$

где U_t – тренд;

V_t – сезонная компонента;

e_t – случайная компонента;

t – месяцы, $t=1, 2, \dots, 18$.

Для анализа модели (4.1) необходимо получить оценки каждой компоненты. Относительно трендовой составляющей U_t предполагают, что она должна представлять некоторую гладкую функцию, описываемую полиномом невысокой степени. В рассматриваемом случае – это уравнение прямой линии:

$$U_t = -12707t + 665390. \quad (4.2)$$

Коэффициент детерминации линии тренда равен $R^2 = 0,61$, статистически значим. Расчетное значение критерия Фишера $F_p = 29$

больше табличного значения $F_T = 4,49$, выбранного для уровня значимости 0,05. Расчетные данные подтверждают наличие временного тренда в графике выработки закаленного стекла.

Вычитая из исходного временного ряда трендовую составляющую, получают сумму сезонной компоненты со случайной составляющей:

$$Y_t - U_t = V_t + e_t. \quad (4.3)$$

На рис. 4.7 графически отображены эти компоненты в виде остатка. Сезонная компонента V_t имеет периодичность в двенадцать месяцев, то есть $T_0 = 12$ мес. Она адекватно описывается синусоидальной кривой

$$V_t = 50000 \sin((2\pi/12)t + 2\pi \cdot 2,85/4). \quad (4.4)$$

Амплитуда синусоиды (50000) и фазовый сдвиг ($2\pi \cdot 2,85/4$) подбирались численным методом по равенству нулю среднего значения и минимуму дисперсии случайной компоненты e_t .

Случайная компонента e_t имеет следующие параметры:

- среднее значение равно 226,3 (шт./мес.), что статистически незначимо при уровне значимости 0,05;
- оценка дисперсии равна $1,37 \cdot 10^9$ (шт./мес.)².

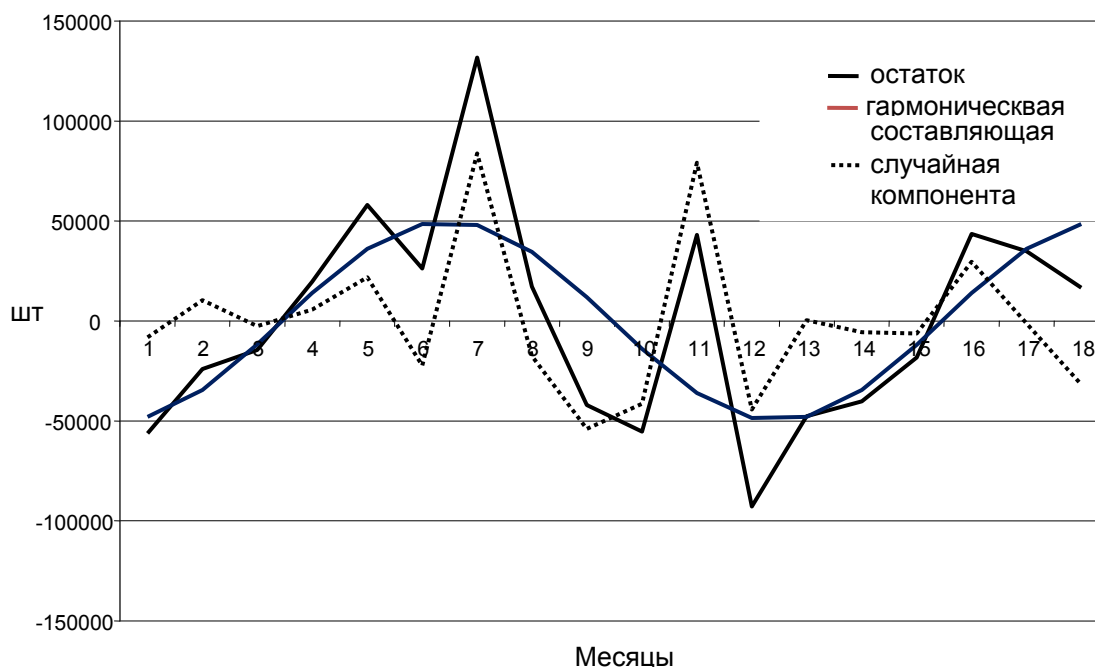


Рис. 4.7. Выделение гармонической и случайной компонент

Правильность определения систематических компонент U_t и V_t временного ряда (4.1) оценивалась по результатам анализа случайной компоненты e_t , которая обладает следующими свойствами (рис. 4.8):

- случайностью колебаний, определяемой по точкам перегиба $p=11 > p_k=9$;

- соответствием распределения нормальному закону, определяемым по R/S критерию. Расчетное значение $R/S=3,69$ находится в области критических границ для уровня значимости 0,05, равной $R/S=3,3-4,21$;

- равенством математического ожидания нулю, определяемым с помощью t -критерия Стьюдента, $t_p=0,48 \leq t_{кр}=2,1$ (для уровня значимости 0,05);

- независимостью значений уровней случайной последовательности, определяемой по d -критерию Дарбина – Уотсона, $dw=1,4 > d_2=1,39$ (для уровня значимости 0,05 имеем $d_1=1,16$; $d_2=1,39$).

Проверка показала выполняемость у случайной компоненты всех четырех свойств, что подтверждает адекватность разработанной модели (4.5):

$$Y_t = -12707t + 665390 + 50000\text{Sin}((2\pi/12)t + 2\pi 2,85/4) + e_t. \quad (4.5)$$

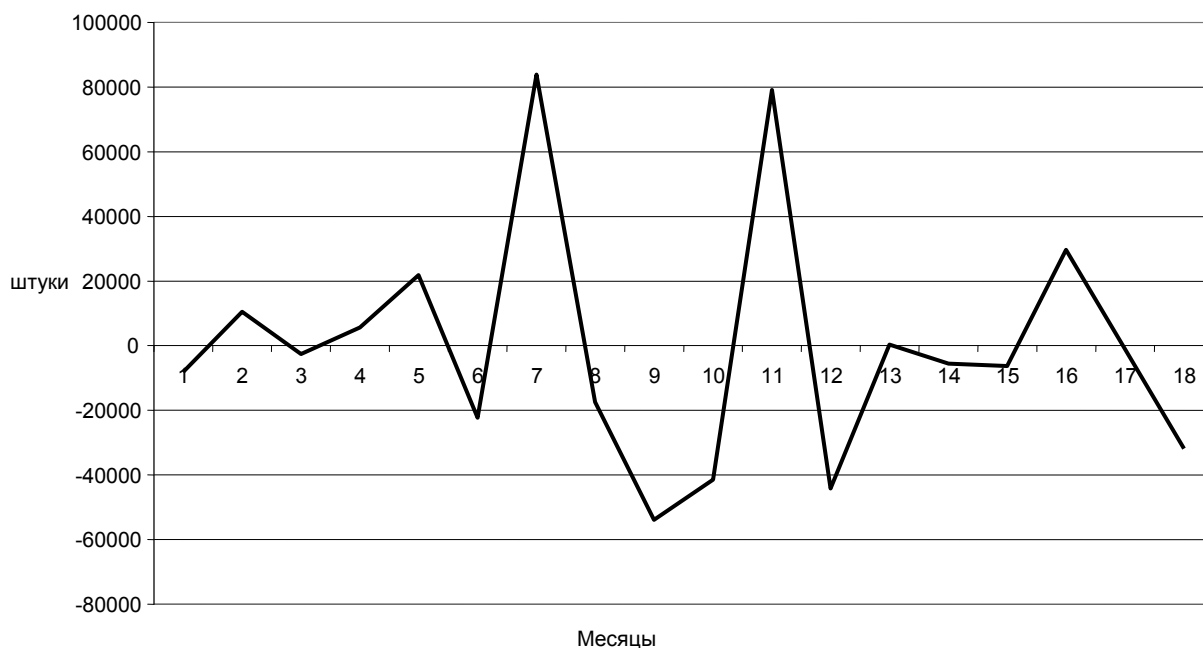


Рис. 4.8. Случайная компонента временного ряда выработки закаленного стекла

Как следует из уточненного анализа, в рассматриваемом временном интервале выработка на печи SIV по пропущенному стеклу

характеризуется некоторой нестабильностью. Среднее абсолютное уменьшение выработки изделий в течение месяца составило

$$\Delta u_{\text{ср}} = 12707 \text{ шт.}$$

Относительная скорость уменьшения выработки закаленных стекол в последнем месяце составила величину $12707/449371 \cdot 100 = 2,83 \%$.

Сезонная компонента V_t отражает увеличение выработки закаленного стекла в зимние месяцы года (декабрь – январь) и уменьшение в летние месяцы (июнь – июль) на величину, примерно равную, 50000 шт./месяц. Одной из причин может быть выработка крупногабаритных стекол в летние месяцы года и малогабаритных – в зимние месяцы, а также колебание температуры воздуха, используемого для охлаждения стекла в процессе закалки.

Ритмичность *CADENCE* характеризует установленный порядок производственного процесса закалки стекла во времени, основана на непрерывности и равномерности технологического процесса производства стекла. Ритмичность обеспечивает бесперебойность и своевременность изготовления и выпуска продукции. На графике (рис. 4.9) отражена ритмичность процесса изготовления закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV* в течение 18 мес. и линия тренда, аппроксимируемая полиномом второго порядка.

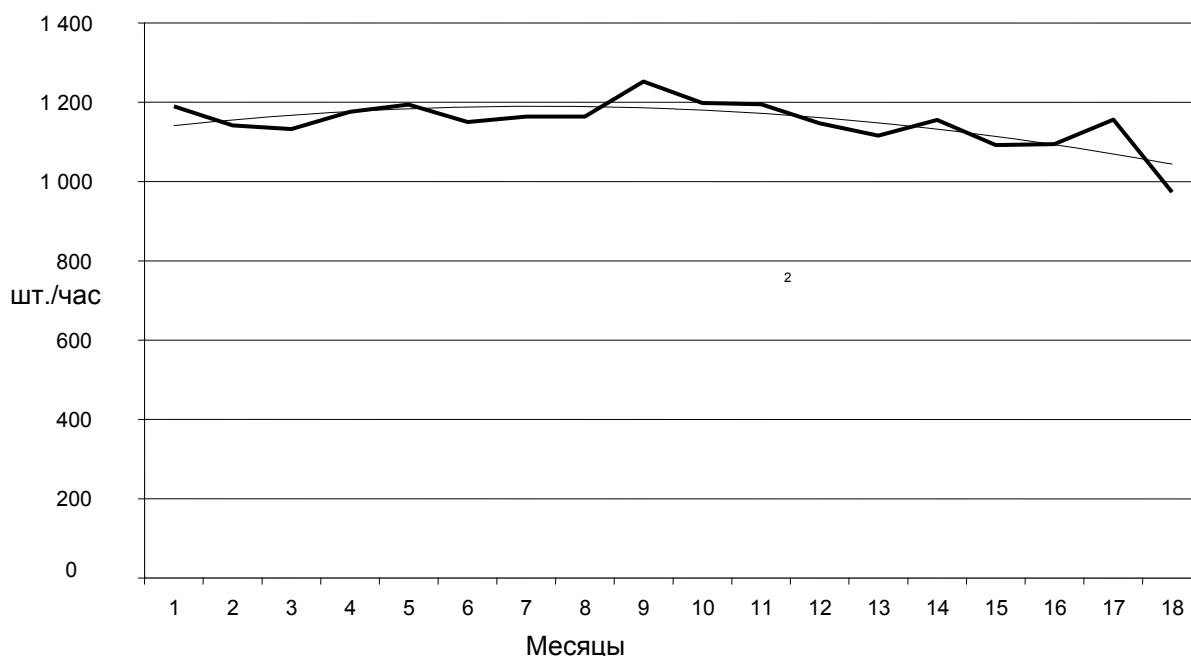


Рис. 4.9. Ритмичность производства закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV*

Среднее арифметическое значение ритмичности равно 1149 изделиям в час со стандартным отклонением 59, что составляет 5,1 %.

Представленная временным рядом ритмичность выработки закаленного стекла описывается математической моделью вида (4.1), в которой содержатся три компоненты:

$$Y_t = 1123,7 + 18,23t - 1,26t^2 + 27\text{Sin}((2\pi/4)t + 2\pi 0,05) + e_t. \quad (4.6)$$

Безотказность технологического процесса – один из показателей надежности. Она может оцениваться с помощью коэффициента использования технической системы, характеризующего временную эффективность технологического процесса:

$$CU = (T_f / T_p), \quad (4.7)$$

где T_f – длительность технологического процесса (фактическое время работы), ч;

T_p – продолжительность рабочего периода технологического процесса (плановое время работы), ч.

Коэффициент использования стекольных автоматов, моечной машины, печи *SIV* оценивается в каждой рабочей смене. На рис. 4.10 приведены графики коэффициента использования машин *CU* технологического процесса выработки закаленного стекла за 18 мес. работы.

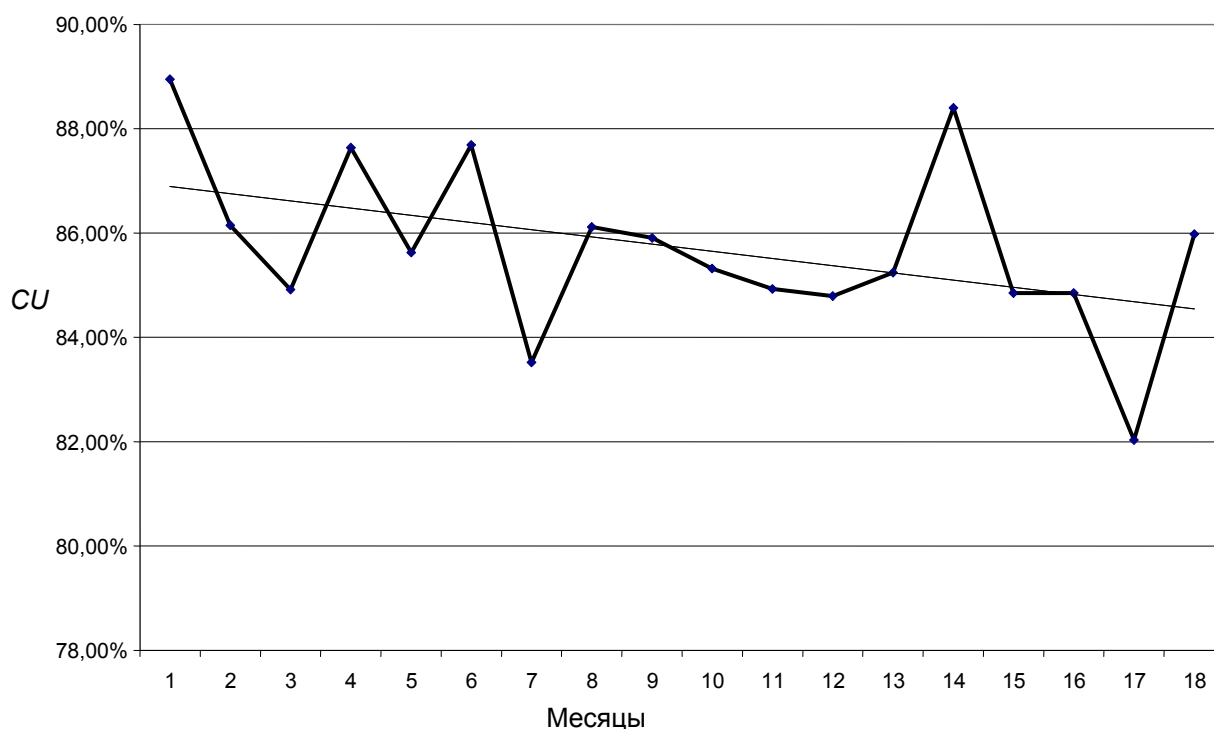


Рис. 4.10. Коэффициент использования оборудования *CU*

Как видно из рис. 4.10, коэффициент использования технической системы при изготовлении закаленных стекол имеет стационарный характер. В нем присутствует незначимая по величине трендовая составляющая, описываемая уравнением

$$y = 87 - 0,14 t, \quad (4.8)$$

где y – коэффициент использования технической системы, в %;
 t – время, в месяцах.

Среднее значение CU на интервале наблюдений составило 85,72 % со стандартным отклонением 1,68 %. Среднее месячное уменьшение коэффициента использования не превышает 0,14 %.

В ряду динамики, отражающем изменение во времени коэффициента использования машин CU , присутствует случайная компонента, описываемая нормальным законом распределения со стандартным отклонением, равным 1,5 %. Вариация коэффициента использования машин при этом составляет 1,96 %, что характеризует достаточно высокую точность процесса изготовления закаленного стекла.

Расчеты выхода годной продукции $Yield$ (3.4) проводятся по-прежнему для стекольных автоматов, моечной машины, печи SIV . Результаты расчетов выхода продукции графически отображены на рис. 4.11.

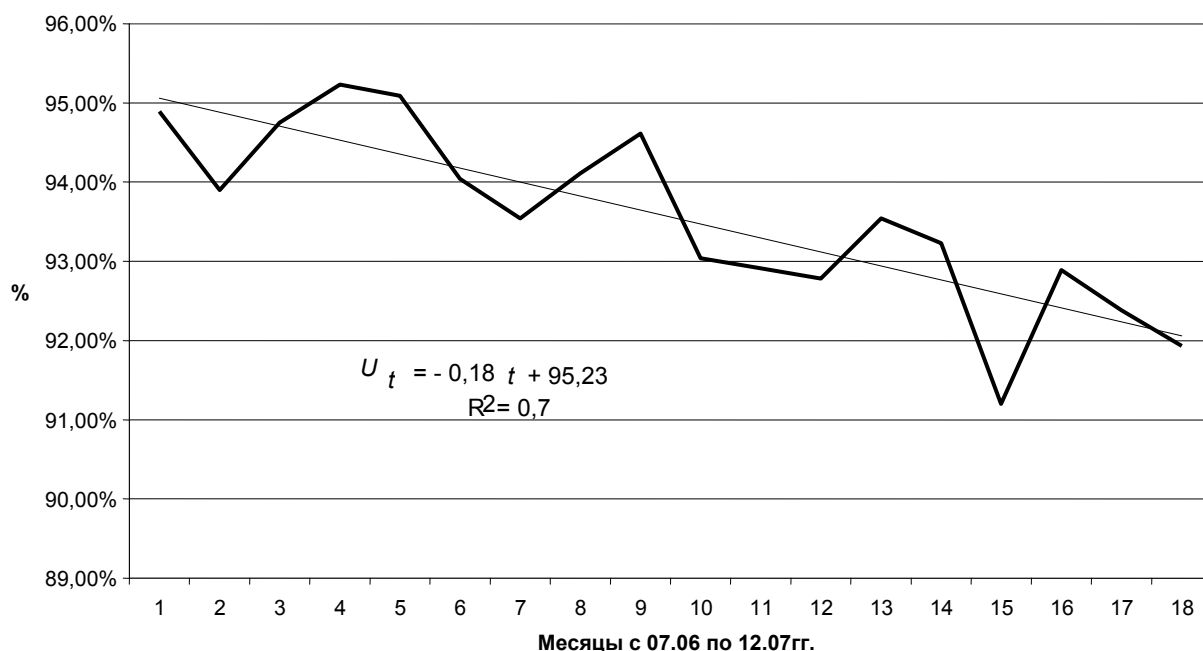


Рис. 4.11. Выход годной продукции после закалки

Упорядоченная во времени последовательность выработки закаленного стекла (см. рис. 4.11) хорошо описывается временным рядом, порождаемым аддитивным случайным процессом, описываемым моделью вида (4.1):

$$Y_t = 95,23 - 0,18t + 0,58\text{Sin}((2\pi/4,1)t + 2\pi \cdot 0,15) + e_t. \quad (4.9)$$

Случайная компонента e_t имеет следующие параметры:

- среднее значение равно 0,03 %, что статистически незначимо при уровне значимости 0,05;
- стандартное отклонение равно 0,425 %.

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 высокую однородность анализируемых данных по выходу годной продукции. Вместе с тем необходимо указать на 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 (см. рис. 4.2). Технологический процесс оценивают для управления им при производстве закаленного стекла требуемого качества и количества, а также в целях:

- недопущения непроизводительных затрат и потерь ресурсов;
- подтверждения соответствия технологических процессов требованиям стандарта предприятия при аудитах;
- набора статистических данных для принятия управленческих и конкретных технических решений по совершенствованию оцениваемых процессов.

Объектом исследования является один из ключевых технологических процессов в производстве закаленного стекла – закалка, представляющая собой критический процесс, определяющий геометрию и параметры готовых стекол (см. рис. 4.4, табл. 4.1).

Стекла для бокового остекления автомобилей изготавливают на горизонтальной установке, в которой проводится нагрев заготовок, прессование, закалка и охлаждение готовых изделий [71]. Заготовки

стекла нагревают в туннельной четырехкамерной печи *SIV*. Технологический режим нагрева заготовок стекла контролируют с помощью 32 термопар, установленных в камерах печи. Каждая камера состоит из двух зон. В каждой зоне измеряют температуру с помощью трех термопар, установленных в своде по ширине печи и одной – в поде печи. Контролируют скорость перемещения заготовок в печи, а также в цикле ускорения на выходе из печи.

Печь имеет постоянный цикл загрузки заготовок стекла, равный 6,5 с. Количество потоков зависит от размера заготовок, колеблется от одного при больших и до четырех при малых стеклах. Количество потоков влияет на ритмичность процесса закалки и, соответственно, на выработку закаленных стекол.

Технологический процесс прессования (рис.4.12) характеризуется: циклом загрузки, количеством потоков, температурой прессования, измеряемой пирометром в каждом потоке, временем прессования, радиусом шаблона, замедлением валков, началом цикла левого и правого, интервалом 1 и 2 левым и правым, высотой подъема пуансона 1-го и 2-го, расходом воздуха на верхние и нижние обдувки, расстоянием между обдувками.

Процесс быстрого охлаждения контролируется по давлению воздуха, подаваемого в обдувные верхние и нижние решетки.

Для извлечения полезной информации из массива данных была использована технология анализа процессов *PAT*. В частности, с помощью методов кластерного и множественного корреляционного анализов были существенно понижены размеры системы, описывающей температурный режим нагревания стекла [72].

