

05.16.02
0-749

На правах рукописи

Осминин Константин Адольфович

АТТЕСТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ
И СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Специальность 05.16.02 – "Металлургия чёрных металлов"

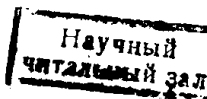
Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Челябинск

1998



Работа . выполнена в Южно-Уральском государственном университете.

Научный руководитель – доктор химических наук, член-корр. РАН
Вяткин Герман Платонович.

Научный консультант – кандидат технических наук, профессор
Чуманов Валерий Иванович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Заславский Абрам Янкелевич;

кандидат технических наук
Черненко Анатолий Николаевич.

Ведущее предприятие – ОАО "Челябинский металлургический завод".

Защита состоится " 5 " мая 1999 г., в 14.00,
на заседании диссертационного совета Д 053.13.04
при Южно-Уральском государственном университете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Ваш отзыв, скреплённый гербовой печатью, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76, ЮУрГУ, учёный совет, тел. 39-91-23.

Автореферат разослан " 2 " апреля 1999 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
профессор, д.ф.-м.н.



Д. А. Мирзаев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Повышение технического уровня и качества металлопродукции, гарантированное обеспечение требований нормативно-технической документации и индивидуальных требований потребителей – одна из главных задач металлургических предприятий.

Проблема повышения качества является комплексной и её реализация связана с решением задач по совершенствованию технологических процессов производства металлопродукции, модернизацией оборудования и оснастки, повышением надёжности контроля и испытаний и т. д.

В чёрной металлургии эта проблема весьма актуальна и ещё далека от решения.

В настоящее время остро стоит вопрос о повышении конкурентоспособности отечественной металлопродукции, чрезвычайно тесно связанный с гарантированным обеспечением качества и управлением качеством, что, в свою очередь, наиболее полно решается за счёт аттестации производства, сертификации продукции и системы обеспечения качества.

В последнее десятилетие в мировой практике отмечается значительное повышение роли этих направлений в работе по качеству. Подтверждение третьей независимой и авторитетной стороной возможности предприятия производить продукцию с заданным уровнем показателей качества весомо повышает её конкурентоспособность как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Ликвидация отставания российских предприятий от зарубежных конкурентов в работе по качеству основывается сегодня на разработке и внедрении моделей системы обеспечения качества на базе Системы сертификации ГОСТ Р и международных стандартов ИСО серии 9000, которые широко используются за рубежом. Данные стандарты в полной мере регламентируют выполнение главного и обязательного условия успешной конкурентоспособности – стабильного соответствия производимой продукции требованиям потребителей.

В связи с этим, разработка и совершенствование методического обеспечения подготовки предприятий к сертификации и надзорным аудитам за функционированием системы качества в соответствии с требованиями стандартов ИСО, является весьма актуальным для металлургических предприятий.

Цель работы – изучение и совершенствование методического обеспечения подготовки и оценки готовности предприятия к сертификации продукции, системы обеспечения качества и проведению над-

зорных аудитов с использованием математико-статистических моделей.

Для реализации этой цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Построить математико-статистические модели для целей сертификации и осуществить их адаптацию с элементной основой международного стандарта ИСО 9002-94 и концепцией обеспечения качества на предприятии.
2. Разработать методику оценки уровня качества металлопродукции и стабильности технологического процесса её производства в соответствии с требованиями Системы сертификации ГОСТ Р и ИСО 9002-94.
3. Исследовать возможность обеспечения новых требований к качеству со стороны потребителей за счёт прогнозирования их уровня на базе статистических моделей производства, контроля и испытаний конструкционных и нержавеющей марок стали.

Научная новизна. В диссертации впервые:

- обосновано и практически разработано методическое обеспечение применения математико-статистических моделей для целей подготовки предприятия к сертификации и надзорным аудитам за функционированием системы качества;
- проведена адаптация идеологии и нормативной основы международных стандартов ИСО серии 9000 с реально существующей структурой управления производством и качеством на предприятии;
- разработаны критерии и методы оценки соответствия действующей на предприятии системы обеспечения качества требованиям международного стандарта ИСО 9002-94.