Отобранные наиболее информативные сводовые и подовые термопары (импульсы) приведены в табл. 4.3. Таким образом, для контроля температурного режима печи *SIV* достаточно иметь 8 информативных сигналов вместо 32.

Таблица 4.3

Информативные импульсы по показаниям сводовых и подовых термопар

Камера	1	2	3	4
Сводовые термопары	2	15	18	30
Подовые термопары	4	16	20	32

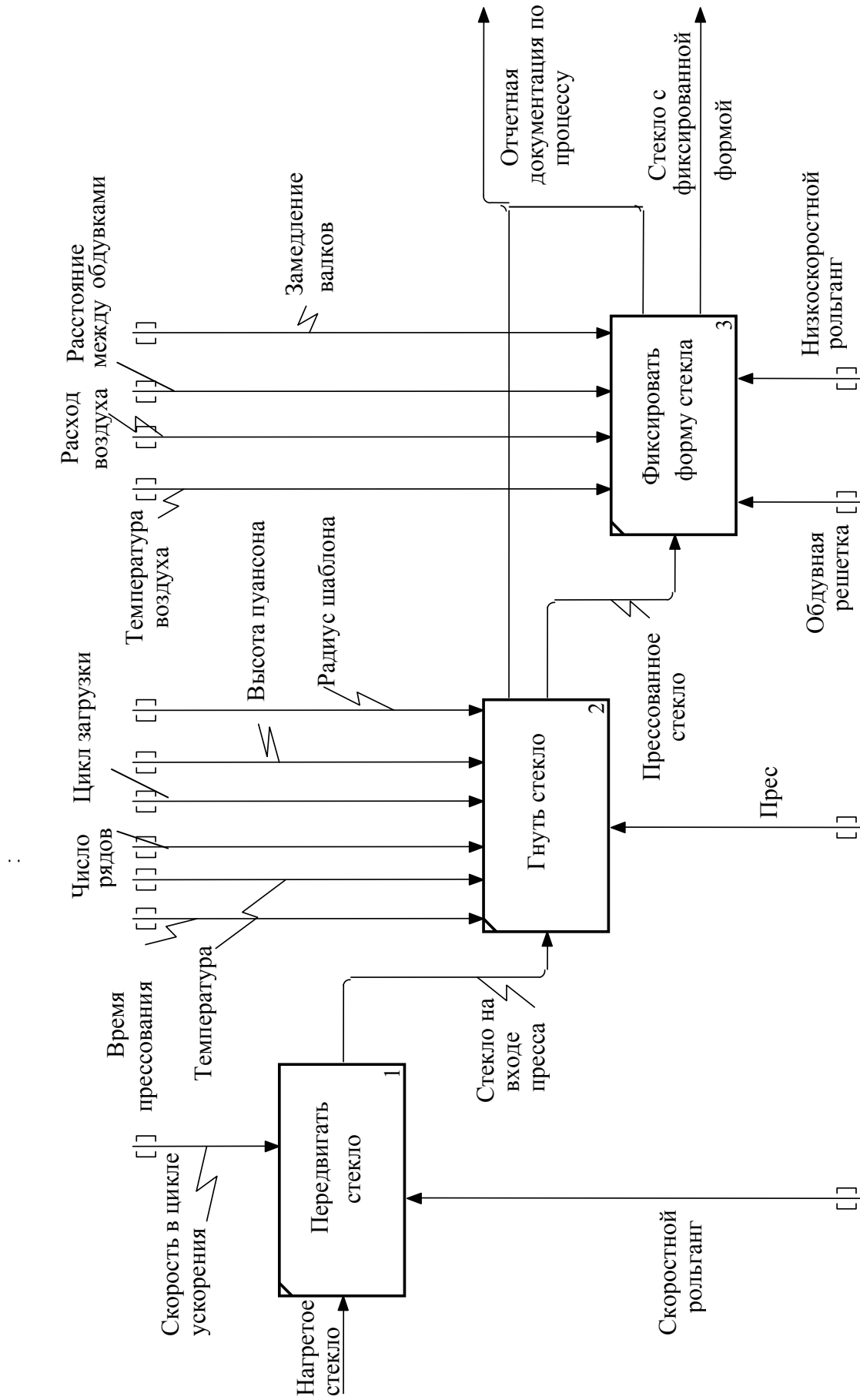


Рис. 4.12. А232 – Прессовать стекло

Отлаженность процесса характеризуется статистическими данными температурного режима работы печи *SIV* (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Статистические оценки температурного режима камер печи *SIV* по показаниям информативных термопар

Камера	Термопара	Средняя температура, °С	Стандартное отклонение, °С	Коэффициент вариации, %	Асимметрия	Эксцесс
1	Свод 2	620,1	23,7	3,8	-3,78	1,54
	Под 4	591,6	25,3	4,3	-4,66	5,0
2	Свод 15	628,2	11,2	1,8	-1,79	0,32
	Под 16	611,4	12,2	2,0	-1,85	-0,36
3	Свод 18	640	11,2	1,7	0,3	-0,44
	Под 20	611	15,4	2,5	3,8	1,69
4	Свод 30	641,8	11,9	1,8	-0,41	-0,37
	Под 32	612,8	17,7	2,9	2,96	0,32

Выдерживание температурного режима в камерах нагрева печи *SIV* характеризуется стационарностью и высокой точностью. Коэффициент вариации температур относительно среднего уровня не превышает 4,3 %. Плотность вероятностей распределения температуры в контролируемых точках камер нагрева отличается от нормального закона распределения, на что указывают расчетные значения показателей асимметрии и эксцесса (см. табл. 4.4). Для нормального закона распределения эти характеристики должны равняться нулю.

Для примера на рис. 4.13 приведена гистограмма распределения отклонения показаний термопары 2, установленной в своде первой камеры печи *SIV*. Распределение характеризуется

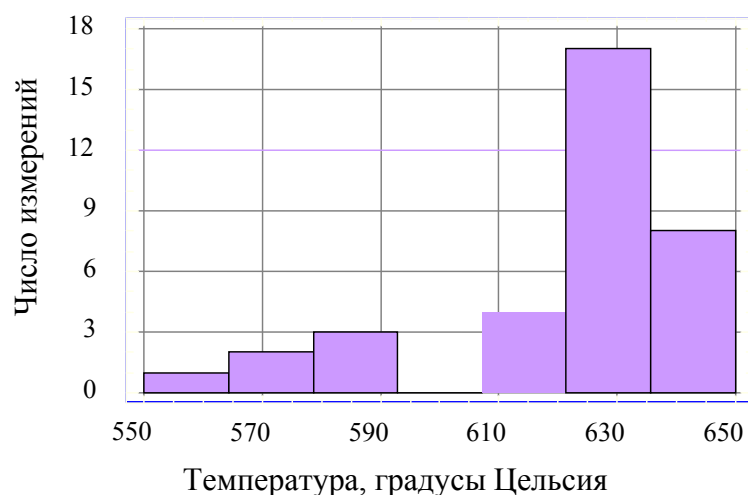


Рис. 4.13. Распределение отклонений показаний термопары 2, установленной в своде первой камеры печи *SIV*

отрицательной асимметрией (расчетный показатель асимметрии равен минус 3,78) и большой вершинностью (эксцесс распределения равен 1,54). Отличие распределения от нормального закона делает некорректным использование известных методик оценки точности и стабильности процессов, рассчитанных для нормального закона распределения.

Отлаженность технологического процесса прессования оценивалась по статистическим данным режима прессования (табл.4.5). Высокая вариабельность таких параметров прессования, как высоты пуансона 1 (34,3 %) и интервал левый 1 (26,3 %), объясняется настройкой пресса на выработку стекол различных типов, отличающихся конфигурацией и размерами. Остальные технологические параметры прессования имеют средний коэффициент вариации, не превышающий величины 6,9 %.

Таблица 4.5

Статистические данные режима работы пресса печи *SIV*

Параметры	Число наблюдений	Среднее значение, °С	Стандартное отклонение, °С	Коэффициент вариации, %	Асимметрия	Эксцесс
Пирометр 1	34	650,7	11,65	1,79	2,7	1,8
Замедление валков	34	0,2	0,012	6,0	-2,2	2,2
Начало цикла, левый	31	1,21	0,0074	0,61	4,3	8,1
Интервал левый 1	35	0,3	0,079	26,3	-0,1	-1,7
Интервал левый 2	35	0,38	0,024	6,3	-1,0	-2,33
Высота пуансона 1	35	13,68	4,69	34,3	-1,8	-1,4
Предварительное охлаждение, верх	34	157	4,62	2,9	-2,2	-1,4
Предварительное охлаждение, низ	35	128,8	8,91	6,9	0,17	-1,8

Стабильность и точность процесса – основные показатели исполнения технологического процесса производства закаленного стек-

ла, но они не полностью определяют качество вырабатываемой продукции, так как на качество могут влиять и другие факторы. Поэтому важно оценивать отлаженность и настроенность технологического процесса по показателям вырабатываемой продукции и уровню дефектности.

4.3. Оценка отлаженности и настроенности технологического процесса закалки по характеристикам выработанной продукции и уровню дефектности

ГОСТ на безопасное стекло для наземного транспорта [9] и технические условия на закаленные автомобильные стекла определяют требования к производимым изделиям, которые можно классифицировать на критические и значительные показатели. К критическим показателям относятся выдерживание удара стального шара, требования на характер разрушения (тест на фрагментацию). Значительными показателями являются размеры стекла, неприлегание, сколы, светопропускание, оптические искажения, смещение проектируемой линии, смещение вторичного изображения, оптические искажения в проходящем и отраженном свете.

Важное свойство технологического процесса – отлаженность. Показателями отлаженности процесса служат (по ГОСТ 27.201-81): коэффициент смещения центра рассеяния параметра, коэффициент рассеяния контролируемого параметра, коэффициент временной стабильности процесса и коэффициент межнастроечной стабильности.

Точность технологического процесса закалки характеризуется степенью соответствия измеренных значений параметров допускаемым значениям, указанным в технической документации. Точность определяется по значению коэффициента вариации K_{δ} (3.6) контролируемых параметров.

Временная стабильность процесса закалки оценивается по отсутствию тренда в контролируемых параметрах. В качестве показателя отлаженности процесса закалки с учетом его перенастроек на выработку изделий разных типов выбирается коэффициент межнастроечной стабильности K_{mc} (3.7), который позволяет сравнивать стабильность процесса в настройках.

Анализ результатов испытаний выработанного закаленного стекла в течение года показал невысокую стабильность и точность процесса. Коэффициент вариации результатов испытаний составил:

- по фрагментации – 223 %;
- по удару – 241 %.

Результаты анализа показывают невысокую отлаженность технологического процесса закалки в горизонтальной печи *SIV*.

Коэффициенты межнастроечной стабильности $K_{мс}$, по фрагментации, рассчитанный по данным первого и третьего кварталов, составил величину $0,289/0,173=1,67$, что также характеризует низкую отлаженность процесса закалки.

Точность и стабильность технологического процесса закалки может оцениваться также на основе показателей уровня дефектности. Каждый вид дефекта имеет идентификатор. Всего видов дефекта 10: неприлегание; бой; дефекты, вызванные наладкой при переходах на выработку другой продукции; царапины; заколы; брак, вызываемый хранением на стеллажах; дефекты черного канта; посечки; осыпь (мелкие заколы) и прочие дефекты.

Дефекты закаленного стекла на горизонтальной печи *SIV*, обнаруженные в течение месяца работы, отображены на диаграмме (рис.4.14).

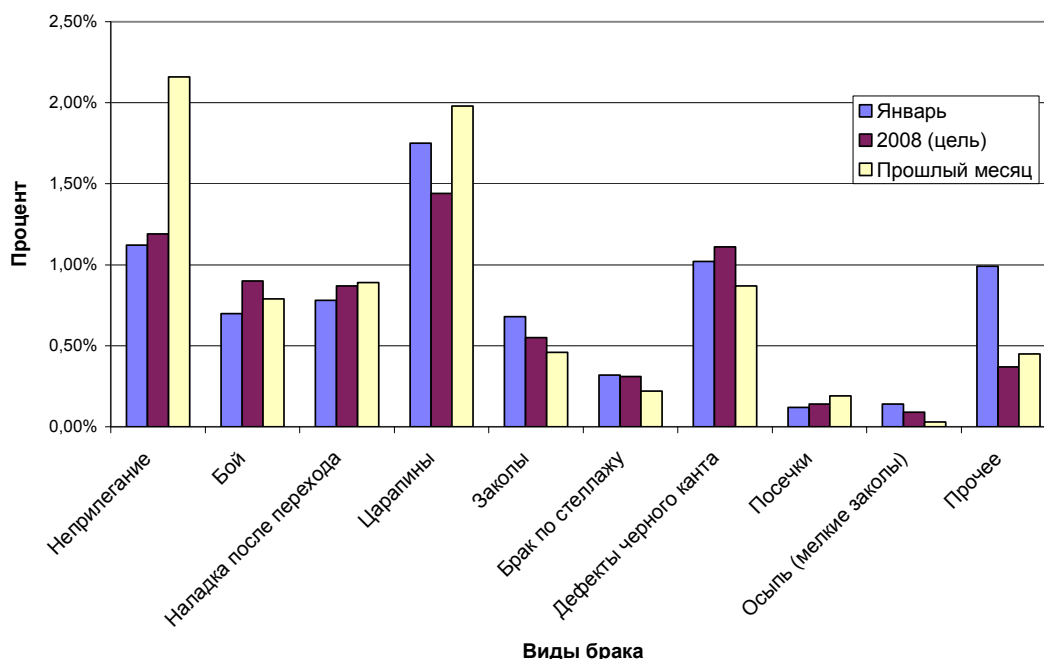


Рис. 4.14. Диаграмма Парето дефектов закаленного стекла

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.

Уровень *PPM* дефектности продукции участка закалки производства «Закаленное стекло» отображен на рис. 4.15.

Как видно из рисунка, упорядоченная во времени последовательность дефектности изделий хорошо описывается временным рядом, порождаемым аддитивным случайным процессом:

$$U_t = 29,64t^2 - 543,5t + 3626,4 + 800\sin((2\pi/12)t + 2\pi/6) + e_t. \quad (4.10)$$

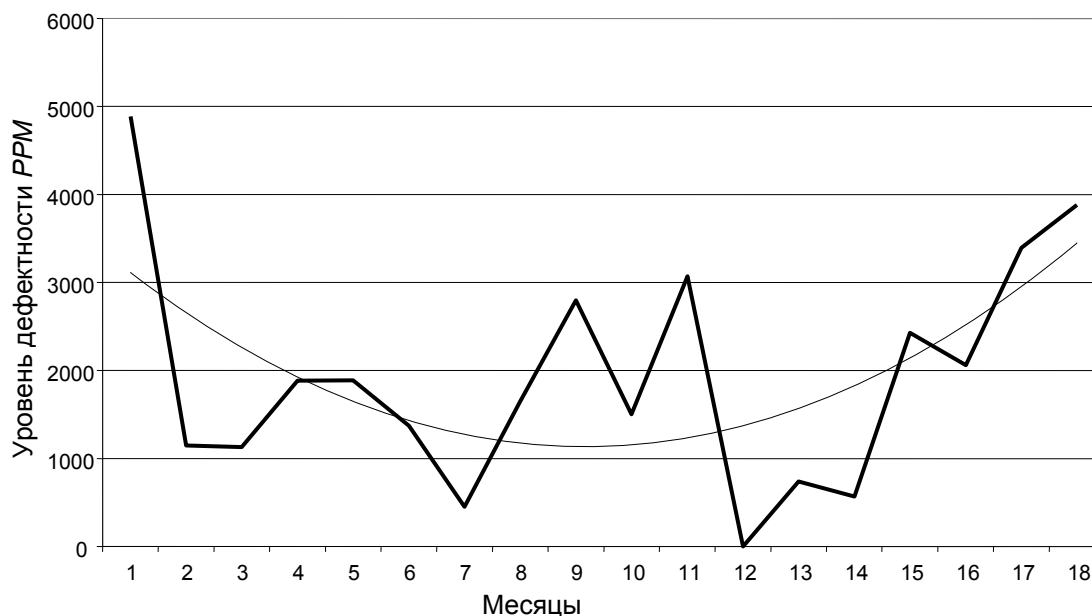


Рис. 4.15. График изменения дефектности *PPM* выработываемого закаленного стекла

Трендовая компонента описывается полиномом второй степени, сезонная – синусоидальной кривой с периодом двенадцать месяцев $T_0 = 12$. Случайная компонента e_t подчиняется нормальному закону распределений, имеет следующие параметры:

- среднее значение дефектности *PPM* равно 166,2, что статистически незначимо при уровне значимости 0,05;
- стандартное отклонение равно 934,4.

Как следует из проведенного анализа, в рассматриваемом временном интервале дефектность *PPM* выработываемого закаленного

стекла характеризуется нестабильностью. Сезонная компонента V_t отражает увеличение дефектности *PPM* стекла в начале года (январь – май) и уменьшение в осенние месяцы (июль – ноябрь) на величину, примерно равную 800. Причины могут быть как производственного характера, так и технологического. Моделирование технологического процесса закалки позволит выяснить истинные причины.

На производстве «Закаленное стекло» функционирует автоматизированная система мониторинга *GP 2000*. Вся информация о протекающем процессе собирается и сохраняется в базе данных системы. Анализ собранной информации позволяет оценивать качество производства закаленного стекла, тенденции изменений и принимать корректирующие действия по поддержанию высокого качества изготавливаемой продукции.

4.4. Разработка моделей, описывающих процесс закалки автомобильного стекла

Стекла для бокового остекления автомобилей изготавливаются на горизонтальной установке, в которой проводится нагрев заготовок, пресование, закалка и охлаждение готовых изделий. Технологический процесс закалки стекла сложный и слабо формализуемый объект исследования. На результат закалки влияет множество управляемых и неуправляемых величин и их взаимосвязи. Все это делает неэффективным использование традиционных методов для исследования процесса закалки.

Удобным инструментом исследования слабоструктурированных, плохо формализуемых задач служит когнитивная структуризация, которая способствует углублению понимания проблем, выявлению противоречий, качественному их анализу [44]. Цель когнитивной структуризации состоит в формировании и уточнении гипотезы о процессе закалки стекла. Чтобы понять и проанализировать поведение сложной технологической системы, какой является процесс закалки, строится структурная схема причинно-следственных связей. Элементы системы изображаются в виде вершин графа, которые соединяются ориентированными дугами. Для описания степени влияния элементов графа друг на друга используют лингвистические переменные типа: «сильно», «слабо», «больше», «меньше». В зависимости от совокупности значений той или иной лингвистической переменной выбирают числовую шкалу соответствующей метрики. С по-

мощью таких шкал качественным значениям переменных присваивают определенные числовые значения. В результате получают взвешенный ориентированный граф. Такая схема, интерпретирующая мнения, взгляды лиц, принимающих решения, называется когнитивной картой (моделью).

Для построения когнитивной модели технологического процесса закалки стекла была использована следующая методика [73].

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, учитывающую 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. 4.16).

Заготовки стекла базируются на транспортирующий рольганг 4 и поступают в горизонтальную печь нагрева. Равномерность нагрева заготовок стекла 5, 6 зависит от регулировки температуры в зонах печи 2, конвекции в зонах 1 и 2 воздуха 16, 17, толщины стекла 8 и разнотолщинности 9. В процессе нагрева стекло приобретает требуемую для прессования вязкость 7, которая зависит не только от режима нагрева, но и от химического состава стекла 1, который влияет на светопропускание стекла 3.

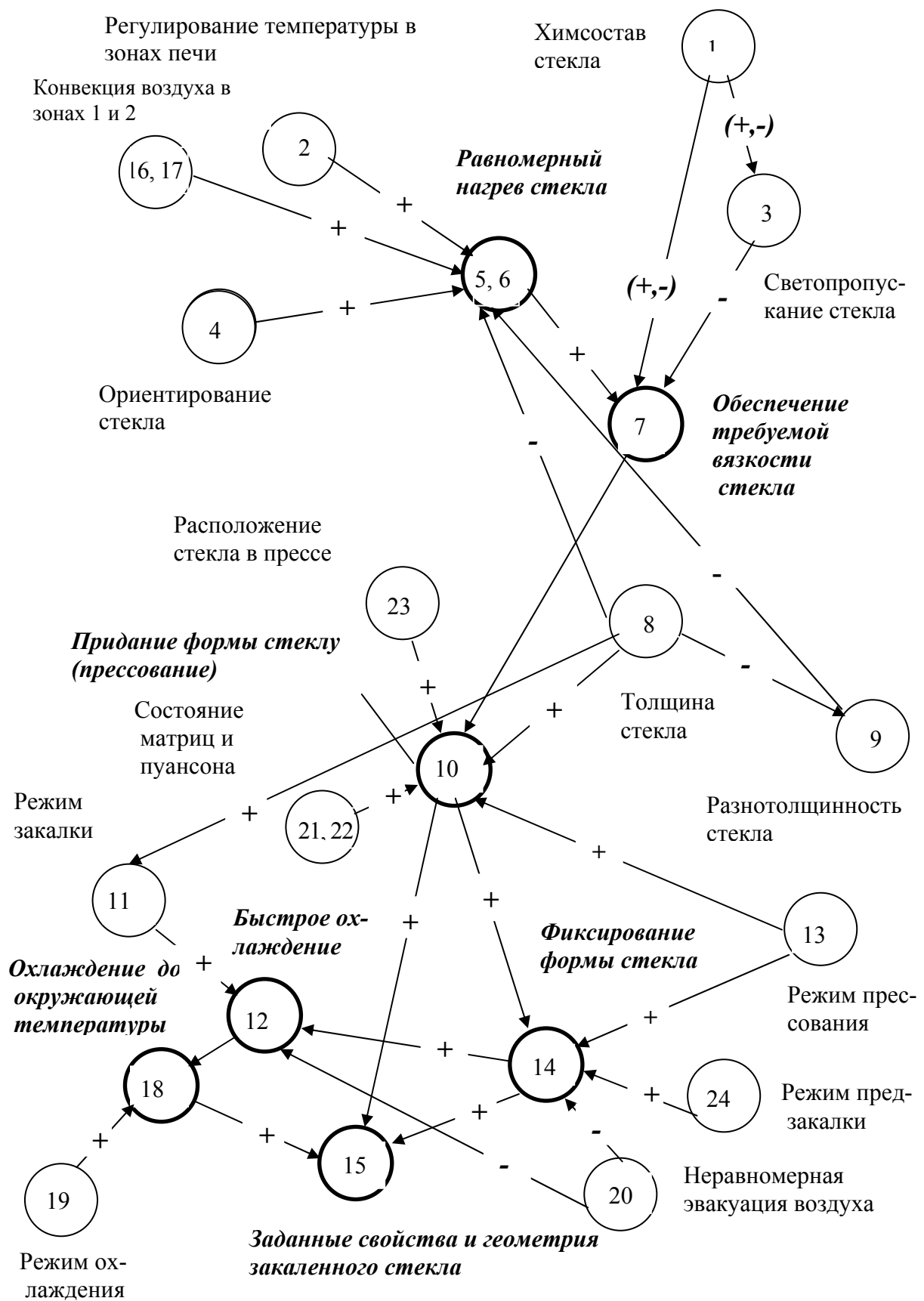


Рис. 4.16. Когнитивная модель процесса закалки стекла

Придание требуемой геометрии стеклу в процессе прессования 10 зависит от вязкости стекла, толщины стекла, расположения стекла в прессе 23, режима прессования 13, а также состояния матриц и пуансона прессы 21, 22. Полученная геометрия стекла 15 в процессе прессования фиксируется 14 подбором режима предзакалки 24. Качество фиксации зависит от режима прессования и неравномерной эвакуации воздуха из зоны 20. Затем стекло подвергается быстрому охлаждению, то есть закалке 12. Процесс закалки обеспечивается режимом закалки 11 и зависит от неравномерной эвакуации воздуха. Закаленное стекло охлаждается до окружающей температуры 18 подбором режима охлаждения 19. Заданные свойства закаленного стекла и его геометрия определяются прессованием, фиксированием формы после прессования, закалкой и охлаждением.

Разработанная когнитивная модель может быть использована в системе менеджмента качества для выработки корректирующих действий, а также в системе поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом закалки стекла в горизонтальной печи *SIV*.

К закаленному стеклу предъявляются высокие требования к допускам на отклонения гнутых изделий от заданной формы. Форму и размеры гнутых изделий проверяют по контрольному шаблону [9]. Зазор между кромкой стекла и контуром шаблона (неприлегание) по четырём сторонам $A - B$, $B - C$, $C - D$, $D - F$ не должен превышать заданной величины. Контролируется также поперечная кривизна по отклонению образующей линии от цилиндрической поверхности. Эти характеристики изделия зависят от многих факторов [73].

Ниже приводятся результаты исследования влияния процесса закалки на форму стекла на примере выработки гнутых стекол для автомобиля *DAEWOO LANOS*.

Статистический анализ результатов измерений формы стекла выявил значительный разброс неприлегания и отклонение образующей цилиндра (табл. 4.6). Коэффициент вариации изменяется в широких пределах от 33,3 до 44,2 %, что характеризует низкую точность процесса производства.

Характер распределения результатов измерений отличается от нормального закона распределения вероятностей, на что указывают значения расчетных коэффициентов асимметрии и эксцесса, которые должны равняться нулю при нормальном законе распределений.

Таблица 4.6

Суммарная статистика показателей формы стекла

Показатель	Неприлегание по сторонам				Отклонение образующей
	$A - B$	$B - C$	$C - D$	$D - F$	
Среднее значение, мм	1,15	1,36	1,12	1,42	0,38
Дисперсия разброса, мм ²	0,25	0,27	0,23	0,27	0,12
Стандартное отклонение, мм	0,51	0,52	0,48	0,52	0,35
Коэффициент вариации, %	44,2	38,3	43,2	37,0	33,3
Минимальное значение, мм	0,2	0,3	0,2	0,5	-0,66
Максимальное значение, мм	2,8	2,8	2,9	2,9	1,44
Коэффициент асимметрии, %	6,6	4,9	5,7	3,6	4,2
Коэффициент эксцесса, %	3,5	0,66	1,65	-1,04	1,25

Анализировалась зависимость неприлегания по сторонам стекла, а также отклонения линии от цилиндрической поверхности по данным контрольных измерений. Объем выборки составлял 313 измерений. Теснота связи между результатами измерений оценивалась с помощью коэффициентов парной корреляции (табл. 4.7).

Таблица 4.7
Матрица парных коэффициентов корреляции

y	1	2	3	4	5
1	1,00	0,06	0,02	0,3	0,15
2	0,06	1,00	0,31	0,33	-0,01
3	0,02	0,31	1,00	0,15	-0,22
4	0,3	0,33	0,15	1,00	-0,18
5	0,15	-0,01	-0,22	-0,18	1,00

Обозначения: y_1 – неприлегание на стороне $A - B$ стекла; y_2 – неприлегание на стороне $B - C$; y_3 – неприлегание на стороне $C - D$; y_4 – неприлегание на стороне $D - F$; y_5 – отклонением линии от цилиндрической поверхности.

Важным было установление влияния конфигурации и размеров вырабатываемых стекол на отклонение формы. Данная задача решалась с использованием дисперсионного анализа. Для анализа были использованы данные измерений отклонений фор-

Приведенные в табл. 4.7 значения расчетных коэффициентов корреляции указывают на невысокую тесноту связи между измерениями неприлегания по сторонам стекла и отклонением образующей цилиндра. Это позволяет использовать для описания формы закаленного стекла систему независимых уравнений.

В качестве влияющих факторов при построении моделей рассматривались более 20 режимных пере-

мы вырабатываемых боковых стекол больших размеров 760×600 мм (левого и правого), а также малых размеров 686×526 мм (левого и правого). Объем выборки при анализе составил 313 измерений. Выработка больших стекол на установке проводится одним, малых – двумя потоками, то есть параллельно обрабатываются две заготовки стекла. При анализе конфигурация стекла, определяемая стороной остекления, кодировалась числами: левое стекло – 0, правое – 1. Количество потоков загружаемых заготовок стекла зависит от их размеров, поэтому для кодирования стекол больших размеров использовалось число 1, а малых 2. С помощью однофакторного дисперсионного анализа определялось влияние конфигурации стекла и размеров на отклонение формы стекол, то есть на величину неприлегания и отклонение образующей цилиндра.

Сравнивая дисперсию по факторам с остаточной дисперсией, по величине их F -отношения судят, насколько значимо проявляется влияние факторов. В табл. 4.8 приведены результаты дисперсионного анализа влияния конфигурации стекла на отклонение образующей цилиндра для больших и малых стекол.

Таблица 4.8

Дисперсионный анализ влияния конфигурации стекла на отклонение образующей цилиндра

Компонента дисперсии	Большие стекла		Малые стекла	
	Средний квадрат, мм ²	F -отношение	Средний квадрат, мм ²	F -отношение
По факторам	3,74	34	2,63	26,3
Остаточная	0,11		0,1	
Общая	0,13	-	0,11	-

Расчетные F - критерии больше табличного значения, выбранного для уровня значимости 0,05, равного $F=3,9$. Значит, расхождение между средними квадратами подтверждает влияние фактора конфигурации стекла на отклонение образующей цилиндра.

Проведенный дисперсионный анализ позволил установить также влияние размеров стекла на величину неприлегания и отклонение образующей цилиндра. Результаты дисперсионного анализа были использованы при выборе структуры регрессионных моделей. В структуру разрабатываемых моделей, наряду с режимными переменными,

включались в качестве влияющих факторов конфигурация и размеры изготавливаемых изделий [79].

С использованием экспериментальных данных была разработана система независимых уравнений, описывающая влияние технологического процесса закалки на отклонение формы стекла от шаблона:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 13,6 - 1,82x_{12} + 0,03x_{19} - 0,25x_{22}; \\
 y_2 &= 20,9 - 0,012x_6 - 1,68x_{12} - 3,9x_{15} - 1,5x_{17} + 0,06x_{19} - 0,42x_{22}; \\
 y_3 &= 2,34 - 0,021x_8 + 0,019x_{10} - 0,31x_{13}; \\
 y_4 &= -3,1 + 0,019x_4 - 0,012x_6 + 3,14x_{18} - 0,16x_{22}; \\
 y_5 &= -2,05 - 0,009x_6 + 0,013x_7 + 0,0032x_9 - 1,79x_{17} + 2,07x_{18} + \\
 &\quad + 0,057x_{19} - 0,013x_{20} - 0,389x_{22}, \tag{4.11}
 \end{aligned}$$

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; влияющие факторы: x_4 – температура свода в камере 1 по центру зоны 1; x_6 – температура свода в камере 2 в зоне 2; x_7 – температура пода в камере 2 в зоне 12; x_8 – температура свода в камере 3 по центру зоны 1; x_9 – температура пода в камере 3 в зоне 11; x_{10} – температура свода в камере 4 в зоне 2; x_{12} – скорость транспортера в печи; x_{13} – размеры вырабатываемых стекол, определяемые количеством потоков заготовок на транспортирующем конвейере; x_{15} – замедление валков на входе прессы; x_{17} – режим прессования, интервал левый 1; x_{18} – режим прессования, интервал левый 2; x_{19} – высота подъема пуансона 1; x_{20} – давление воздуха, подаваемого сверху при предварительном охлаждении прессованного стекла x_{22} – конфигурация стекла, определяемая стороной остекления.

Статистические характеристики разработанных регрессионных моделей (4.11) приведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Статистические характеристики регрессионных моделей

Модель	Коэффициент детерминации, %	F-критерий	Среднее значение стандартной ошибки, мм	Коэффициент корреляции расчетных данных с реальными данными
y_1	14,9	18	0,47	0,38
y_2	19,5	12,4	0,44	0,44
y_3	11,3	13,1	0,46	0,34
y_4	13,3	12	0,49	0,36
y_5	29	15,5	0,3	0,54

Коэффициенты детерминации разработанных моделей невысокие. Расчетные значения F -критерия больше табличных значений для уровня значимости 0,05, что подтверждает значимость полученных коэффициентов детерминации, то есть показывает наличие стохастической связи между результирующими переменными и влияющими факторами. Близость модельных данных к экспериментальным данным можно оценивать с помощью коэффициентов парной корреляции между расчетными и фактическими данными отклонений формы стекла. Расчетные коэффициенты получились статистически значимыми (см. табл. 4.9).

Полученные линейные регрессионные уравнения (4.11) можно записать в общем виде:

$$y(t) = b_0 + b_1 \cdot x_1(t) + \dots + b_k \cdot x_k(t), \quad (4.12)$$

где $b_i, i=0,1, \dots, k$ – параметры модели; $x_i(t)$ – факторные переменные; $y(t)$ – показатель качества стекла, результирующая переменная.

Точность регрессионного уравнения оценивается абсолютной погрешностью $\Delta y(t)$, вычисляемой по формуле

$$\Delta y(t) = y_{\text{ф}}(t) - y(t), \quad (4.13)$$

где $y_{\text{ф}}(t), y(t)$ – фактическое и рассчитанное по регрессионному уравнению значения показателя качества стекла в момент времени t .

Точность регрессионных моделей (4.11) недостаточна для выработки корректирующих действий. Для повышения их точности проводится уточнение параметров моделей в процессе эксплуатации. При превышении ошибкой допустимой величины инициируется алгоритм адаптации (рис. 4.17).

Алгоритм, используя информацию о входных и выходных переменных, значения текущих параметров модели и ее ошибки, проводит корректировку значений коэффициентов модели с использованием одношагового алгоритма адаптации [78]:

$$b_i(t) = b_i(t-1) + (y(t) - \sum_{i=0}^k b_i(t-1) x_i(t)) / (\gamma + \sum_{i=0}^k x_i^2(t)) \cdot x_i(t), \quad (4.14)$$

где $b_i(t)$ – уточняемый коэффициент уравнения регрессии в момент времени t , при котором ошибка модели превышает допустимую величину; $b_i(t-1)$ – коэффициент уравнения регрессии в предшествующий момент времени; $y(t), x_i(t)$ – значения переменных в момент времени t ; γ – параметр алгоритма адаптации.

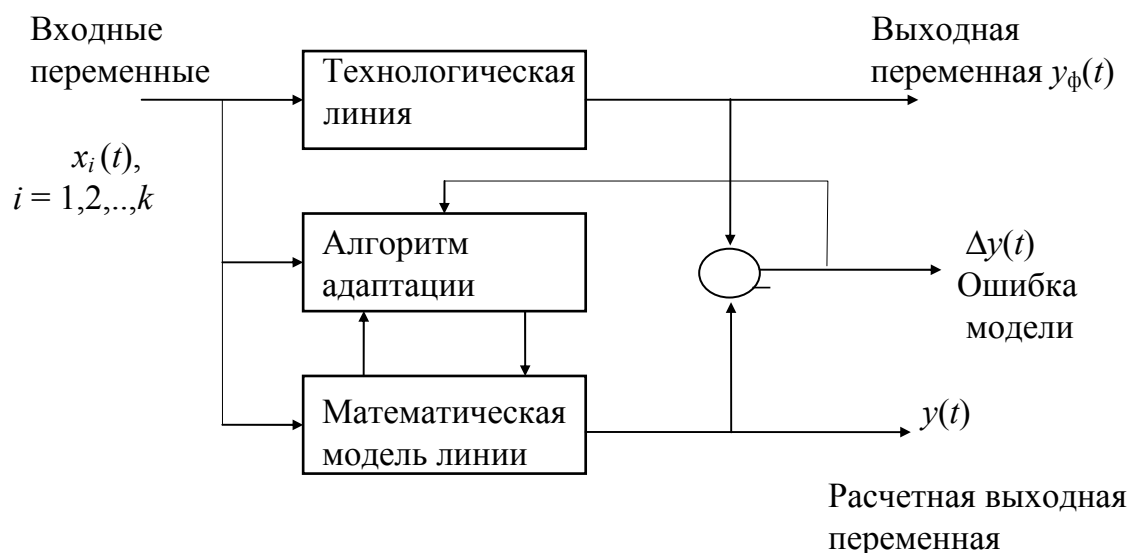


Рис. 4.17. Схема коррекции параметров регрессионного уравнения

В алгоритме адаптации используются нормализованные переменные. Нормализация проводится путем деления текущего значения переменной на величину ее стандартного отклонения. Ввиду нестационарности протекающих процессов вычисление стандартного отклонения проводится периодически при каждом уточнении параметров модели с использованием выборки ограниченной длины T с прошлыми данными.

Сходимость алгоритма обеспечивается подбором значения параметра γ , начальных значений коэффициентов регрессии $b_i(t-1)$ и величины выборки T , используемой для оценки стандартного отклонения факторных переменных. Начальные значения параметров моделей выбирались из регрессионных уравнений (4.11). Остальные параметры алгоритма подбирались с помощью вычислительного эксперимента по критерию минимума значения функции стандартной ошибки модели. Параметры алгоритма адаптации 4.14 и оценки точности моделей приведены в табл. 4.10.

Точность адаптивных моделей можно оценивать по величине коэффициента парной корреляции между фактическими и рассчитанными по моделям данными. Чем больше значение коэффициента корреляции, тем точнее модель описывает характер изменения результирующих переменных.

Таблица 4.10

Параметры алгоритма адаптации и оценки точности моделей

Результирующая переменная y	Задаваемая погрешность Δy , мм	Параметр адаптации γ	Размеры выборки T	Максимальная стандартная ошибка, мм	Максимальная погрешность модели, мм	Коэффициент корреляции
y_1	0,2	20	30	0,53	1,4	0,53
y_2	0,3	75	40	0,68	1,7	0,07
y_3	0,2	5	20	0,4	1,4	0,72
y_4	0,2	40	30	0,56	1,3	0,5
y_5	0,2	200	30	0,5	1,04	0,53

На рис. 4.18 в качестве примера показаны графики, отражающие точность описания неприлегания стекла по стороне $C - D$ регрессионной и адаптивной моделями. Как видно из графиков, адаптивная модель более точно описывает характер изменения неприлегания, а регрессионная модель ее сглаживает.

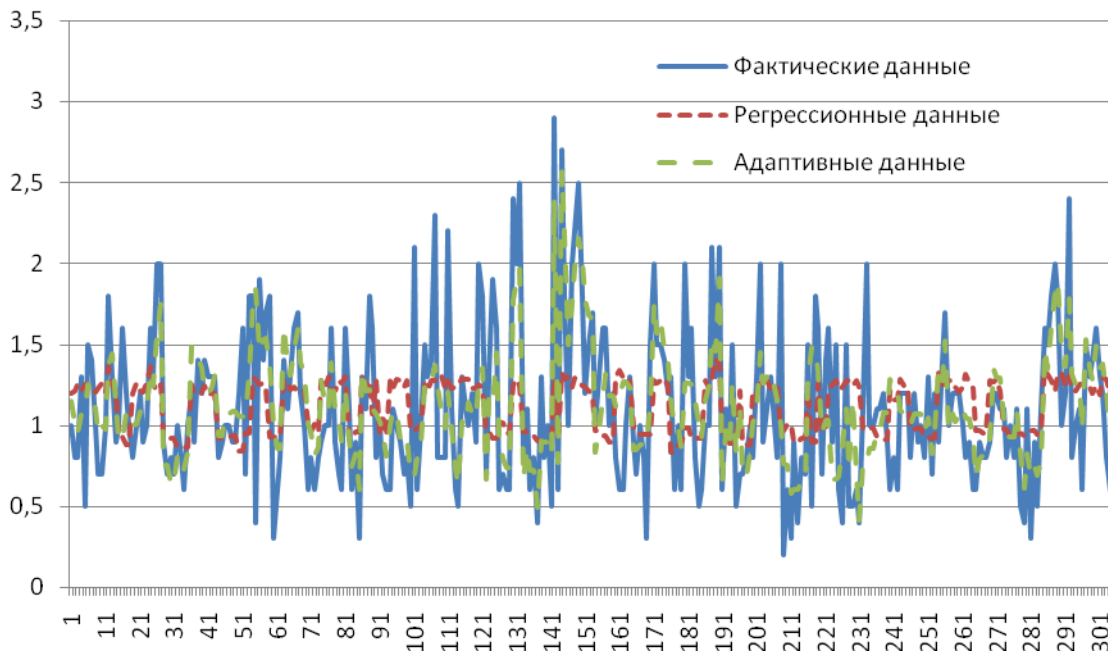


Рис. 4.18. Графики, отражающие точность описания неприлегания стекла по стороне $C - D$ регрессионной и адаптивной моделями

Сопоставление коэффициентов корреляции табл. 4.10 с данными, приведенными для регрессионных уравнений (см. табл. 4.9), позволяет сделать следующие выводы:

- адаптивные модели, описывающие неприлегание закаленных стекол по сторонам y_1 , y_3 , y_4 , обеспечивают большую точность описания результирующих переменных по сравнению с регрессионными моделями;

- адаптивная модель y_5 , описывающая отклонение образующей цилиндра, по точности одинакова с регрессионной моделью;

- адаптивная модель, описывающая неприлегания стекла y_2 , по точности уступает регрессионной модели.

Полученные результаты исследований необходимо учитывать при выборе моделей для коррекции режима закалки в процессе выработки автомобильных стекол.

Группа значительных показателей (SC), таких как размеры стекла сколы, светопропускание, оптические искажения, смещение проектируемой линии, смещение вторичного изображения, оптические искажения в проходящем и отраженном свете, мало зависит от ведения технологического процесса закалки, в связи с чем и не рассматривается в данной работе.

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 [9]. Характер разрушения (тест на фрагментацию) во многом зависит от технологического процесса закалки. Для выявления этой зависимости отбиралась выборка, состоящая из результатов 35 испытаний и режимных переменных, оказывающих влияние на механическую прочность закаленного стекла.

Анализ выявил тесную статистическую взаимосвязь между максимальным и минимальным количеством осколков в испытываемых образцах, частный коэффициент корреляции равен 0,78. Прямая связь согласуется с влиянием качества закалки на механическую прочность стекла. При перекале стекла возрастает количество образующихся осколков при испытаниях, а при недокале – уменьшается.

Отсутствует взаимосвязь между минимальным количеством осколков и длиной. Частный коэффициент корреляции равен минус

0,17, он статистически незначим при уровне значимости 0,05. Между максимальным количеством осколков и длиной существует обратная статистическая взаимосвязь, коэффициент корреляции равен минус 0,43. Это объясняется тем, что перекаленное стекло при испытаниях разрушается на большое количество мелких осколков. Взаимосвязь между количеством осколков и длиной несильная.

Суммарная статистика характера разрушений показывает на значительную их вариацию (21–30 %). Распределение количества осколков и их длин при разрушении существенно отличается от нормального закона распределения плотности вероятностей. Расчетные коэффициенты асимметрии и эксцесса рассматриваемых распределений значимо отличаются от нуля, присущего нормальному закону распределения.

Выбор для построения регрессионных модели влияющих переменных проводился на основе анализа когнитивной модели, полученной по результатам интервьюирования специалистов производства. Были отобраны 18 контролируемых переменных режима закалки стекла и настроек прессы. В их число не были включены характеристики заготовок стекла, режимные переменные и настройки, не меняющиеся при выработке заданного типа и вида стекла.

Исходная выборка анализировалась на отсутствие мультиколлинеарности [67]. Были выявлены сильно коррелированные переменные: замедление валков – скорость в печи; интервал 1 левый – начало цикла левый. При построении регрессионных моделей исключалась возможность одновременного включения в синтезируемую структуру модели попарно коррелированных переменных.

Для описания теста на фрагментацию выбрали линейные регрессионные уравнения ввиду их простоты.

Максимального количества осколков при испытаниях описывается уравнением

$$y_6 = 442,3 - 26,6x_{13} - 316,4x_{18} - 8,0x_{19}, \quad (4.15)$$

где x_{13} – количество потоков;

x_{18} – интервал 2 левый;

x_{19} – высота пуансона.

Коэффициент детерминации уравнения $R^2=86,6$ %, статистически значим при уровне значимости 0,05. Относительная погрешность

модели составляет величину 7,7 %, что характеризует достаточную точность разработанной модели.

Адекватность модели (4.15) устанавливалась на основе анализа остатков [64]. Проведенный анализ остатков показал выполнение всех предпосылок метода наименьших квадратов (МНК), что подтверждает адекватность разработанной модели.