Практическая ценность работы:

1. Основные положения работы использованы при создании стандартов предприятия (процедур) системы обеспечения качества (СК), разработке и внедрении методик по оценке эффективности функционирования элементов и системы качества в целом. Ряд документов разработан и внедрён в производство впервые.
2. Составленные математико-статистические модели обеспечивают разработку корректирующих и предупреждающих воздействий на ход технологического процесса производства металлопродукции с целью гарантированного обеспечения требуемого уровня качества и расширения, за счёт этого, применения статистических методов при проведении контрольных испытаний.
3. Результаты исследования позволили значительно сократить объёмы и сроки проведения работы по подготовке к проведению

сертификации, надзорных аудитов и анализу функционирования системы обеспечения качества, повысить её эффективность, а также организовать своевременное обеспечение потребителей информацией о работе предприятия по качеству, снизить объёмы испытаний прямыми (на образцах) методами, уменьшить трудозатраты на проведение контроля, получить экономно металл.

На защиту выносятся:

1. Результаты аналитического, информационного и экспериментального изучения уровня качества и состояния технологии производства конструкционных и нержавеющей марок стали:
 - корреляция между нормируемыми и вновь выдвигаемыми требованиями потребителей к показателям качества металлопродукции;
 - корректировка матриц учёта данных;
 - методика разработки мер предупреждающих и корректирующих воздействий с целью обеспечения стабильного уровня качества.
2. Методы анализа и оценки эффективности функционирования системы обеспечения качества:
 - расчёт коэффициента соответствия системы качества требованиям ИСО 9002-94;
 - методическое обеспечение подготовки к сертификации по элементам ИСО 9002-94: 4.1 "Ответственность руководства", 4.3 "Анализ контракта", 4.9 "Управление процессами", 4.10 "Контроль и испытания", 4.14 "Корректирующие и профилактические меры", 4.16 "Управление регистрацией данных о качестве", 4.20 "Статистические методы".
3. Результаты экспериментального исследования обеспечения дополнительных требований к металлопродукции для атомного энергомашиностроения, оценки уровня отбраковки металла на переделах и разработки методик статистического контроля.

Апробация работы. Материалы диссертации обсуждались на следующих конференциях, совещаниях и семинарах:

1. 50 Юбилейная научно-техническая конференция, посвящённая 55-летию университета (Челябинск, 1998 г.);
2. X Международная конференция "Современные проблемы электрометаллургии стали" (Челябинск, 1998 г.).

Публикация результатов работы. По материалам диссертации опубликовано 6 статей и 1 тезис докладов.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, библиографического списка (99

источников) и приложения. Она содержит 160 страниц, включающих 21 таблицу и 53 иллюстрации.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность совершенствования работы по подготовке к проведению сертификации продукции и системы обеспечения качества, излагаются цель и объекты исследования.

1. Литературный обзор

Анализ литературных данных по производству конструкционных и нержавеющей марок стали в соответствии с современными требованиями к качеству в России, странах СНГ и за рубежом показывает, что совершенствование получения стали в дуговых печах связано с существенными изменениями в технологии выплавки и разливки (включая развитие методов внепечной обработки металла и последующей разливкой на МНЛЗ), а также с внедрением новых конструктивных решений, используемых при сооружении или реконструкции как отдельных агрегатов, так и сталеплавильных цехов в целом.

В настоящее время сталеплавильные цехи оснащаются системами оперативного управления производством, составной частью которых являются локальные системы управления технологическими процессами. Эти системы, основанные на математико-статистических и физико-химических моделях, обеспечивают прогнозирование хода плавки. Их использование позволяет оперативно разрабатывать рекомендации по управляющим и корректирующим воздействиям, например, по согласованию скорости процессов нагрева и обезуглероживания металла к моменту выпуска из печи.

При этом отдельные элементы системы обеспечивают расчёт шихты, учёт расхода материалов, контроль операций загрузки и результатов анализа проб металла и шлака, заполнение паспорта плавки и т. п.

Необходимость внедрения в производство высоких технологий осложнена характерным для сегодняшнего состояния российской промышленности значительным спадом объёмов производства практически во всех отраслях, в том числе и на металлургических предприятиях.

В связи с этим, весьма остро стоит вопрос о расширении рынков сбыта металлопродукции и обеспечения достаточного уровня её конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Обеспечение конкурентоспособности чрезвычайно тесно связано с вопросами качества, его гарантированным обеспечением и управляемым качеством, что, в свою очередь, наиболее полно решается за счёт проведения сертификации продукции и системы обеспечения качества.