Влияние факторных переменных на максимальное количество осколков оценивалось при помощи коэффициентов эластичности. Расчетные значения коэффициентов приведены в табл. 4.11. Отрицательные знаки при коэффициентах эластичности указывают на обратную зависимость результирующей переменной от факторных переменных.

Таблица 4.11

Коэффициенты эластичности модели

Кодированное значение переменной	x13	x18	x19
Наименование переменной	Количество потоков	Интервал 2 левый	Высота пуансона
Коэффициент эластичности, %	-0,21	-0,68	-0,62

Как следует из табл. 4.12, наибольшее влияние на число осколков при испытаниях закаленного стекла оказывают переменные x18 и x19. Так, при увеличении значения x18 на 1 % зависимая переменная y1 уменьшится на 0,68 %.

Для оценки влияния колеблемости переменных на количество осколков при испытаниях рассчитаны значения β - коэффициентов (табл. 4.12).

Таблица 4.12

β -коэффициенты модели

Кодированное значение переменной	x13	x18	x19
Наименование переменной	Количество потоков	Интервал 2 левый	Высота пуансона
β - коэффициент	-0,25	-0,15	-0,7

Наибольшую колеблемость зависимой переменной y_1 вызывает колеблемость высоты пуансона в процессе выработки закаленного стекла. При изменении x_{19} на величину своего среднеквадратичного отклонения, то есть на величину 4,7 мм, максимальное число осколков при испытаниях изменится на долю β своего среднеквадратичного отклонения, то есть на величину, равную $0,7 \cdot 53,2 = 37,2$ (шт.). Поэтому для стабилизации максимального количества осколков при испытаниях необходимо, при прочих равных условиях, стабилизировать высоту установки пуансона (x_{19}) при переналадках пресса.

Регрессионное уравнение, описывающее минимальное количество осколков при испытаниях, оказалось неадекватным из-за невыполнения предпосылок МНК. Остатки модели оказались коррелированными. Расчетный коэффициент автокорреляции остатков при единичном лаге равен $r(1) = 0,51$ (статистически значим при уровне значимости 0,05).

Для оценки параметры уравнения регрессии пользовались обобщенным методом наименьших квадратов [64]. Регрессионное уравнение, полученное с использованием обобщенного метода наименьших квадратов, имеет вид

$$y_7 = 146,1 - 0,33x_{11} - 90,0x_{18} - 2,38x_{19} + 0,31x_9. \quad (4.16)$$

Модель (4.16) адекватно описывает результаты наблюдений. Коэффициент детерминации $R^2 = 81\%$, статистически значим при уровне значимости 0,05. Относительная погрешность модели составляет величину 6,8 %, что характеризует достаточную точность разработанной модели.

Влияние переменных на минимальное количество осколков при испытаниях характеризуется коэффициентом эластичности, расчетные значения которых приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Коэффициенты эластичности модели

Кодированное значение переменной	x_9	x_{11}	x_{18}	x_{19}
Наименование переменной	Температура в камере 3, зона 11	Температура в камере 4, зона 12	Интервал 2 левый	Высота пуансона
Коэффициент эластичности, %	2,91	-3,1	-0,53	-0,51

Как следует из таблицы, наибольшее влияние на минимальное количество осколков при испытаниях закаленного стекла оказывают температура в печи закалки в камере 3, зона 11 (x_9) и в камере 4, зона 12 (x_{11}). При изменении величины температуры на 1% (x_9 , x_{11}) зависимая переменная y_7 изменится соответственно на 2,91 % и минус 3,1 %.

Для оценки влияния переменных на колеблемость числа осколков при испытаниях рассчитаны значения β -коэффициентов для модели (4.16) (табл. 4.14).

Таблица 4.14

β -коэффициенты модели

Кодированное значение переменной	x_9	x_{11}	x_{18}	x_{19}
Наименование переменной	Температура в камере 3, зона 11	Температура в камере 4, зона 12	Интервал 2 левый	Высота пуансона
β - коэффициент	0,36	-0,44	-0,17	-0,8

Наибольшую колеблемость зависимой переменной y_7 вызывает, так же как и в модели (4.15), колеблемость высоты пуансона (x_{19}) при настройке пресса. При изменении x_{19} на величину своего среднеквадратичного отклонения (4,5 мм) минимальное количество осколков при испытаниях изменится на величину, равную $0,8 \cdot 13,3 = 10,6$ (шт.). Для стабилизации количества осколков при испытаниях необходимо, при прочих равных условиях, стабилизировать высоту установки пуансона (x_{19}) при наладках пресса. Меньшее влияние на колеблемость количества осколков оказывает колеблемость температуры в печи (x_9 и x_{18}).

Следующий показатель теста на фрагментацию – максимальная длина осколков, которая описывается следующим регрессионным уравнением:

$$y_8 = -196,5 + 6,0x_{13} + 154,8x_{18} + 1,6x_{19} + 0,25x_6. \quad (4.17)$$

Модель (4.17) адекватно описывает результаты наблюдений. Коэффициент детерминации равен $R^2 = 83,3$ %, статистически значим при уровне значимости 0,05. Относительная погрешность модели составляет величину 6,6 %, что указывает на достаточную точность. Анализ остатков подтвердил выполнение всех предпосылок МНК.

Степень влияния переменных на длину осколков характеризуется коэффициентом эластичности, расчетные значения которых приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Коэффициенты эластичности модели

Кодированное значение переменной	x6	x13	x18	x19
Наименование переменной	Температура в камере 2, зона 2	Количество потоков	Интервал 2 левый	Высота пуансона
Коэффициент эластичности, %	3,0	0,16	1,11	0,41

Как следует из табл. 4.15, наибольшее влияние на изменение длины осколков при испытаниях закаленного стекла оказывают изменения переменных x_6 и переменной x_{18} . Расчетные значения коэффициенты эластичности положительные, что указывает на прямую зависимость длины осколков от изменения влияющих переменных.

Для оценки степени влияния колеблемости переменных на длину осколков рассчитывались значения β - коэффициентов модели (4.17). Данные приведены в табл. 4.16.

Таблица 4.16

β -коэффициенты для модели

Кодированное значение переменной	x6	x13	x18	x19
Наименование переменной	Температура в камере 2, зона 2	Количество потоков	Интервал 2 левый	Высота пуансона
β - коэффициент	0,25	0,26	0,33	0,64

Наибольшую колеблемость зависимой переменной y_8 вызывает колеблемость высоты пуансона (x_{19}) при переналадках пресса, что также было выявлено при анализе разработанных моделей (4.15) и (4.16). При изменении x_{19} на величину своего среднеквадратичного отклонения (4,7 мм) максимальная длина осколков при испытаниях изменится на величину $0,64 \cdot 11,6 = 7,4$ мм. Поэтому для стабилизации длины осколков необходимо стабилизировать высоту установки пуансона (x_{19}) при наладках пресса.

Разработанные информационные модели могут применяться при выработке корректирующих действий в системах менеджмента качества в производства закаленного автомобильного стекла.

Глава 5

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ
КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА
В ПРОИЗВОДСТВЕ**

5.1. Место системы управления качеством в производстве

Система управления качеством продукции – элемент управленческой деятельности производства автомобильного стекла. Автоматизация управления качеством позволяет ускорить достижение требуемого уровня качества и за счет поддержания качества на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) продукции. Автоматизированная система объединяет все звенья структуры производства, дает возможность оперативно реагировать на любые нарушения производства, целенаправленно повышать уровень качества, представлять объективную картину оценки всех показателей, формирующих потребительские характеристики изделий. Автоматизированная система позволяет создавать, проводить и оценивать эффективность как текущих, так и перспективных мероприятий по поддержанию и пояснению качества. Она связывает и обосновывает требования как к изделию в целом, так и к отдельным частям, средствам оснащения, материалам, исполнителям, организационным и управляющим структурам на этапе ЖЦ продукции.

Цель создания системы – сбор информации о конкурентоспособности продукции, ее техническом уровне, объективная оценка имеющегося уровня качества, разработка эффективных направлений ее повышения, прогнозирование сроков и условий достижения и превышения мирового уровня продукции, оценка структуры и объема затрат на совершенствование изделий.

Система позволяет с минимальным участием человека собирать, обрабатывать и оценивать достоверность и предлагать варианты управляющих решений для повышения качества изделий. Система эффективна в том случае, когда она охватывает все этапы ЖЦ продукции: маркетинг, техническое задание, разработку проекта, изготовление продукции, испытание продукции на всех этапах производства и при передаче заказчику, постановку и запуск продукцию у заказчика, эксплуатацию продукции, заключительный этап ЖЦ продукции.

Существуют разные подходы к информатизации управления качеством на предприятии [11]:

- из общей стратегии информатизации управления предприятием создается корпоративная информационная система предприятия;
- использование набора специализированных функционально ориентированных систем, при котором задачи управления качеством решаются с применением локальных систем;
- информатизация деятельности специалистов предприятия, деятельность которых связана с качеством, то есть автоматизация системы менеджмента качества.

В функцию компьютерных систем поддержки деятельности служб качества на предприятии входят:

- разработка, поддерживание и совершенствование системы менеджмента качества, программ качества по проектам, видам продукции и видам деятельности;
- оценка уровня качества на предприятии, в подразделениях, у поставщиков с помощью оригинальных или заимствованных методик;
- внутренние и внешние аудиты систем менеджмента качества, внутренний и внешний контроль качества в цехах, подразделениях служб предприятия, у действующих и потенциальных поставщиков;
- архивирование нормативной, справочной и тематической документации.

В зависимости от стратегии автоматизации управления предприятием выбирается конкретный проект автоматизации управления качеством, определяется, что должно включаться в проект, а что нет. При этом оценивается кадровое обеспечение, управление рисками, сроки реализации проекта, финансирование работ, вопросы взаимодействия с другими автоматизированными системами, функциони-

рующими на предприятии (*ERP/MRP* и других), готовность персонала работе в новых условиях и другое.

В качестве примера рассмотрим место информационных технологий в управлении производством автомобильного стекла в ПКО «Автостекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Организационная структура предприятия ПКО «Автостекло» приведена на рис. 5.1.

Генеральный директор и директор ПКО «Автостекло» осуществляют общее руководство всеми направлениями деятельности завода, обеспечивают взаимодействие всех его структурных подразделений и служб, обеспечивают необходимыми ресурсами и обеспечивают постоянное улучшение всех процессов, формируют политику в области качества и отвечают за ее проведение и реализацию во всех подразделениях ПКО «Автостекло».

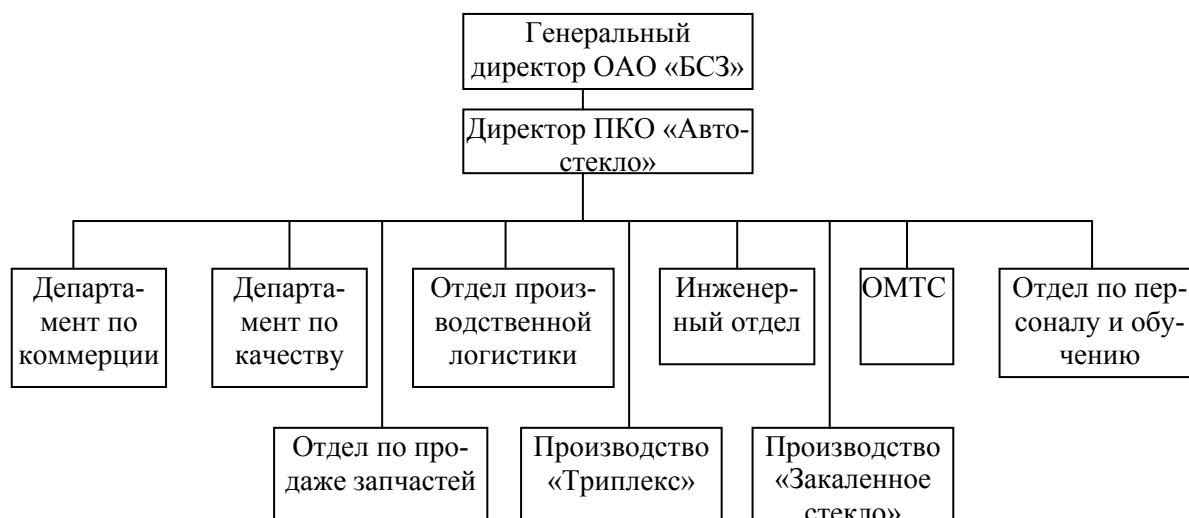


Рис. 5.1. Организационная структура предприятия ПКО «Автостекло»

Заместитель директора по качеству отвечает за разработку, внедрение и функционирование системы качества; обеспечивает проведение внутренних и внешних проверок СМК и предоставляет Генеральному директору ОАО «Эй Джи Си БСЗ» и директору ПКО «Автостекло» отчеты о функционировании СМК для анализа; отвечает за организацию инспекционного контроля и испытаний выпускаемой продукции; определение потребности в применении статистических методов; организацию работ по изучению и анализу проблем с качеством у потребителей.

Заместитель директора по коммерции отвечает за изучение требований потребителей и общества и доводит до служб ПКО «Авто-

стекло» требования к качеству автомобильных стекол; организацию всех работ по анализу контрактов для рынка *OEM*; разработку и выполнение бюджета продаж автомобильного стекла для рынка *OEM*; разработку ценовой политики Объединения и ее выполнение для рынка *OEM*; организацию маркетинговых исследований и внесение предложений по определению стратегии и тактики ПКО «Автостекло» на внутреннем и внешнем рынках *OEM*; оценку удовлетворенности потребителя для рынка *OEM*.

Начальник инженерного отдела отвечает за постановку на производство новых видов продукции; подготовку и реализацию инвестиционных проектов по приобретению нового и модернизации существующего оборудования; обеспечение производств контрольной и технологической оснасткой; организацию и качественное проведение технического обслуживания оборудования и оснастки; выбор поставщиков оборудования, нестандартных комплектующих и оснастки.

Начальник отдела материально-технического снабжения отвечает за своевременное и качественное обеспечение всех подразделений вспомогательными материалами, комплектующими изделиями и оборудованием; выбор и оценку поставщиков.

Начальник отдела по персоналу и обучению отвечает за качество подготовки персонала; комплектование кадрами необходимой специальности, квалификации и образования; проведение обучения и аттестации персонала.

Начальник отдела производственной логистики отвечает за планирование производства; своевременное обеспечение производств графиками изготовления продукции, полированными заготовками; качественной тарой; соблюдение схем загрузки продукции при отгрузках потребителю; обеспечение надежного хранения готовой продукции на складах; оценку транспортных организаций.

Заместитель директора ПКО «Автостекло» по продаже запасных частей отвечает за изучение требований потребителей и общества; организацию всех работ по анализу контрактов; разработку и выполнение бюджета продаж автомобильного стекла; разработку ценовой политики и ее выполнение; организацию маркетинговых исследований и внесение предложений по определению стратегии и тактики на внутреннем и внешнем рынках; оценку удовлетворенности потребителя.

Производство «Триплекс» входит в структуру ПКО «Автостекло». Подробнее рассмотрим организационную структуру производст-

ва «Триплекс» и информационную поддержку управления качеством продукции. Организационная структура производства «Триплекс» представлена на рис. 5.2.

Начальник производства «Триплекс» отвечает за обеспечение условий для планомерного выпуска продукции и контроля ее качества; качество выполнения производственных операций, соблюдение и контроль установленных параметров и режимов технологических процессов, обеспечение использования статистических методов; выполнение и анализ несоответствий во всех процессах, установление причин их появления и проведение корректирующих и предупреждающих воздействий; выполнение работ по управлению несоответствующей продукцией; использование напольного транспорта; эксплуатацию контрольно-измерительного оборудования; правильность расстановки персонала в соответствии с технологическим процессом, своевременность подачи заявок о потребности в персонале, его обучение и повышение квалификации.



Рис. 5.2. Организационная структура производства «Триплекс»

Автоматизированная информационная поддержка системы менеджмента качества осуществляется с помощью компьютеризированной системы мониторинга *GP 2000*.

Вся информация о протекающем процессе собирается и сохраняется в базе данных системы. Анализ собранной информации позволяет в режиме реального времени оценивать качество производства многослойного стекла, тенденцию изменений и принимать оперативные корректирующие действия по поддержанию высокого качества вырабатываемой продукции.

Вид автоматизируемой деятельности – поступление информации от установок и машин о качестве и количестве производимой продукции в базу данных.

Главное назначение системы – обеспечить прослеживаемость процессов, повысить оперативность управления, автоматизировать документооборот, создать электронное хранилище документов.

Основные функции системы:

- контроль технологических процессов и продукции, регистрация данных контроля;
- отображение данных по машинам, персоналу, качеству продукции и бракам;
- мониторинг и измерение планируемых показателей производственных процессов;
- регистрация ремонта оборудования, простоев и смены инструмента;
- повышение производительности и эффективности работы, надежное хранение информации в базе данных.

Система мониторинга *GP 2000* имеет клиент-серверную архитектуру (рис. 5.3). Данная архитектура включает в себя следующие компоненты:

- 1) сервер приложений и баз данных;
- 2) рабочие станции;
- 3) сетевое оборудование.

Количество рабочих станций зависит от специалистов, занятых на рабочих местах, которым необходим доступ к системе.

Сбор информации происходит с машин линии производства триплекса, с них снимаются режимные переменные технологических процессов, а также показатели качества стекла. Система мониторинга *GP 2000* позволяет формировать отчеты, по которым анализируется деятельность машин и производства в целом. Схема информационного обеспечения системы мониторинга изображена на рис. 5.4, которая дает представление о системе данных и о формируемых отчетах.

Отчеты централизованно хранятся в базе данных. Пример отчета представлен на рис. 5.5. Информация, содержащаяся в базе данных мониторинга, используется при проведении внутренних аудитов: определении возможностей и путей улучшения продукции и процессов; проверки реализации результативности корректирующих действий.

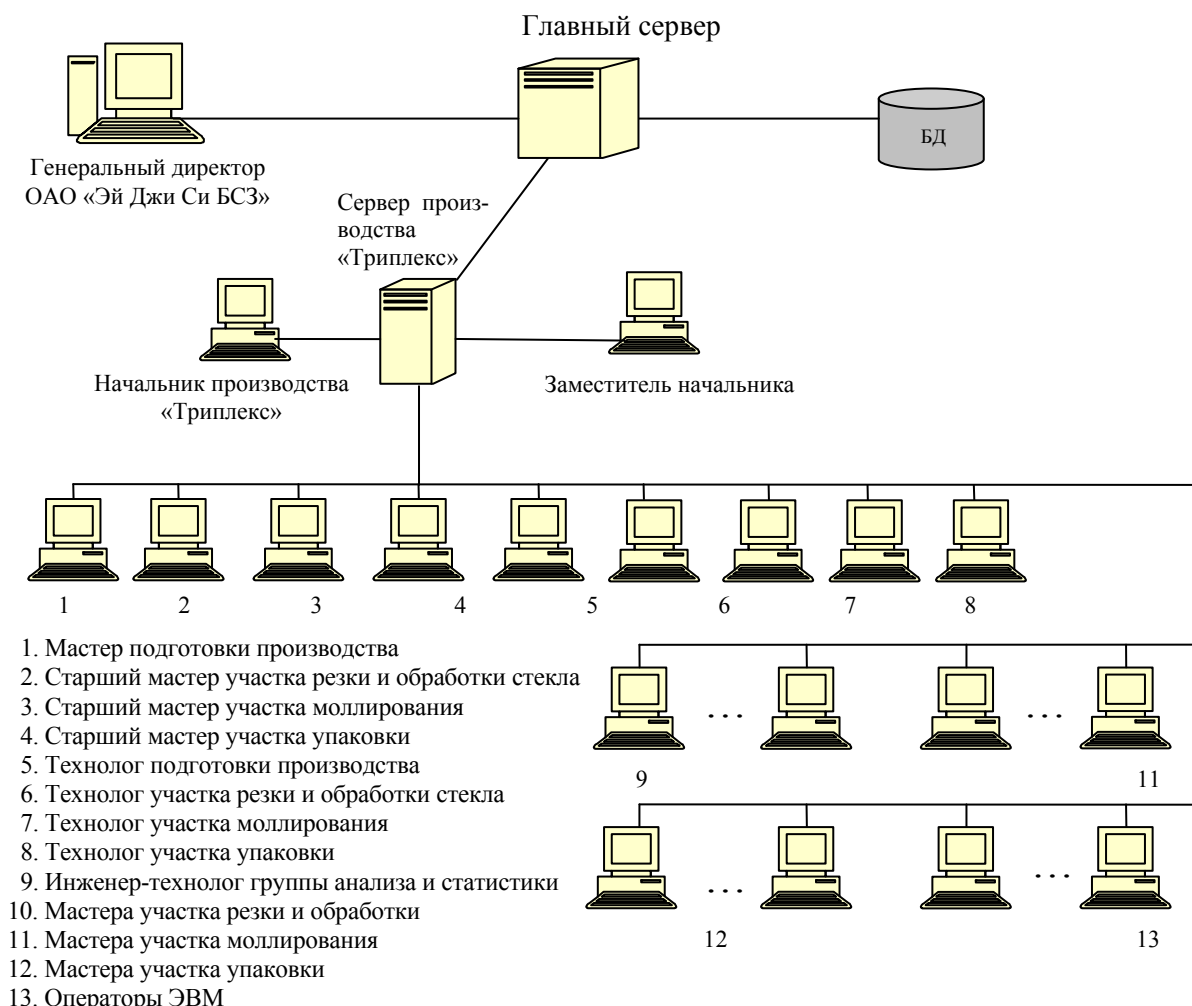


Рис. 5.3. Архитектура системы мониторинга GP 2000

Система документирует результаты внутренних проверок, документально оформляет все несоответствия продукции. Содержащаяся в базе данных информация позволяют разрабатывать предупреждающие действия для уменьшения воздействия потерь и поддержания показателей процессов и продукции, проводить анализ для демонстрации пригодности системы менеджмента качества и результативности ее функционирования, а также оценивания возможности дальнейшего усовершенствования.