В последнее десятилетие в мировой практике возросли роль и значение сертификации продукции и аттестации производства. Наличие сертификатов качества, выданных независимым авторитетным сертификационным центром, позволяет предприятию войти в международный реестр, как производителю продукции, отвечающей требованиям мирового уровня.

В соответствии с идеологией международных стандартов ИСО серии 9000, основной вклад в решение проблемы перестройки управления качеством должны внести предприятия, как основные субъекты этого управления. От их стратегии и тактики в области качества и используемых механизмов управления, в первую очередь, зависит обеспечение конкурентоспособности производимой продукции.

Как показывает анализ литературных данных, работа по качеству на большинстве предприятий металлургической отрасли ещё далека от совершенства и требует привнесения новых перспективных направлений, одним из которых является расширение использования статистических методов управления качеством. Разработка и внедрение действенной системы обеспечения качества, её сертификация, организация эффективного анализа и надзора за функционированием с использованием этих методов позволяет организовать управление качеством в соответствии с современными условиями и возможностями производства металлопродукции.

При этом подразумевается, что система качества функционирует, как система, обеспечивающая качество продукции для потребителя. Отсюда следует, что цели по достижению качества, требования к технологии изготовления, контролю, испытаниям и т. д. должны формироваться применительно к тем подразделениям предприятия, которые функционально отвечают за тот или иной этап жизненного цикла продукции.

В литературных источниках отмечается, что за исключением общих комментариев, данных в стандарте ИСО 9004, за рамки серии ИСО 9000 выходит рассмотрение путей реализации установленных в них требований. Не рассматриваются методы и формы, которые могут быть использованы при реализации этапов цикла качества, организации взаимодействия органов управления, определения состава документации системы качества, методической основы оценки эффективности её функционирования и т. п.

Поэтому, при разработке и внедрении системы обеспечения качества представляется весьма актуальным дополнительно к требованиям стандартов ИСО осуществлять разработку методических и организационных вопросов по оценке и анализу ее функционирования при подготовке к сертификации или надзорным аудитам с учетом особенностей структуры и организации производства каждого конкретного предприятия.

2. Анализ модели системы обеспечения качества на базе международных стандартов ИСО серии 9000

В методологии построения отвечающих международным требованиям систем качества, основной задачей является осуществление органичной взаимосвязи системы общего руководства предприятием с моделями обеспечения качества конкретной продукции.

Понятие "система качества", в концепции стандартов ИСО 9000, имеет двойную трактовку. Согласно первой, это система общего руководства качеством, т. е. система, распространяющаяся на все виды уже выпускаемой продукции, а также на те виды, которые могут быть выпущены в будущем. Вторая трактовка понятия "система качества" относится только к конкретному виду продукции, что дает основания называть ее "системой обеспечения качества", хотя в стандартах ИСО подобный термин отсутствует.

Разработка и внедрение системы качества на базе ИСО 9002-94, как наиболее подходящей для условий металлургического производства модели, даёт предприятию включиться в реализацию концепции всеобщего руководства качеством ТQM.

В ходе анализа действующих систем качества установлено, что для совершенствования работы по качеству, повышения оперативности в принятии и реализации предупреждающих и корректирующих воздействий, направленных на обеспечение его уровня в рамках требований индивидуальных потребителей металлопродукции, представляет значительный интерес разработка и использование математико-статистических моделей, особенно по таким направлениям, как оценка состояния технологии и оборудования, анализ и прогнозирование результатов контроля и испытаний нормируемых показателей качества, анализ претензий, рекламаций и перспективных запросов потребителей, выбор поставщиков сырья и материалов, оценка возможности выполнения заказов потребителей с индивидуальными требованиями (сверх или вне требований ИТД на поставку того или иного вида металлопродукции), а также на новые, не освоенные предприятием марки сталей и сплавов, обеспечение оперативного контроля за функ-

ционированием системы обеспечения качества со стороны руководства и др.

В силу указанных обстоятельств, исследование акцентировалось на вышеперечисленных направлениях работы по качеству, являющихся базовыми элементами модели системы обеспечения качества, построенной в соответствии с ИСО 9002-91.

Построенная матрица распределения функций по управлению качеством между руководством предприятия и его подразделениями показала, что без глубоко разветвленной системы прямой и обратной связи, без использования современных методов сбора и обработки информации о качестве обеспечение эффективного функционирования системы качества весьма затруднительно, что подтверждает актуальность разработки методической основы использования для этих целей статистических методов.