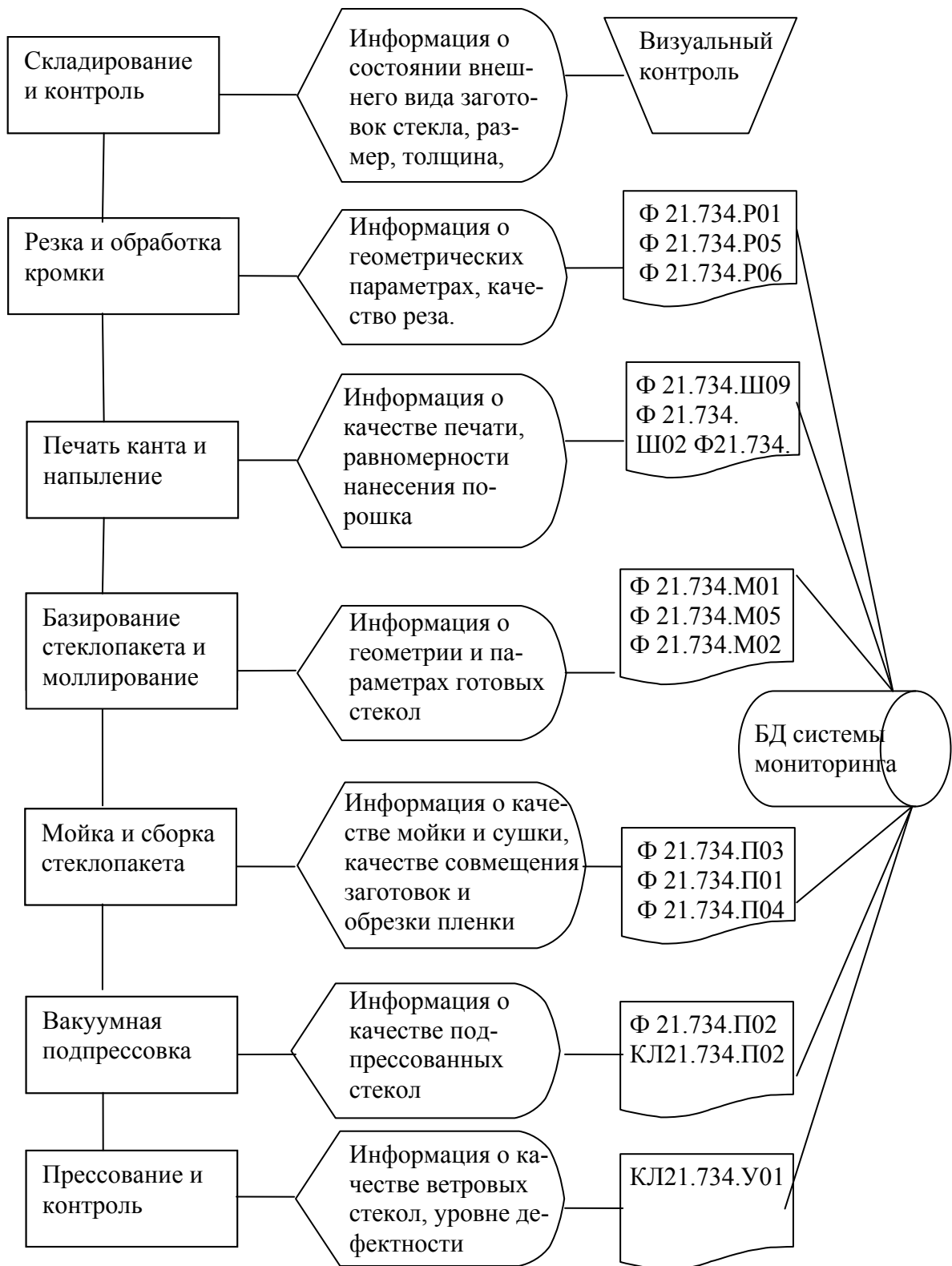


Рис. 5.4. Схема информационного обеспечения

Анализ данных позволяет определить приоритеты для быстрого решения проблем, связанных с потребителем, определять основные направления в долгосрочном планировании. Большое значение система мониторинга GP 2000 имеет для улучшения процессов СМК, что является составной частью процесса постоянного улучшения.

Production Novation - Bor - Microsoft Internet Explorer provided by Glaverbel LIP5 Browser

AGC F2: PERF F4: CAS1 F5: ARR1 F6: PLOF F9: PTVM F10: RENDEM F13: PER2 F14: PER3 POPUP LIST

PER1 Display РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВА С 01/01/06 ПО 31/01/06

МАШИНА : 4LA 01 4C1 CUTTING ПОСЛЕДН. ЗАКРЫТИЕ : 22082006-3

САЙТ : R ПЛАН. К.У. :

С ДАТЫ : 01012006 ПО : 31012006 ПРОИЗВ. : 0000

МЕСТО : ВГМЛА ВGW NEW LAMINATED

АртиКЛЬ : 696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT

КОД БРИГАДЫ :

ДАТА	С	АртиКЛЬ	Т.	ЧЛ. РЗ	ДОСТ. ЧС	ПЛАН. ЧАСЫ	ЧАСЫ ПРОСТ	ЧАСЫ РАБ.	К.У.	ПРЭВ.
070106-1		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	48	24,0					
080106-1		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	48	24,0					
160106-3		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	15	7,7	7,7	2,3	5,4	69,9	341,3
170106-1		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	16	8,0	8,0	1,1	6,8	85,3	316,5
170106-2		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	16	8,0	8,0	,4	7,5	94,7	311,0
170106-3		696051701RV0110 W/S X VZ 110 4D GNV L PRT	F	16	8,0	8,0	2,0	6,0	75,0	315,0
ИТОГО ЗА ПЕРИОД				738	369,1	142,1	31,9	110,2	77,5	316,0

506: ФАКТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДАННЫХ.

Рис. 5.5. Пример отчета

Аналогичная система мониторинга GP 2000 установлена на производстве «Закаленное стекло». Она обеспечивает поддержку управления качеством в производстве закаленных автомобильных стекол.

5.2. Реформирование процессов менеджмента и управление качеством в производстве автомобильного стекла

Со временем любая организация начинает чувствовать потребность в совершенствовании организационных и технологических процессов, происходящих внутри предприятия и задумываться над

повышением эффективности функционирования организации. Анализ и реформирование бизнес-процессов включает в себя этапы, приведенные на рис. 5.6 [11].

Технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов являются средством, которое дает возможность реформировать и усовершенствовать процессы деятельности предприятия, к числу которых относятся конструкторско-проектные разработки, процессы снабжения и материально-технического обеспечения, технологические и производственные процессы, процессы сопровождения продукции после продажи.

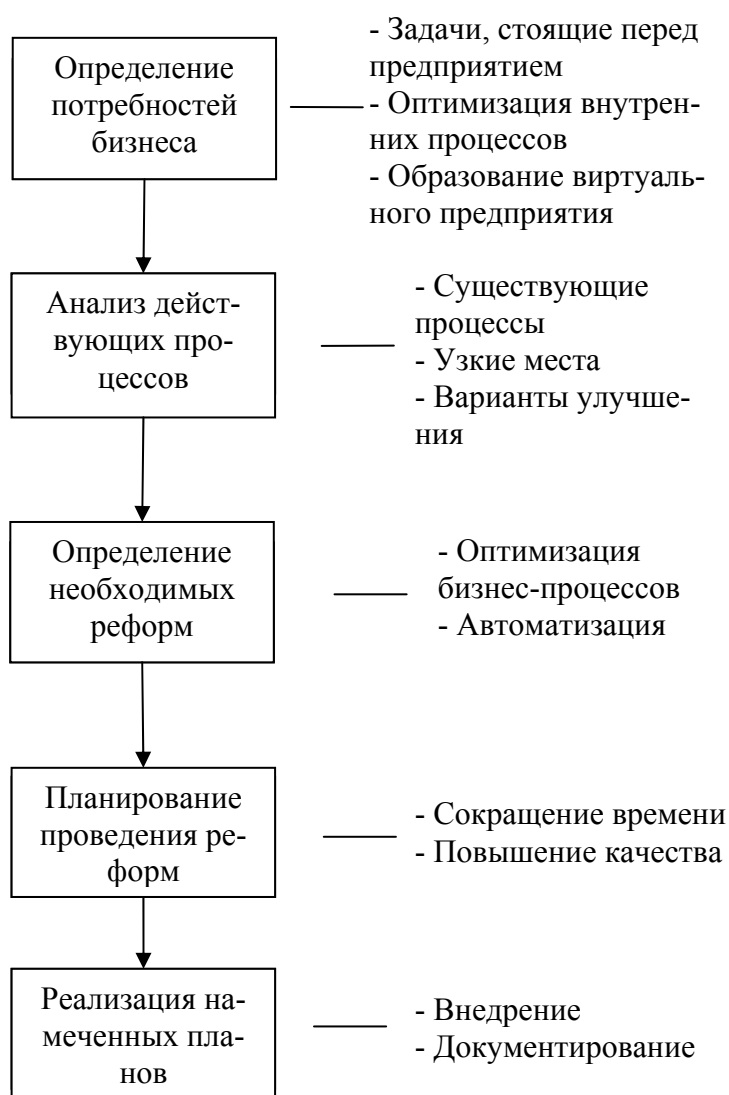


Рис. 5.6. Анализ и реинжиниринг бизнес-процессов

В зависимости от потребностей предприятия может быть следующая стратегия работ:

- автоматизация существующих процессов;
- замена существующих процессов;
- адаптация существующих процессов к особенностям новых систем, новым возможностям, новой инфраструктуре бизнеса;
- отдельные улучшения.

Анализ фактического состояния предприятия на модели «как есть» – необходимый результат для принятия управленческих решений. На этом этапе выявляется ряд возможных действий и выбирается то, которое наиболее подходит в конкретной ситуации. При рассмотрении возможных усовершенствований процессов уделяется внимание поддержке информационного взаимодействия всех субъектов, задействованных в жизненном цикле продукции.

Реинжиниринг не является улучшением качества, хотя и реинжиниринг и управление качеством отводят центральную роль управлению бизнес-процессам [11]. Отличие управления качеством в том, что оно принимает имеющиеся процессы и старается их улучшить, а реинжиниринг заменяет существующие процессы на новые. Ниже рассматриваются вопросы улучшения производства автомобильного стекла за счет использования информационных технологий в управлении технологическими процессами.

В процессе изготовления автомобильного стекла появляется производственный брак. Для сокращения потерь проводится анализ причин, выявляются ключевые конструкции и влияющие компоненты, ключевые технологические процессы, режимы и условия технологического процесса (см. рис.3.12, 4.5). Так, например, в производстве закаленного стекла критическим является процесс «Закалять стекло» (см. рис.4.3). От режима закалки зависит требуемая форма стекла и качество закаленных стекол: выдерживание удара стального шара, характер разрушения (тест на фрагментацию).

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.

Дальнейшее повышение качества вырабатываемых стекол на действующем оборудовании возможно за счет оптимального управления технологическими режимами. Корректирующие действия по режимным переменным вырабатываются на основе анализа статистических данных работы технологических линий. Эффективным инструментом выработки корректирующих действий является имитационное моделирование протекающих процессов. Моделирование позволяет выявить потенциальные возможности технологического оборудования для повышения качества вырабатываемой продукции и уменьшения брака за счет оптимизации режимов его работы. Использование информационных технологий позволяют оперативно проводить статистический анализ процессов и вырабатывать объективные решения по коррекции режимов работы технологического оборудования.

5.3. Поддержка принятия решений по стабилизации качества вырабатываемого стекла

Процесс принятия решения и настоящее время имеет вид некоторой системной технологии выработки решения, в составе которой на основе системного подхода рассматриваются типовые стадии, методы, способы и процедуры анализа ситуаций, выработки и оценки вариантов решения, организации исполнения и так далее. Указанные средства строятся по уровням управления в соответствии с технологией принятия решения:

- поддержка решений руководителя;
- лица, принимающего решение (ЛПР);
- индивидуальный уровень;
- поддержка решения, вырабатываемого группой лиц;
- групповой уровень. На этом уровне организуется экспертная оценка вариантов решений, и используются технологии группового выбора;

- поддержка решения, требующего координации и взаимодействия нескольких организаций с учетом их отношений в данном проекте;

- межорганизационный уровень.

Как правило, решения принимаются в следующих условиях:

- ограниченное время на принятие решения. Ясно, что это условие снижает возможность использования корректных методов анализа, экспериментов и так далее;

- неструктурированный характер проблем, не допускающий строгой постановки задач;

- сложность отыскания строгого решения задачи за отведенное время даже при наличии путей поиска такого решения;

- необходимость учета привходящих факторов, прямо не входящих в проблему. Иначе говоря, задачи и проблемы, которые корректно поставлены, как правило, решаются на основе соответствующих алгоритмов и программ, даже если они оказываются достаточно сложными и трудоемкими.

В системах, построенных на основе ЭВМ, значительное место занимают вопросы согласования условий работы человека и технической части системы – «машины». Раньше стояла проблема повышения эффективности и надежности человека-оператора (оператора ЭВМ), сейчас проблема усложнилась в связи с широким внедрением ПЭВМ во все сферы деятельности человека. Возникновение новых проблем обусловлено целым рядом фактов научно-технического прогресса:

- человека-оператора нельзя исключить из системы, сколь бы автоматизированной она ни была. Должен оставаться хотя бы один человек («ведущий оператор»);

- системный подход к изучению трудовой деятельности привел к выделению пограничной среды контакта «человек – машина» или системы «человек – машина» в качестве самостоятельного поля научной деятельности, объектом исследования которой стала система «человек – машина – среда»;

- одной из коренных проблем разработки человеко-машинных систем стало повышение их надежности, в которой значительную роль играет специфика оператора как элемента системы;

- бурное развитие ЭВМ и информатизация общества поставили совершенно новые задачи перед разработчиками самых разнообразных систем, базирующихся на ЭВМ;
- значительным расширением круга операторских профессий различного профиля, в которых ту или иную роль играют комплексы на основе ЭВМ;
- общее углубление представлений о взаимодействии человека и машины в процессе трудовой деятельности;
- неопределенность информации, лежащей на стыке наук;
- машины могут предъявлять к человеку «нечеловеческие» требования. При этом под машиной понимается любая техническая система, программно-аппаратный комплекс и другое;
- вопросам создания вычислительной техники уделяется много внимания, этим занимается большинство проектировщиков. Вопросами же организации контакта «человек – машина» занимаются гораздо меньше;
- возрастанием цены ошибки оператора при очевидной невозможности все автоматизировать как по требованиям обеспечения необходимой надежности, так и из-за необходимости обеспечения разумной стоимости.

Одним из методов внедрения информационных технологий в производство является применение систем поддержки принятия решений (СППР). СППР – это интерактивные автоматизированные системы, помогающие лицу, принимающему решения, использовать данные и модели для решения слабоструктурированных задач.

В зависимости от решаемых задач и данных СППР разделяются на оперативные и стратегические. Оперативные СППР предназначены для быстрого реагирования на изменения текущей ситуации в управлении бизнес-процессами предприятий. Стратегические СППР ориентированы на анализ значительных объемов разнородной информации, собираемой из различных источников.

Ниже рассматривается оперативная, настольная СППР, которая для управления качеством вырабатываемой продукции использует данные о технологическом процессе, результаты контроля качества и значения контролируемых возмущающих воздействий. СППР представляет собой человеко-машинную систему (структура показана на рис. 5.7). Человека, осуществляющего выбор наилучшего варианта действий, называют лицом, принимающим решения (ЛПР). Варианты возможных

действий ЛПР образуют альтернативы. Альтернативы являются неотъемлемой частью проблемы принятия решений. Варианты решений характеризуются различными показателями их привлекательности для ЛПР. Эти показатели называются признаками, факторами, атрибутами. Критериями оценки альтернатив являются показатели их привлекательности (или непривлекательности) для участника процесса выбора [77].

Рассмотрим управление технологическим процессом производства автомобильного стекла как задачу принятия решений по оперативной коррекции режима работы технологического оборудования, выполняемую оператором. Цель коррекции режима – выдерживание требуемых показателей качества вырабатываемого стекла в заданных пределах, то есть речь идет о стабилизации характеристик продукции.

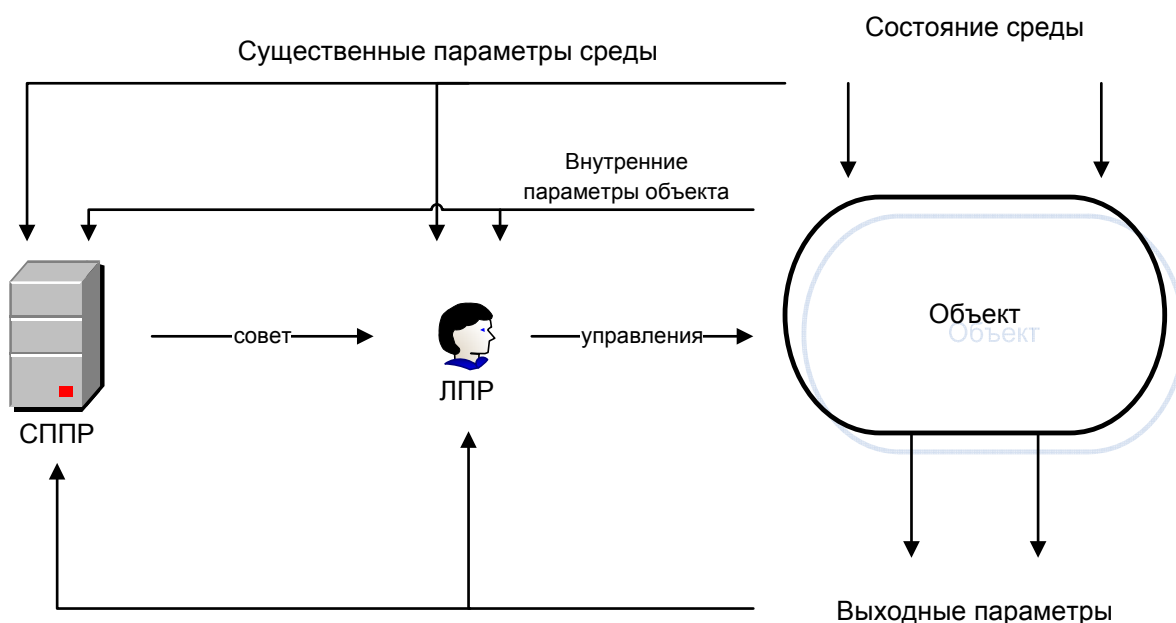


Рис. 5.7. Структура системы поддержки принятия решений

Отклонения показателей качества вырабатываемой продукции будем оценивать как появление ситуаций (начальных) s_H на объекте управления, а нахождение показателей в пределах допусков, как конечную ситуацию s_K . Тогда управление можно представить как перевод объекта из начальной ситуации $s_H \in S_H$ в конечную ситуацию $s_K \in S_K$ под действием управляющих воздействий:

$$\begin{array}{cccc}
 u_1 & u_2 & u_3 & u_n \\
 s_H \rightarrow s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow \dots \rightarrow s_K, & & & (5.1)
 \end{array}$$

где S_H, S_K – множества начальных и конечных ситуаций;

$s_i, i=1, \dots, n$ – множества промежуточных ситуаций;

$u_i, i=1, \dots, n$ – управляющие воздействия по шагам управления.

В зависимости от числа последовательно прикладываемых управляющих воздействий по переводу объекта из начальной в конечную, управление может быть многошаговым (5.1) или одношаговым (5.2):

$$u_1 \\ s_H \rightarrow s_K . \quad (5.2)$$

Рассматриваемая задача управления может решаться различными методами, среди которых можно указать использование табличных моделей, графов, процедуры *CLS-9*, алгебры логики высказываний, фреймовых моделей, семантических сетей, ситуационного управления и другие.

В основу построения алгоритмов СППР по управлению технологическим оборудованием в производстве автомобильного стекла положена машинная процедура формирования понятий *CLS-9* (*Concept learning system*) [76]. Программа *CLS* представляет собой один из подклассов в классе обучающих систем. С помощью ее формируются такие понятия, которые можно представить в системе «признак – значение». Эта система приводится к матричному виду, что облегчает вычислительную процедуру.

В этом параграфе описываются математическое обеспечение и алгоритмы СППР оператора, построенные на формализованном обобщении опыта действий операторов при различных технологических ситуациях, возникающих на объекте управления. По мере накопления опыта формализация данных создает предпосылки для обучения автоматизированной системы, то есть построения адаптивного алгоритма выработки советов оператору.

Формирование понятий рассматривается как задача распознавания образов, когда по признакам, определяющим положение объекта в многомерном пространстве показателей качества продукции и входных переменных (по ситуации), определяется значение управляющего воздействия, то есть из множества критериальных классов управляющего воздействия выбирается нужный класс. Генеральная совокупность всевозможных признаков зависит от количества переменных, характеризующих признаки и числа возможных значений

каждого признака. При трех значениях каждого признака $V_i = 3$, учитывающих знак отклонения переменной от задаваемого интервала:

«-1» – выход за пределы нормы в сторону уменьшения (меньше);

«0» – значение переменной в допустимых пределах (норма);

«1» – выход за пределы нормы в сторону увеличения (больше), и числе переменных ситуаций n генеральная совокупность признаков будет иметь размерность 3^n . При этом каждая ситуация будет кодироваться n разрядным (троичным) числом.

Множество критериальных классов для каждого управляющего воздействия ограничивается тремя элементами

$$K = \{ -, =, + \}, \quad (5.3)$$

где « - » – отрицательное приращение управляющего воздействия (уменьшить); « = » – нулевое приращение (не изменять); « + » – положительное приращение (увеличить).

Процедура *CLS-9* формирует деревья по каждому управляющему воздействию. От вершин деревьев, характеризующих признак, отходят V_i ветвей. Алгоритм предусматривает использование в качестве критерия того признака, который будет наиболее информативным при классификации относящихся к данной вершине объектов. Для описания алгоритма формирования понятий вводится следующая система обозначений:

$A = \{A_j\}$ – множество признаков, не рассматривавшихся ни в одной из вершин, расположенных выше исследуемой;

$K = \{k\}$ – множество критериальных классов;

V_i – количество возможных значений признака i ;

$n_{i,j,k}$ – количество относящихся к рассматриваемой вершине объектов, которые характеризуются значением j признака i и принадлежат к классу k ;

n_{ij}^* – максимальное значение параметра $\{n_{ijk}\}$ для любого из k классов.

Процедура *CLS-9* определяет все члены множества $\{n_{ijk}\}$ и для каждого признака находит значение величины

$$H_i = \sum_{j=1}^{V_i} n_{ij}^* . \quad (5.4)$$

В качестве главного (наиболее информативного) выбирается тот признак, для которого значение критерия H_i оказывается максимальным. Затем алгоритм формирует вершину, от которой вниз отходят ветви по числу V_i возможных значений выбранного признака i . Построенное дерево является «наилучшим из возможных» в смысле классификации всех объектов, описания которых были введены в память ЭВМ к моменту формирования дерева. Классификация всех объектов оказывается правильной.

Адаптация эвристической процедуры *CLS-9* к решаемой задаче стабилизации режимных переменных объекта управления включает в себя следующее:

1) для каждого управляющего воздействия строятся отдельные деревья классификаций, каждое с тремя критериальными классами;

2) вектор управляющего воздействия определяется как совокупность значений критериев в соответствующих листьях деревьев. Содержание листьев деревьев составляет компоненты управляющего вектора;

3) вершинами деревьев служат признаки, являющиеся контролируемыми переменными объекта управления, к числу которых относятся показатели качества изделий и контролируемые возмущающие воздействия. От каждой вершины отходят три ветви, характеризующие значение признака по отношению к заданным требованиям: меньше, норма, больше;

4) в листьях деревьев указываются классы управляющих воздействий: уменьшить, не изменять, увеличить или знак неопределенности « ? ».

Формирование понятий «признак – значение» в СППР протекает в следующей последовательности [4]:

1) из генеральной совокупности признаков (ситуаций) «Учителем» формируется обучающая выборка. Для повышения достоверности классификации в выборку включаются наиболее часто встречающиеся на объекте ситуации и принимаемые по ним управляющие воздействия. Элементы выборки заносятся в память ЭВМ;

2) программа *CLS-9* использует имеющуюся в памяти информацию для формализации предварительного понятия в виде деревьев классификации управляющих воздействий;

3) в память передается очередная ситуация для классификации и выдачи управляющего воздействия;

4) формализованное понятие используется для классификации этой ситуации. Если классификация верная, то переходят к п. 3. При неверной классификации переходят к п. 2;

5) процедура выдачи совета инициализируется оператором в режиме диалога.

Использование процедуры CLS-9 для управления технологическими объектами имеет ряд особенностей. Протекающие в основном технологическом оборудовании процессы являются непрерывными. Выделение дискретных классов управляющих воздействий является условным. Величина приращений управляющих воздействий существенно влияет на качество управления и сходимость алгоритма [4].

Количество возможных значений признаков и их дискретизация так же являются условными. Одному и тому же значению признака соответствует множество точек, находящихся на различном расстоянии от множества конечных ситуаций. С увеличением расстояния уменьшается скорость сходимости алгоритма управления [4].

Процедура *CLS* использовалась Э. Хантом и его сотрудниками Дж. Марином и Ф. Стоуном при моделировании способностей человеческого мозга к формированию абстрактных понятий. Авторы удачно применили программы формирования понятий *CLS* при анализе клинических данных, изучении психических отклонений, при исследованиях в области социологии и антропологии, а также расшифровке содержания различных текстов. Рассматривали возможность применения созданных программ *CLS* при распознавании образов и решении других проблем кибернетики [76].

Имеется также положительный опыт использования процедуры *CLS-9* при управлении технологическим процессом варки стекла [4].

Математическое обеспечение СППР включает в себя совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, положенных в основу программы и обеспечивающее нормальное функционирование комплекса технических средств.

Программа *Operator* поставляется в виде *EXE*-файла готового к работе и не требует специальной процедуры установки¹⁾. Программа предназначена для работы в операционных системах семейства *Windows*.

¹⁾ Программу составил магистрант ВлГУ С.А. Леонов.

Программа требует:

- 1 Мб места на жестком диске;
- до 5 Мб свободной оперативной памяти (без учета других запущенных приложений) при работе с не более 50 признаками, не более 50 управляющими воздействиями и не более 100 ситуациями;
- 500 МГц процессор фирмы *Intel* или *AMD* для работы с небольшими выборками, 2500 МГц для работы с большими выборками.

Система поддержки принятия решений имеет два режима функционирования:

- 1) работа в режиме обучения – в этом режиме происходит обучение и настройка программы на объект;
- 2) работа в режиме диалога – в этом режиме оператор получает от ЭВМ советы по управлению.

Настройка программы

Для настройки в программе предусмотрена специальная вкладка (рис. 5.8). Порядок настройки следующий.

Параметры

Количество признаков:	7	Количество классов признаков:	3	Объем обучающей выборки:	10
Кол-во упр. воздействий:	3	Количество классов решений:	3	Задать параметры выборки	

Имена признаков и управляющих воздействий

Номер признака:	1	2	3	4	5	6	7
Имя признака:	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7

Номер воздействия:	1	2	3
Имя воздействия:	inf1	inf2	inf3

Button1
Задать

Обозначения классов

Номер класса:	1	2	3
Имя класса признака:	-1	0	+1

Номер класса:	1	2	3
Имя класса воздействия:	-	=	+

Button2
Задать

Рис. 5.8. Окно настроек программы

1. Внести новые значения в поля «Количество признаков», «Количество управляющих воздействий», «Количество классов признаков», «Количество классов воздействий», «Объем обучающей выборки». Количества признаков и управляющих воздействий в рассматриваемой версии программы ограничены 20, объем обучающей выборки ограничен 100 ситуациями.

2. Нажать кнопку «Задать параметры выборки» – новые значения сохранятся в программе. Изменятся поля «Имена признаков и управляющих воздействий» и «Обозначения классов».

3. Новые имена признаков и управляющих воздействий вносятся в соответствующие поля. Имена должны быть не пустыми и уникальными. Эти имена будут использоваться для обучения и для выдачи советов. Рекомендуется давать такие имена управляющим воздействиям, которые будут понятны оператору.

4. Нажать кнопку «Задать» для сохранения введенных имен.

5. При необходимости могут вноситься новые обозначения классов признаков и управляющих воздействий. Обозначения должны быть не пустыми и уникальными. Они используются для обучения программы.

Рекомендуется использовать следующие обозначения для классов признаков:

<-1> – для обозначения класса меньше нормы;

<+1> – для обозначения класса больше нормы;

<0> – для обозначения нормального значения.

Рекомендуется использовать следующие обозначения для классов управляющих воздействий:

<-> – для обозначения класса уменьшения воздействия;

<+> – для обозначения класса увеличения воздействия;

<=> – для обозначения класса «не изменять».

Нажать кнопку «Задать» для сохранения введенных классов.

После этого процесс настройки заканчивается и можно переходить к обучению программы.

Работа в режиме обучения

Режим обучения позволяет создать в памяти программы модель, отражающую поведение объекта. Последовательность обучения описана ниже.

1. Подготовка обучающей выборки:

- в обучающей выборке не должны быть повторяющиеся ситуации;

- значения признаков и управляющих воздействий в обучающей выборке должны быть представлены в виде классов, которые должны соответствовать обозначениям классов, введенным во время настройки программы (см. рис. 5.8).

2. Занесение обучающей выборки в программу. Для этого нужно перейти на вкладку «Работа с обучающей выборкой» (рис. 5.9).

В таблицу признаков в строки заносятся ситуации, в столбцы – кодированные значения признаков. В таблицу управляющих воздействий в строки вносятся кодированные значения управляющих воздействий, соответствующие ситуациям.

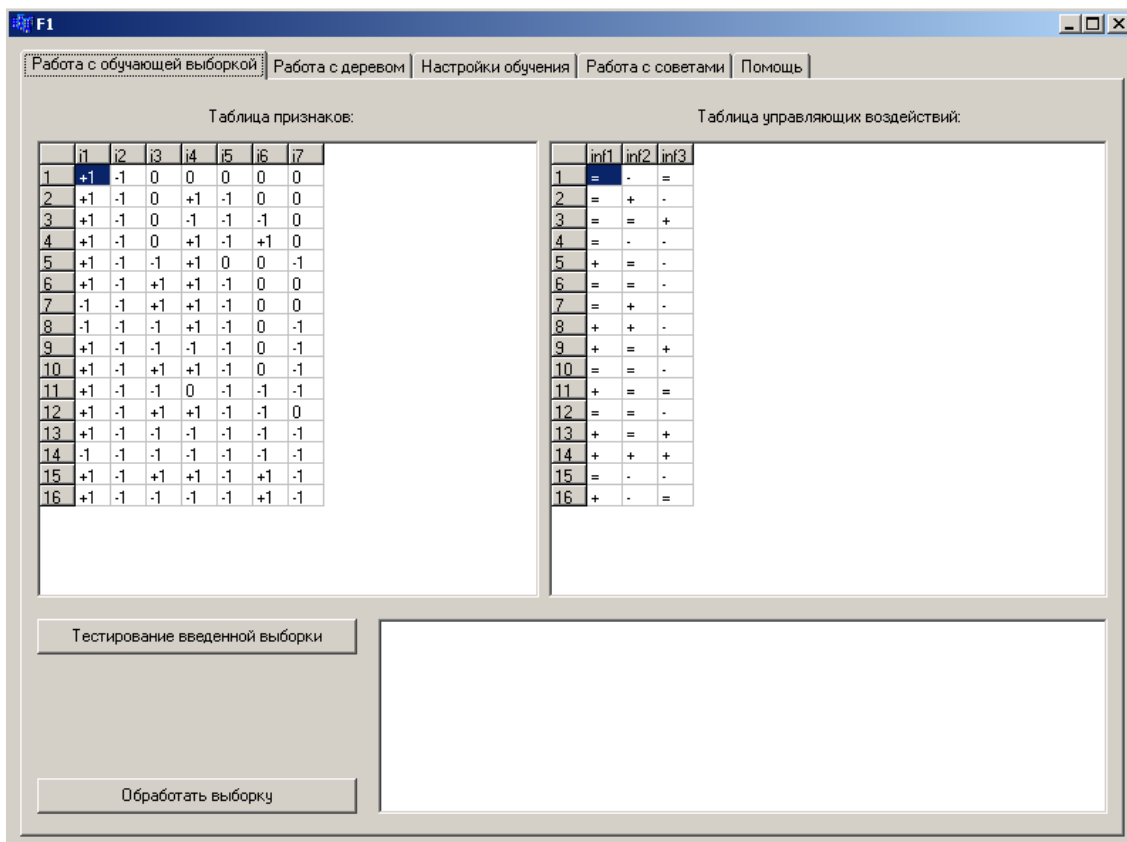


Рис. 5.9. Вкладка «Работа с обучающей выборкой»

3. Тестирование правильности внесения выборки производится нажатием кнопки «Тестирование введенной выборки» (см. рис. 5.9). При этом в соседнем окне справа внизу будет выведен отчет о проведении тестирования.

Если все строки таблиц заполнить верно, то будет выдаваться сообщение о том, что ошибок нет. В противном случае программа выдаст номера строк, в которых обнаружены ошибки. Начинать строить дерево можно только в том случае, если в таблицах нет ошибок.

4. Далее необходимо перейти на вкладку «Работа с деревом» (рис. 5.10):

а) заполнить таблицу «Приоритет признаков». Приоритет признаков применяется в том случае, когда внутренний алгоритм программы не позволяет выбрать предпочтительный признак. Меньшее число соответствует более высокому приоритету. Более высокий приоритет следует назначать наиболее информативным признакам. Таблицу можно заполнить одинаковыми значениями приоритетов, если нет информации о приоритетах признаков. В этом случае при построении дерева классификации будет выбираться первый по порядку признак;

б) нажать кнопку «Построить дерево». Эта функция создает модель объекта в памяти ЭВМ. После этого можно переходить к получению советов по управлению;

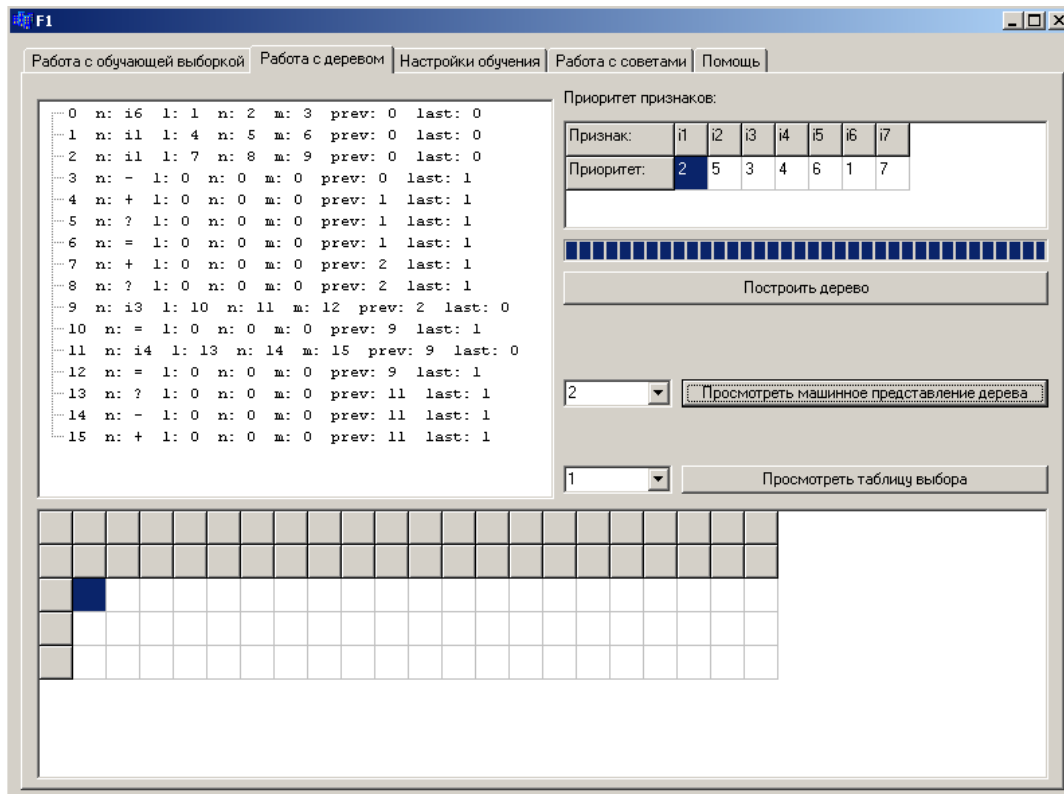


Рис. 5.10. Вкладка «Работа с деревом»

в) на вкладке «Работа с деревом» имеется возможность просмотра построенных деревьев по каждому управляющему воздействию. Для этого нужно:

- выбрать номер управляющего воздействия в поле рядом с кнопкой «Просмотреть машинное представление дерева»;
- нажать кнопку «Просмотреть машинное представление дерева».

Табличное представление дерева отобразится в окне слева. Расшифровка строк машинного представления дерева представлена на рис. 5.11.

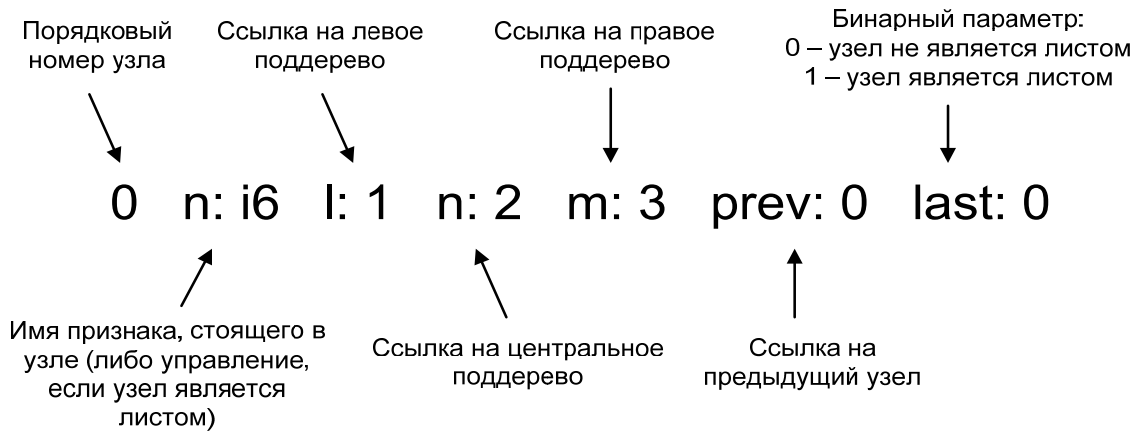


Рис. 5.11. Расшифровка машинного представления дерева

Работа в режиме диалога

Для получения советов необходимо перейти на вкладку «Работа с советами» (рис. 5.12).

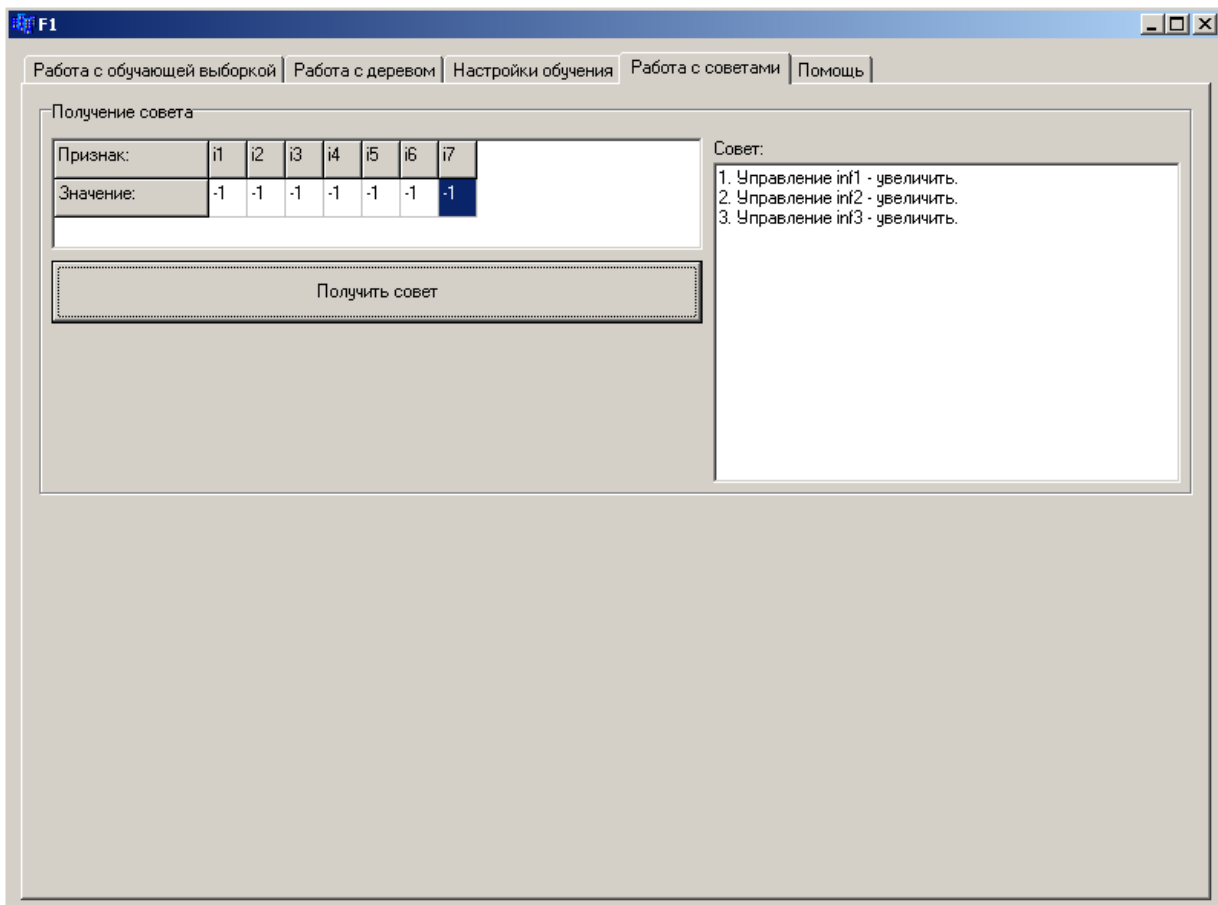


Рис. 5.12. Окно «Работа с советами»

Выполнить следующие действия:

1) ввести ситуацию в таблицу, находящуюся в окне «Получение совета». В строку «Значение» занести коды признаков;

2) нажать кнопку «Получить совет». После этого в правом окне появится совет по изменению значений управляющих воздействий.

В качестве примера рассмотрим эффективность использования процедуры *CLS-9* в СППР закальщика при выработке закаленного стекла для автомобиля *DAEWOO LANOS*. Для исследований были выбраны показатели работы печи закалки *SIV*, в которых наблюдались отклонения контролируемых показателей качества вырабатываемой продукции (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Показатели качества вырабатываемого закаленного стекла

№	x4	x5	x8	x11	x12	x14	x15	x17	x18	x19	x21	x6	x9	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8
1					+									+1	0	0	0	0	0	0	0
2									+					0	0	0	+1	0	0	0	0
3	-													+1	+1	0	0	0	0	0	0
4										+				0	0	0	0	+1	0	0	0
5							-		+					0	0	+1	+1	0	0	0	0
6									+	+				0	0	+1	+1	+1	+1	0	0
7													+	0	0	0	0	0	0	+1	0
8												-		0	0	0	0	0	0	0	+1
9											-			0	+1	0	0	0	0	0	0
10				-					-	+				0	0	0	0	+1	0	+1	0
11												-	+	0	0	0	0	0	0	+1	+1
12	-		+											+1	+1	0	+1	0	0	0	0
13					+				+	+				+1	0	+1	+1	+1	+1	0	0
14									+		-			0	+1	0	+1	0	0	0	0
15					+		-	-	+					+1	+1	+1	0	0	0	0	0
16							-		+		-			0	+1	+1	+1	0	0	0	0
17										+		-	+	0	0	0	0	+1	0	+1	+1
18					+							-	+	+1	0	0	0	0	0	+1	+1
19	-											-		+1	+1	0	0	0	0	0	+1
20											-		+	0	+1	0	0	0	0	+1	0
21	-		+							+				+1	+1	0	+1	+1	0	0	0
22	-						-		+		-			+1	+1	+1	+1	0	0	0	0
23		+	+	-										0	+1	0	+1	0	0	+1	0
24			+			-								0	0	0	+1	+1	0	0	0
25			+			-							+	0	0	0	+1	+1	0	+1	0
26											-	-		0	+1	0	0	0	0	0	+1
27											-	-	+	0	+1	0	0	0	0	+1	+1
28										+	-			0	+1	0	0	+1	0	0	0
29	-												+	+1	+1	0	0	0	0	+1	0
30	-	-										-		+1	0	0	0	0	0	0	+1
31							+		+	+				0	0	0	+1	+1	+1	0	0

В таблице использованы следующие обозначения признаков (показатели качества закаленного стекла):

- y_1 – неприлегание стекла по стороне $A - B$;
- y_2 – неприлегание стекла по стороне $B - C$;
- y_3 – неприлегание стекла по стороне $C - D$;
- y_4 – неприлегание стекла по стороне $D - F$;
- y_5 – отклонение образующей цилиндра;
- y_6 – максимальное количество осколков при испытаниях;
- y_7 – минимальное количество осколков при испытаниях;
- y_8 – максимальная длина осколков при испытаниях.

Конечная ситуация задавалась следующими значениями показателей качества закаленного стекла:

- неприлегание по сторонам стекла не должно превышать 2 мм;
- отклонение образующей цилиндра – не более 1,5 мм;
- максимальное количество осколков – не более 235;
- минимальное количество осколков – не менее 70;
- максимальная длина осколков – не более 50 мм.

Количество возможных значений каждого признака в рассматриваемом примере равно двум. Кодом $\langle 0 \rangle$ обозначено значение признака, соответствующее ограничениям, кодом $\langle +1 \rangle$ - значение признака, находящегося за пределами ограничений. При выбранном кодировании множество начальных ситуаций S_n будет содержать $2^8=256$ различных значений, что образует генеральную совокупность начальных ситуаций.

Управляющие воздействия по коррекции температурного режима печи закалки SIV и пресса рассчитывались с использованием разработанных регрессионных моделей [80]. Число управляющих воздействий равно 13. Множество критериальных классов для каждого управляющего воздействия задавалось тремя элементами: $\langle - \rangle$ уменьшить, $\langle + \rangle$ увеличить, $\langle = \rangle$ не изменять (в таблице символ пропущен).

В табл. 5.1 использованы следующие обозначения управляющих воздействий:

- x_4 – температура в камере 1, зона 11;
- x_5 – температура в камере 2, зона 1;
- x_8 – температура в камере 3, зона 1;
- x_{11} – температура в камере 4, зона 12;

x_{12} – скорость в печи;
 x_{14} – показания пирометра 1;
 x_{15} – замедление валков;
 x_{17} – интервал левый 1;
 x_{18} – интервал левый 2;
 x_{19} – высота пуансона 1;
 x_{21} – давление воздуха, подаваемого на предварительное охлаждение снизу;
 x_6 – температура в камере 2, зона 2;
 x_9 – температура в камере 3, зона 11.

Для обучения системы из табл. 5.1 в случайном порядке отбиралась выборка для построения деревьев классификации ситуаций по всем управляющим воздействиям. Объем обучающей выборки каждый раз менялся для оценивания достоверности выдаваемых советов процедурой *CLS-9*. Тестовая выборка содержала все ситуации, приведенные в табл. 5.1.

Достоверность выдаваемых советов рассчитывалась по формуле

$$ДС = n_d / n, \quad (5.5)$$

где ДС – достоверность советов, д/е ;

n_d – количество верных советов по управлению;

n – общее число выданных советов системой.

Так же проводились испытания процедуры *CLS-9* с обучением при выдаче неверных советов. Сначала в программу вносилась обучающая выборка, производилось построение деревьев для классификации ситуаций, а затем последовательно предъявлялись ситуации из тестовой выборки для выдачи совета по управлению. Те ситуации, на которые система выдавала неверный совет, добавлялись в обучающую выборку по правилу: если ситуация была в обучающей выборке, но с другим управлением, то ее заменяли на новую. Если такой ситуации не было в обучающей выборке, то ее добавляли. При каждом изменении обучающей выборки перестраивали деревья классификации ситуаций.

Результаты испытаний процедуры *CLS-9* в двух режимах испытаний приведены в табл. 5.2 и отображены на графике (рис. 5.13).

Алгоритм *CLS-9* обладает свойством экстраполяции, он способен правильно классифицировать ситуации, не входившие в обучающую

шую выборку. Для качественного обучения системы достаточно использовать 20 – 25 % различных ситуаций из генеральной совокупности.

Таблица 5.2

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

Обучение системы в процессе диалогового режима (адаптация к новым ситуациям) увеличивает достоверность выдаваемых советов.

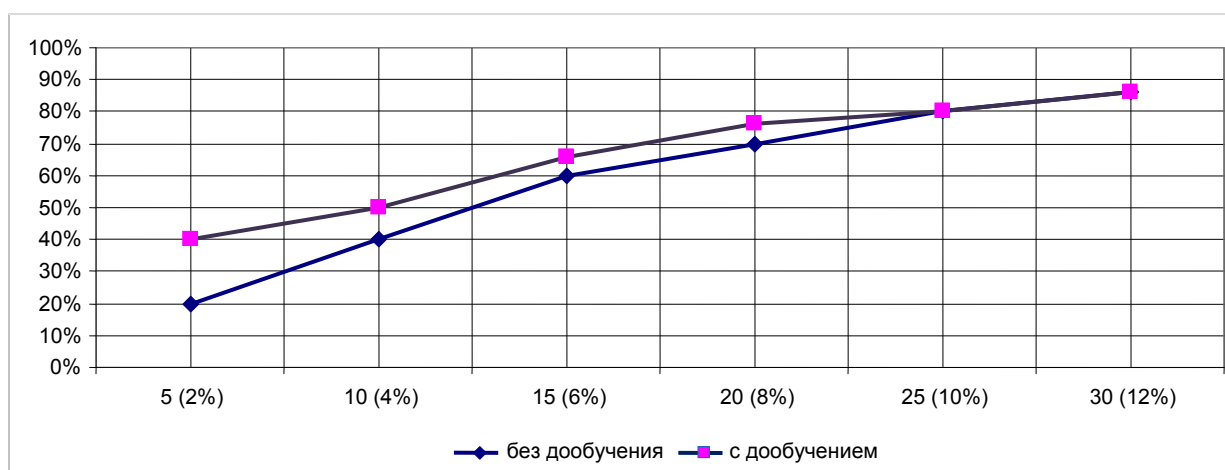


Рис. 5.13. Зависимость достоверности выдаваемых советов от объема обучающей выборки. По оси ординат отложен объем обучающей выборки, а по оси абсцисс – процент верных советов

Полученные результаты хорошо согласуются с ранее проведенными исследованиями [4]. При исследовании СППР стеклоара было показано, что для формирования предварительного понятия достаточно иметь исходную обучающую выборку в объеме 20 – 30 % от генеральной совокупности возможных ситуаций. Шаг управляющего воздействия целесообразно выбирать исходя из размеров области конечных ситуаций. Величина шага выбирается равной 0,8 – 1,3 от размеров (диаметра) области конечных ситуаций.

Описанная процедура *CLS-9* может применяться для описания в табличной форме когнитивной модели процесса закалки автомобильного стекла (см. рис.4.16).

5.4. Оптимизация управления технологическими процессами в производстве автомобильных стекол

Математическое моделирование процесса производства стекла с использованием компьютерной техники играет важную роль в совершенствовании управления технологическими процессами производства автомобильных стекол. В этом параграфе рассматривается методика использования вычислительного эксперимента и имитационного моделирования для оценки эффективности управления производством автомобильного стекла и выработки предложений по совершенствованию алгоритмов управления с целью дальнейшего улучшения качества вырабатываемой продукции. Предлагаемая методика состоит из следующих этапов [3]:

1) разработка регрессионных моделей, описывающих зависимость показателей качества вырабатываемых изделий от режима работы технологического оборудования. Этот этап описан в гл. 3 и 4;

2) формализация задачи управления в пространстве режимных переменных технологического оборудования. Выбор критериев управления и ограничений;

3) имитационное моделирование системы управления с выбранным алгоритмом управления. Оценка достигаемого улучшения качества изделий;

4) повторение этапов 2 и 3 при других формулировках задач управления и алгоритмов их решения. Выбор рационального варианта постановки и решения задачи управления качеством стекла;

5) выработка предложений по совершенствованию алгоритмов управления производством для дальнейшего улучшения качества автомобильного стекла.

Достоверность результатов моделирования во многом зависит от точности регрессионных моделей, используемых при моделировании. Для повышения точности параметры моделей уточняются с помощью одношагового алгоритма адаптации с использованием данных о режимных переменных и показателях качества стекла [78].

Малая инерционность объекта управления позволяет отнести рассматриваемую задачу к числу задач статического планирования и управления. Реализуемость статического подхода к решению задач управления процессом выработки автомобильного стекла подтверждается тем, что действующие возмущающие воздействия компенси-

руются при помощи режимных переменных значительно быстрее, чем успевают измениться значения самих возмущений.

Полученные регрессионные уравнения представляют собой приближенную модель объекта, позволяющие рассчитать выходные показатели технологического процесса с некоторой ошибкой. При решении задачи управления с использованием регрессионных уравнений может оказаться, что технологический режим, выбранный в результате решения задачи с приближенной моделью процесса, в действительности не будет обеспечивать выработку изделий заданного качества. Организация управления технологическими процессами с заданной надежностью (вероятностью) возможна двумя способами:

- 1) разработкой адаптивных математических моделей;
- 2) разработкой алгоритмов управления, учитывающих вероятностный характер полученного математического описания и использующих некоторую дополнительную информацию о процессе.

В работе использован первый подход – разработка моделей с заданной точностью и применение детерминированных алгоритмов для решения статической задачи управления (планирования) технологическим процессом выработки автомобильного стекла. Этот подход отличается простотой и ясностью алгоритмов управления. При адекватных моделях он позволяет получать решения, близкие к результатам, полученным с использованием сложных алгоритмов, при решении стохастических задач.

В данном параграфе рассматривается использование машинных имитационных моделей для получения информации, дополняющей результаты реальных испытаний системы управления и оценки эффективности функционирования системы. При создании имитационной модели ориентировались на использование экспериментальных данных по входным и выходным переменным, собираемых с объекта. Экспериментальные данные позволяют оценить точность соответствия поведения модели поведению реального объекта и при необходимости скорректировать модели, оценить эффективность исследуемых алгоритмов управления по сравнению с ручным ведением процесса при одинаковых исходных данных.

Рассмотрим использование имитационного моделирования для оценки эффективности управления технологическим процессом закаливания на горизонтальной печи *SIV* при производстве стекла для ав-

томобиля *DAEWOO LANOS* и выдачи предложений по коррекции режима закалки, с целью повышения качества вырабатываемой продукции.

Выработка закаленного стекла представляет массовое производство. Качество изделий зависит от многих факторов: качества заготовок, состояния технологического оборудования, опыта работающего персонала и других.

С качеством связаны понятия ключевых характеристик продукции - критические и значительные. К числу критических характеристик относятся требования механической прочности, и характер разрушения закаленного стекла при испытаниях. К числу значительных относятся отклонения гнутых изделий от заданной формы, отсутствие сколов на открытых торцах, светопропускание, оптические искажения.

Для обеспечения требуемого качества на производстве функционирует система менеджмента качества, которая оказывает корректирующие действия на технологический процесс с целью поддержания высокого качества вырабатываемой продукции.

Корректирующие действия обычно вырабатываются на основе анализа статистических данных работы производства. Использование информационных технологий позволяет оперативно проводить статистический анализ производства и вырабатывать наилучшие решения по коррекции режима работы технологического оборудования.

Эффективным инструментом выработки корректирующих действий является имитационное моделирование. Моделирование позволяет выявить потенциальные возможности технологического оборудования для повышения качества вырабатываемой продукции за счет оптимизации режима его работы.

Технологический процесс закалки стекла протекает на горизонтальной установке непрерывного действия. Заготовки стекла нагреваются в туннельной четырехкамерной печи, далее подвергаются прессованию для придания стеклу заданной формы. Затем стекло с фиксированной формой подвергается закалке путем быстрого охлаждения струей воздуха. После закалки стекла медленно охлаждаются.

Значительные характеристики закаленного стекла описываются системой линейных регрессионных уравнений, приведенной в четвертой главе учебного пособия (4.11):

$$\begin{aligned}
y_1 &= 13,6 - 1,82x_{12} + 0,03x_{19} - 0,25x_{22}; \\
y_2 &= 20,9 - 0,012x_6 - 1,68x_{12} - 3,9x_{15} - 1,5x_{17} + 0,06x_{19} - 0,42x_{22}; \\
y_3 &= 2,34 - 0,021x_8 + 0,019x_{10} - 0,31x_{13}; \\
y_4 &= -3,1 + 0,019x_4 - 0,012x_6 + 3,14x_{18} - 0,16x_{22}; \\
y_5 &= -2,05 - 0,009x_6 + 0,013x_7 + 0,0032x_9 - 1,79x_{17} + 2,07x_{18} + \\
&+ 0,057x_{19} - 0,013x_{20} - 0,389x_{22},
\end{aligned}$$

где результирующие 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; – влияющие факторы: x_4 – температура свода в камере 1 по центру зоны 1; x_6 – температура свода в камере 2 в зоне 2; x_7 – температура пода в камере 2 в зоне 12; x_8 – температура свода в камере 3 по центру зоны 1; x_9 – температура пода в камере 3 в зоне 11; x_{10} – температура свода в камере 4 в зоне 2; x_{12} – скорость транспортера в печи; x_{13} – размеры вырабатываемых стекол, определяемые количеством потоков заготовок на транспортирующем конвейере; 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 1; x_{20} – давление воздуха, подаваемого сверху при предварительном охлаждении прессованного стекла x_{22} – конфигурация стекла, определяемая стороной остекления.

Автосборщики предъявляют высокие требования к качеству закаленного стекла, в частности, к отклонению изделий от заданной формы. Проведенный анализ производства закаленных изделий выявил значительный разброс формы стекла. Коэффициент вариации неприлегания и отклонения образующей линии цилиндра колеблется в пределах от 33,3 до 47 % (см. табл. 4.7). Механические свойства стека, оцениваемые по характеру разрушений, показывают также значительную вариацию показателей, достигающую 21–30 %. Все это определяет необходимость повышения качества вырабатываемых изделий.

Рассмотрим задачу управления технологическим процессом закалки с целью минимизации отклонения формы стекла от шаблона. Ввиду значительной нестабильности формы изделий и значительной ее вариации в процессе изготовления в качестве комплексного критерия управления выбирается аддитивная свертка отклонений формы стекла по периметру и отклонение линии обра-

зующей цилиндра. С учетом сказанного задачу управления технологическим процессом закалки можно сформулировать в следующем виде:

минимизировать комплексный критерий

$$K=C_1|y_1/y_{1_{\max}}|+C_2|y_2/y_{2_{\max}}|+C_3|y_3/y_{3_{\max}}|+C_4|y_4/y_{4_{\max}}|+C_5|y_5/y_{5_{\max}}| \quad (5.6)$$

при выполнении системы ограничений, накладываемой на диапазон изменения режимных переменных, определяемый технологическим регламентом

$$xn_{\min} \leq x_n \leq xn_{\max} \quad \text{для } n=1, 2, \dots, 22. \quad (5.7)$$

В критерий (5.6) неприсоединение сторон стекла к шаблону, и отклонение образующей линии цилиндра нормализованы путем деления показателей на их допустимое (максимальное) значение. Подбором коэффициентов $C_1 - C_5$ устанавливаются «веса» слагаемых в комплексном критерии. При этом слагаемые берутся по модулю для исключения влияния знака отклонения (+, -) на величину критерия.

При решении задачи управления (коррекции режима работы технологического оборудования) заданным считается тип вырабатываемого изделия, который характеризуется значениями факторных переменных x_{13} – количество потоков, x_{22} – конфигурация стекла, определяемая стороной остекления.

Задача управления заключается в поиске режима закалки, при котором критерий (5.6) принимает минимальное значение. В пределе он равен нулю, что имеет место при нулевых значениях слагаемых. Это возможно при изготовлении изделий точно по шаблону.

Поиск оптимального режима проводился численным методом с использованием алгоритма покоординатного спуска. Шаги поиска по режимным переменным (координате) выбирались из условия получения требуемой точности вычислений и сокращения числа итераций при поиске. Величина шага принималась не больше 10 % от допустимого диапазона изменения режимной переменной.

При имитационном моделировании алгоритмов управления процессом закалки использовались ретроспективные данные работы горизонтальной установки при выработке боковых стекол для автомобиля *DAEWOO LANOS*. Моделирование проводилось при значении-

ях режимных переменных, соответствующих диапазону их изменения при ручном ведении процесса закалки (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Диапазон изменения режимных переменных при моделировании

Режимная переменная	Кодированное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Шаг изменения
Температура свода в камере 1 по центру зоны 1	x4	555 °С	585 °С	2 °С
Температура свода в камере 2 в зоне 2	x6	575 °С	605 °С	2 °С
Температура свода в камере 2 в зоне 12	x7	560 °С	590 °С	2 °С
Температура свода в камере 3 по центру зоны 1	x8	660 °С	665 °С	2 °С
Температура пода в камере 3 в зоне 11	x9	590 °С	655 °С	2 °С
Температура свода в камере 4 в зоне 2	x10	597 °С	670 °С	2 °С
Скорость в печи	x12	6,8 с	7,2 с	0,012 с
Замедление валков	x15	0,18 с	0,25 с	0,004 с
Интервал 1 левый	x17	0,25	0,45	0,015
Интервал 2 левый	x18	0,30	0,45	0,01
Высота пуансона	x19	7 мм	25 мм	1,5 мм
Предварительный обдув сверху	x20	145 мм вод. ст.	185 мм вод. ст.	2,5 мм вод. ст.

Примечание: температура указана в градусах Цельсия

При моделировании предполагалось, что рассчитанные значения режимных переменных, соответствующие минимальному значению критерия (5.6), выдерживаются на технологической установке средствами локальной автоматики либо закальщиком вручную. Прогнозируемые показатели качества изготавливаемых изделий определялись расчетом с помощью адаптивных моделей, описывающих зависимость неприлегания по сторонам стекла и отклонение образующей цилиндра от режима закалки.

Достижимое качество формы вырабатываемого стекла при оптимальном управлении процессом закалки отражено в табл. 5.4. Тут же для сравнения приведены показатели качества, полученные на производстве при ручном управлении технологическим процессом.

Таблица 5.4

Сравнительные характеристики изделий при оптимальном управлении с ручным ведением процесса закалки

Характеристика стекла	Результаты моделирования		Ручное ведение процесса	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Неприлегание на стороне $A - B$, мм	0,52	0,31	1,15	0,51
Неприлегание на стороне $B - C$, мм	0,27	0,26	1,36	0,52
Неприлегание на стороне $C - D$, мм	0,11	0,26	1,12	0,48
Неприлегание на стороне $D - F$, мм	0,92	0,24	1,42	0,52
Отклонение образующей цилиндра, мм	0,006	0,01	0,38	0,35

Как видно из табл. 5.4. предложенный алгоритм управления позволяет вырабатывать закаленное стекло более высокого качества. Повышается точность изготовления стекол за счет уменьшения величины неприлегания к контрольному шаблону и отклонения образующей цилиндра. Уменьшается среднее значение и стандартное отклонение контрольных измерений неприлегания и отклонения образующей цилиндра. Неприлегание по сторонам стекла не превышает 1,5 мм, отклонение образующей цилиндра практически отсутствует. При ручном ведении процесса закалки неприлегание по сторонам стекла достигало 2,9 мм, а отклонение образующей цилиндра составляло 1,4 мм.

Для наглядности, в качестве примера, на рис. 5.14 приведены графики изменения неприлегания стекла на стороне А – В (y_1) при моделировании и ручном ведении процесса закалки.

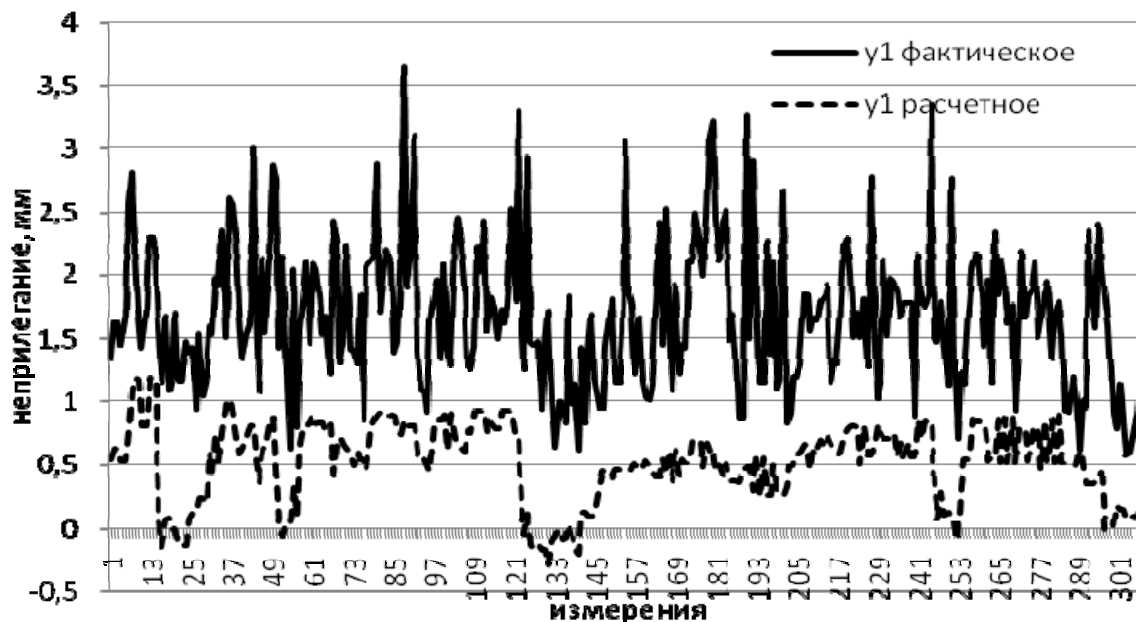


Рис. 5.14. Неприлегание закаленного стекла к шаблону на стороне А – В

Повышение точности формы изготавливаемого стекла при оптимальном управлении достигается за счет выбора режима закалки и более точного выдерживания его на расчетном уровне. Сравнительные данные режимов закалки, полученные при моделировании алгоритма управления с ручным ведением процесса, приведены в табл. 5.5. Как видно из таблицы, тепловой режим горизонтальной печи корректируется незначительно, не более чем на 4 %. Заметной коррекции подвергаются: высота пуансона – x_{19} на 32 %; интервал 2 левый – x_{18} на 18 %; замедление валков – x_{15} на 9 %.

Имитационное моделирование показало возможность дальнейшего повышения качества вырабатываемых закаленных автомобильных стекол на существующей производственной установке за счет оптимального выбора режимов работы технологического оборудования.

Описанная методика вычислительного эксперимента и имитационное моделирование технологического процесса могут успешно применяться в системах менеджмента качества автомобильного стек-

ла при выработке корректирующих действий для достижения максимальной удовлетворенности потребителей качеством продукции и услуг.

Таблица 5.5

Сравнение режима закалки стекла при оптимальном управлении с ручным ведением процесса

Режимная переменная	Кодированное значение	Результаты моделирования		Ручное ведение процесса	
		Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Температура свода в камере 1 по центру зоны 1	x4	558 °С	0 °С	568 °С	8 °С
Температура свода в камере 2 в зоне 2	x6	600 °С	3 °С	583 °С	8 °С
Температура свода в камере 2 в зоне 12	x7	576 °С	7 °С	575 °С	7 °С
Температура свода в камере 3 по центру зоны 1	x8	651 °С	9 °С	628 °С	15 °С
Температура пода в камере 3 в зоне 11	x9	626 °С	20 °С	618 °С	15 °С
Температура свода в камере 4 в зоне 2	x10	612 °С	16 °С	631 °С	15 °С
Скорость в печи	x12	7,2 с	0,012 с	7 с	0,048 с
Замедление валков	x15	0,24 с	0,006 с	0,22 с	0,018 с
Интервал 1 левый	x17	0,36	0,05	0,37	0,06
Интервал 2 левый	x18	0,32	0,018	0,39	0,043
Высота пуансона	x19	10,4 мм	2,7 мм	15,2 мм	6,1 мм
Предварительный обдув сверху	x20	157 мм вод. ст.	5,8 мм вод. ст.	165 мм вод. ст.	9,4 мм вод. ст.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Глава 1

1. Как определяется понятие качества? Группы показателей назначения: производственная и потребительская.
2. Что понимается под управлением качеством продукции? Для чего создается система менеджмента качества?
3. Что является системообразующими отношениями в интегрированной системе управления предприятием?
4. Какие направления в управлении качеством рассматриваются по международному стандарту ИСО?
5. На какие основополагающие принципы опирается положение управления качеством с кибернетическим подходом?
6. Какие нормативные акты и документы по управлению качеством продукции Вы знаете?

Глава 2

7. В чем содержание системного подхода к технологии управления качеством?
8. Роль моделирования в обеспечении наглядности объекта управления. Содержание моделей «как есть» и «как будет».
9. Анализ и моделирование сложных систем. В чем содержание методологии структурного системного анализа?
10. Какие принципы построения систем управления охраной окружающей среды Вы знаете?
11. Разработка модели СУООС с использованием методологии системного моделирования и проектирования *IDEF0*. В чем суть процессного подхода?
12. Для чего создается система управления в области профессиональной безопасности и охраны труда на предприятии?
13. Подходы к созданию интегрированных систем менеджмента на предприятиях.
14. В чем содержание *DFD*-технологии, используемой при разработке процессной модели интегрированной системы менеджмента предприятия?

Главы 3 и 4

15. Информационные технологии, используемые при разработке модели технологии производства многослойного стекла.

16. Моделирование процессов, протекающих на производстве. Как создается модель технологического процесса с использованием методология *IDEF0*?
17. Понятия ключевых показателей изделия. В чем различие критических и значительных показателей?
18. Назовите оценки надежности технологической системы. Как определяются коэффициенты, характеризующие производительность и использование технической системы.
19. Что понимается под отлаженностью и настроенностью технологических систем?
20. Как извлекается полезная информация из массива данных? Содержание технологии анализа процессов *PAT*?
21. Понятие стабильности и точности процессов. Как оцениваются коэффициенты вариации и межнастроечной стабильности?
22. Как строится диаграмма Парето при анализе дефектов в вырабатываемой продукции?
23. Математическое описание изучаемых процессов. Как составляется система уравнений при описании сложных многосвязных объектов?
24. Как оценивается качество разработанных моделей множественной регрессии?
25. Использование многофакторных моделей для анализа и принятия решений по коррекции режима работы технологических систем. Как составляются морфологические таблицы?
26. Как выбираются корректирующие действия в системах управления с использованием морфологического метода?
27. Использование когнитивной структуризации при исследовании слабоструктурированных, плохо формализуемых задач управления. В чем состоит цель когнитивной структуризации?
28. Использование дисперсионного анализа для оценки влияния факторов на функционирование системы. Раскройте содержание однофакторного дисперсионного анализа.
29. Как проводится уточнение параметров моделей в процессе эксплуатации? Содержание алгоритма одношаговой адаптации.

Глава 5

30. Какие информационные технологии используются при поддержке качества вырабатываемой продукции?

31. Какое функциональное назначение системы мониторинга *GP 2000* в производстве автомобильных стекол?
32. Какие пути реформирования процессов менеджмента и управления качеством в производстве продукции Вы знаете?
33. Раскройте содержание системного подхода в процессе принятия решений.
34. Ситуационный подход к управлению качеством продукции. Раскройте содержание машинной процедуры формирования понятий *CLS-9*.
35. В чем особенность методики использования вычислительного эксперимента и имитационного моделирования при оценке эффективности управления производством?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии изложены основы построения системы управления качеством в производстве автомобильного стекла в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000 и ИСО/ТУ 16949. Рассмотрен процессный подход к моделированию систем менеджмента качества, охраны окружающей среды, профессиональной безопасности и охраны труда, а также подходы к созданию интегрированных систем менеджмента на предприятии. Показана эффективность применения *IDEF0*-методологии для описания систем. Достаточно подробно рассмотрены особенности применения статистических методов при контроле продукции, оценке точности и стабильности производства в целом и отдельных технологических процессов.

Излагаемый материал иллюстрирован примерами использования статистических методов для анализа, регулирования и управления качеством вырабатываемых многослойных (триплекса) и закаленных стекол.

Особое место в пособии уделено применению информационных технологий и имитационного моделирования для совершенствования управления технологическими процессами производства стекла. Описываются алгоритмы управления процессами, протекающими в основном технологическом оборудовании.

Авторы постарались дать общее представление о системах обеспечения качества и управлении качеством продукции, стандартизации в управлении качеством на примере производства автомобильных стекол, обратив при этом внимание на достижения науки и практики в данной области.

Авторы учебного пособия не претендуют на полноту изложения вопросов управления качеством автомобильного стекла на всех этапах жизненного цикла продукции. Более подробно в пособии изложены вопросы управления качеством в процессе изготовления продукции.

Развитие систем качества – процесс динамичный. Постепенно происходит накопление опыта по совершенствованию систем качества. Накопленный опыт, несомненно, найдет отражение в последующих работах авторов и других специалистов.

Авторы выражают уверенность, что книга будет полезной работникам стекольных производств, а также специалистам других отраслей, занимающихся вопросами управления качеством продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК*

1. Патовая ситуация: надолго ли? // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 5. – С. 54 – 56.
2. ИСО/ТУ 16949:2002. Системы менеджмента качества. Особые требования по применению стандарта ИСО 9001:2000 в автомобилестроении и организациях, поставляющих соответствующие запасные части. – М. : Госстандарт России, 2002.
3. Управление качеством листового стекла (флоат-способ) : учеб. пособие / Р. И. Макаров [и др.]. – М. : Изд-во ассоциации строит. вузов, 2004. – 152 с. – ISBN5-93093-261-1.
4. Макаров, Р. И. Автоматизация производства листового стекла (флоат-способ) : учеб. пособие / Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева, С. А. Лукашин. – М. : Изд-во ассоциации строит. вузов, 2002. – 192 с. – ISBN 5-93093-116-X.
5. Чуплыгин, В. Н. Управление качеством безопасного многослойного стекла для автомобильного транспорта : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Владимир Николаевич Чуплыгин. – Бор, 2005. – 22 с.
6. Суворов, Е. В. Анализ и управление производством безопасного многослойного стекла для автомобильного транспорта : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Евгений Владимирович Суворов. – Бор, 2007. – 22 с.
7. Марка, Давид. Методология структурного анализа и проектирования: пер. с англ. / Давид Марка, Клемент МакГоуэн. – М., 1993. – 240 с. – ISBN 0-07-040235-3, ISBN 5-7395-0007-9.
8. Управление качеством продукции : учеб. пособие / под ред. Н. И. Новицкого. – М. : Новое знание, 2002. – 367 с. – ISBN 5-94735-009-2.
9. ГОСТ 5727 – 88. Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 17 с.
10. Тарбеев, В. В. Прогрессивные технологические процессы при производстве полированного стекла на Борском стекольном заводе : учеб. пособие / В. В. Тарбеев. – Н. Новгород : Ин-т повышения квалификации руководящих работников и специалистов, 1997. – 115 с.
11. Никифоров, А. Д. Управление качеством / А. Д. Никифоров. – М. : ДРОФА, 2004. – 720 с. – ISBN 5-7107-6970-3.

*Публикуется в авторской редакции.

12. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А. А. Кукушкин; под ред. А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 368 с. – ISBN 5-279-02435-X.

13. Управление обеспечением качества и конкурентоспособностью продукции. / Н. Л. Маренков, [и др.]. – М. : Национальный институт бизнеса; Ростов-н/Д; Феникс, 2004. – 512 с. – ISBN 5-222-04284-9, ISBN 5-8309-0099-8. – (Серия «Высшее образование»)

14. Хорошева, Е. Р. Теоретические основы построения интегрированных систем управления промышленных предприятий (на примере стекольных заводов) : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Елена Руслановна Хорошева. – Владимир, 2007. – 33 с.

15. Адлер, Ю. П. Что век грядущий нам готовит? / Ю. П. Адлер, И. З. Аронов, В. Л. Шпер // Методы менеджмента качества. – 1999. – № 1. – С. 26.

16. Свиткин, М. З. Интегрированные системы менеджмента / М. З. Свиткин // Стандарты и качество. – 2004. – № 2.

17. Гусева, Т. В. Интеграция как закономерный этап развития систем менеджмента / Т. В. Гусева // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 5.

18. Свиткин, М.З. От менеджмента качества к качеству менеджмента / М. З. Свиткин // Методы менеджмента качества. – 2000. – № 4. – С. 18 – 22.

19. Щиборщ, К. В. Интегрированная система управления промышленных предприятий России / К. В. Щиборщ // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – № 4.

20. Создание системы управления окружающей средой на стекольном заводе / Р.И. Макаров [и др.] // Стекло и керамика. – 2004. – № 10. – С. 27 – 29.

21. Консалтинг системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда на стекольном заводе / Р.И. Макаров [и др.] // Стекло и керамика. – 2005. – № 5. – С. 34 – 36.

22. Интегрированная система управления и методики ее построения / Р. И. Макаров [и др.] // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. 16 междунар. науч. конф. Т. 6. – Ростов н/Д., 2003. – С. 224 – 226.

23. Гиссин, В. И. Управление качеством продукции : учеб. пособие / В. И. Гиссин. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – 256 с. – ISBN 5-222-01055-4.

24. Методы и модели информационного менеджмента : учеб. пособие / Д. В. Александров [и др.]; под ред. А. В. Кострова. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 336 с. – ISBN 978-5-279-03067-5.

25. Вендров, А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем / А. М. Вендров. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 32 с. – ISBN 5-279-02937-8.

26. Калянов, Г. Н. CASE-технология: консалтинг в автоматизации бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2000. – ISBN 5-93517-099-X.

27. Калашян, А. Н. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии / А. Н. Калашян, Г. Н. Калянов; под ред. Г. Н. Калянова. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 256 с. – ISBN 5-279-02562-3.

28. Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В. С. Ручкин. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 208 с. – ISBN 5-279-02433-3.

29. Пахомова, Н. Экологический менеджмент / Н. Пахомова, А. Эндрес, К. Рихтер. – СПб. : Питер, 2003. – 544 с.

30. Белов, Г. В. Экологический менеджмент предприятия : учеб. пособие / Г. В. Белов. – М. : Логос, 2006. – 240 с.

31. Руководство по разработке и внедрению систем экологического менеджмента. – М., 2004. – Режим доступа: www.14001.ru.

32. Трифонова, Т. А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для высш. шк. / Т. А. Трифонова, Н. В. Селиванова, М. Е. Ильина. – М. : Академический проект : Фонд «Мир», 2003. – 320 с.

33. Макаров, С. В. Экологический менеджмент / С. В. Макаров, Т. В. Гусева. – Режим доступа: <http://www.ecoline.ru/mc/books/man>.

34. Системы экологического менеджмента для практиков / С. Ю. Дайман [и др.] ; под ред. С. Ю. Даймана. – М. : Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 248 с.

35. Шокина, Л. И. Взаимосвязь стандартов управления качеством, окружающей средой, охраной здоровья и безопасностью персонала в практике российских и зарубежных компаний / Л. И. Шокина, Н. А. Жданкин // Трудовое право. – 2002. – № 2.

36. Петриченко, Е. В. Проблемы управления промышленной безопасностью / Е. В. Петриченко // Новые технологии и научно-технические достижения промышленности – человеку, обществу, государству – ПРОМТЕХЭКСПО XXI: тр. науч.-техн. конф. – 2001.

37. ГОСТ Р 12.0.006-2002. Общие требования к управлению охраной труда в организации. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2002.
38. *Khorosheva, E.R., Tarbeev, V.V., (et al.) Development of Environment Management System at a Glass Factory // Glass and Ceramics, Springer US, 2004. – vol.61, no. 9-10, P. 343–345.*
39. Заметки об ISO 14000 / Менеджмент качества. – *Regcon-Asia*, 2002.
40. Производство стекла / В. В. Тарбеев [и др.]. – Н. Новгород : Нижполиграф, 2000. – 224 с.
41. Р50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2000. – 75 с.
42. Крюков, И. И. Сбалансированная система показателей в интегрированной системе качества / И. И. Крюков, А. Д. Шадрин // Стандарты и качество. – 2004. – № 6.
43. Литвак, Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа / Б. Г. Литвак. – М. : Радио и связь, 1992. – 184 с.
44. Прангишвили, И. В. Системный подход и общесистемные закономерности / И. В. Прангишвили. – М. : СИНТЕГ, 2000. – 528 с. – ISBN 5-89638-042-9. – (Серия «Системы и проблемы управления»).
45. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник : учеб. пособие для вузов / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высш. шк., 2004. – 616 с. – ISBN 5-06-004875-6.
46. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных АСУ / под ред. Ф. И. Перегудова. – Томск : Изд-во ТГУ, 1976. – 440 с.
47. Бочаров, Е. П. Интегрированные корпоративные информационные системы / Е. П. Бочаров, А. И. Колдина. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 286 с. – ISBN 5-279-03060-0.
48. *Corinne N. Johnson. The Benefits of PDCA // Quality Progress, 2002.*
49. Хорошева, Е. Р. Пути интеграции систем менеджмента // Социально-экономические системы и процессы: методы изучения и проблемы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Владимир, 2005. – С. 147 – 155.

50. Процессный подход и статистические методы управления качеством триплекса / Р. И. Макаров [и др.]. // Стекло и керамика. – № 8. 2004. – С. 3 – 5.

51. Процессная модель производства безопасного многослойного гнутого стекла / Р. И. Макаров [и др.] // Краеведение и регионоведение : межвуз. сб. науч. тр. – Владимир, 2006. – Ч. 2. – С. 130 – 134.

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

53. Малышев, О. В. Реконструкция метамодели процесса по стандартам ISO серии 9000:2000 / О. В. Малышев // Методы менеджмента качества. 2004. – № 9. – С. 17 – 20.

54. Розно, М. И. От «голоса потребителя» до производства без проблем / М. И. Розно // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 3. – С. 8 – 13.

55. Макаров, Р. И. Выделение ключевых характеристик в производстве трехслойного безопасного стекла / Р. И. Макаров, Е. В. Суворов, А. И. Кочетов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных : сб. науч. ст. / под ред. С. С. Садыкова, Д. Е. Андрианова. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – С. 253 – 257.

56. ГОСТ Р 51814.2-2001. Системы качества в автомобилестроении. Методы анализа видов и последствий потенциальных дефектов.

57. Кучерявский, С. В. Технология анализа процессов / С. В. Кучерявский // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 5. – С. 12 – 17.

58. Дубров, А. М. Многомерные статистические методы : учебник / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 352 с. – ISBN 5-279-019450-3.

59. Федюкин, В. К. Управление качеством процессов / В. К. Федюкин. – СПб. : Питер, 2004. – 208 с. – ISBN 5-94723-962-0.

60. Евсеев, С. Н. Попробуем разобраться / С. Н. Евсеев // Методы менеджмента качества, 2006. № 5. – С. 4 – 8.

61. Красноперов, И. С. Обоснование выбора точек контроля температурного режима моллирования многослойного стекла / И. С. Красноперов, Е. В. Суворов // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. XX междунар. науч. конф. – Ярославль, 2007. – Т. 7. – С. 283 – 285.

62. Макаров, Р. И. Применение статистических методов в производстве безопасного стекла для наземного транспорта / Р. И. Макаров, Е. В. Суворов, А. И. Кочетов // Автоматизация машиностроительного производства, технология и надежность машин, приборов и оборудования : материалы второй междунар. науч.-техн. конф. – Вологда, 2006, – Т. 2. – С. 121 – 124.

63. Смирнов, Н. В.. Краткий курс математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М. : Физматгиз, 1959. – 436 с.

64. Экономико-математические методы и прикладные модели : учеб. пособие для вузов / В. В. Федосеев [и др.]. – М. : ЮНИТИ, 1999. – 391 с. – ISBN 5-238-00068-5.

65. Макаров Р.И. Анализ влияния режима моллирования на форму поверхности многослойного стекла / Р. И. Макаров, Е. В. Суворов, А. И. Кочетов // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. XX междунар. науч. конф. – Ярославль, 2007. – Т. 5. – С. 163 – 165.

66. Основы автоматического управления/ под. ред. В. С. Пугачева. – М. : Наука, 1967. – 680 с.

67. Эконометрика : учебник / под ред. И. И. Елисейевой. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с. – ISBN 5-279-01955-0.

68. Макаров, Р. И. Место моделирования в производственном менеджменте на примере стекольного завода / Р. И. Макаров, В. В. Тарбеев, Ю. М. Обухов // Трансформация экономики регионов в условиях устойчивого развития: теория и практика : материалы межвуз. практ. конф. – Владимир, 2008. – С. 221 – 223.

69. Макаров, Р. И. Выделение ключевых характеристик в производстве закаленного стекла / Р. И. Макаров, Ю. М. Обухов // Вузовская наука региону: сб. науч. ст. 6-й Всерос. науч.-техн. конф. – Вологда : ВоГТУ, 2008. – Т. 1. – С. 235 – 237.

70. Макаров, Р. И. Анализ динамики процесса закалки автомобильного стекла / Р. И. Макаров, Ю. М. Обухов // Трансформация экономики регионов в условиях устойчивого развития: теория и практика : материалы межвуз. практ. конф. – Владимир, 2008. – С. 213 – 216.

71. Полунина, О.В. Процессная модель закалки автомобильного стекла / О. В. Полунина, Ю. М. Обухов // Вестник филиала ВЗФЭИ в г. Владимире : период. науч. изд. Вып. 3. – Владимир, 2009. – С. 154 – 155.

72. Обухов, Ю. М. Контроль технологического процесса нагрева в производстве закаленного стекла / Ю. М. Обухов, Р. И. Макаров // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-21) : сб.тр. XXI междунар. конф. В 11 т. Т. 11. Осенняя школа молодых ученых / под ред. проф. В. С. Балакирева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 129 – 131.

73. Макаров, Р. И. Когнитивный подход к разработке модели закалки автомобильного стекла / Р. И. Макаров, Ю. М. Обухов // Вестник филиала ВЗФЭИ в г. Владимире : период. науч. изд. Вып. 3. – Владимир, 2009. – С. 148 – 149.

74. Макаров, Р. И. Математическое моделирование производства гнутого закаленного автомобильного стекла / Р. И. Макаров, Ю. М. Обухов, Е. В. Суворов // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-22) : сб. тр. XXII междунар. конф. В 10 т. Т. 9. Секция 10 / под общ. ред. проф. В. С. Балакирева. – Псков : Псковский гос. политехн. ин-т, 2009. – С. 187 – 188.

75. Макаров, Р.И. Исследование и разработка моделей механической прочности закаленного стекла / Р. И. Макаров, Ю. М. Обухов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных : сб. науч. ст. / под ред. С. С. Садыкова, Д. Е. Андрианова. – М. : Центр информационных технологий в природопользовании, 2008. – С. 92 – 98.

76. Хант, Э. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине : пер. с англ. / Э. Хант, Дж. Марин, Ф. Стоун. – М. : Мир, 1970. – 301 с.

77. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – Москва : Логос, 2000. – 296 с. – ISBN 5-94010-180-1.

78. Райбман, Н. С. Построение моделей процессов производства / Н. С. Райбман. – М. : Энергия, 1975. – 375 с.

79. Управление качеством автомобильного стекла : монография / Р. И. Макаров [и др.]. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 280 с.

80. Макаров, Р. И. Выбор структуры моделей для описания показателей качества изделий из закаленного стекла / Р. И. Макаров, Е. В. Суворов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных : сб. науч. ст. Вып. 14 / под ред. С. С. Садыкова, Д. Е. Андрианова – М. : Центр информационных технологий в природопользовании, 2009. – С. 85 – 89.

Учебное издание

МАКАРОВ Руслан Ильич
СУВОРОВ Евгений Владимирович
ТАРБЕЕВ Валерий Викторович
[и др.]

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ
АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

Учебное пособие

Подписано в печать 29. 10.10.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 16.04. Тираж 70 экз.
Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.