Особенно четко целесообразность использования математико-статистических моделей выявляется при обеспечении требований элементов ИСО 9002-91 4.3 "Анализ контакта" и 4.9 "Выбор субпоставщиков".

При этом прослеживаются три направления приёма заказов и анализа их исполнения, а именно:

- на серийную металлопродукцию;
- на серийную продукцию с доп. значими индивидуальными требованиями потребителей к качеству;
- на новые виды металлопродукции.

Реализация двух последних направлений, в большинстве случаев, требует выполнения специальных научно-исследовательских работ, изготовления опытных партий металлопродукции, разработки новых методик контроля и испытаний.

Для совершенствования этой работы составлены методические рекомендации по определению возможностей предприятия по выполнению контракта с использованием математико-статистических моделей, с помощью которых осуществляется анализ технологического процесса производства заказанной металлопродукции, прогнозирование её конечных свойств, что позволяет в достаточно сжатые сроки подготовить заключение о возможности выполнения того или иного заказа (рис. 1).

Имитационная модель, предложенная для выбора субпоставщиков по категориям надёжности представлена на рис. 2. Здесь же дана усовершенствованная организационная программа контроля хода технологического процесса производства металлопродукции, предусматривающая его анализ и корректировку.



Рис. 1. Методическое обеспечение подготовки к сертификации по элементу 4.3 ИСО 9002-94 "Анализ контракта"



Рис. 2. Методическое обеспечение подготовки к сертификации по элементу 4.10 ИСО 9002-94 "Контроль и проведение испытаний"

Составлению организграммы предшествовала разработка интегральной блок-схемы съёма информации (ИБССИ) по контролируемым параметрам жизненного цикла продукции.

Использование информационных массивов, сформированных на основе ИБССИ, позволило значительно ускорить составление математико-статистических моделей для оценки влияния параметров технологии на конечные свойства металлопродукции, разработку предупреждающих и корректирующих воздействий на этапе подготовки к аттестации производства и сертификации продукции.

3. Формирование математико-статистического обеспечения для цели реализации выполнения требований международного стандарта ИСО 9002-94 к системе обеспечения качества

Анализ функционирования элементов системы обеспечения качества должен быть систематизирован и независим.

В ходе проведения исследования установлено, что действующая в настоящее время методика анализа эффективности системы качества не в полной мере учитывает требования составляющих её основу процедур и не позволяет получить количественную оценку их выполнения.

Для устранения этого недостатка разработана новая структурная схема проведения анализа, позволяющая наиболее полно обеспечить требования элемента 4.1 ИСО 9002-94 "Ответственность руководства" (рис. 3).

Коэффициент соответствия определяется по формулам:

$$K_c = \sum_{i=1}^n (\alpha_i K_{c_n}); \quad \alpha_i = (0,5 \dots 1,0), \quad (1)$$

где n — число параметров, установленных методикой анализа системы; $\alpha_i = N_i^{IM} / N_{\Sigma}^{IM}$ — коэффициент весомости выбранных параметров в масштабе предприятия; N_i^{IM} — число параметров, выбранных методически для конкретного вида продукции; N_{Σ}^{IM} — число параметров для всей продукции предприятия; K_{c_n} — значение выбранного нормируемого показателя качества.

Обобщённый показатель (коэффициент эффективности), оценивающий соответствие действующей системы обеспечения качества требованиям ИСО 9002-94 и готовность отдельных её элементов к сертификации, рассчитывается по формуле:

$$K_c^{\circ} = 0,5(K_{\text{ОП}}^{\circ} + K_{\text{ОС}}^{\circ}), \quad (2)$$

где $K_{обв}^{\circ}$, $K_{ост}^{\circ}$ — коэффициенты готовности особо весомых элементов системы и остальных элементов системы, которые рассчитываются по формулам:

$$K_{обв}^{\circ} = \Psi_{обв}^{\circ} / \Psi_{обв}, \quad K_{ост}^{\circ} = \Psi_{ост}^{\circ} / \Psi_{ост} \quad (3)$$

где $\Psi_{обв}^{\circ}$, $\Psi_{ост}^{\circ}$ — число проанализированных особо весомых и остальных элементов системы обеспечения качества; $\Psi_{обв}$, $\Psi_{ост}$ — общее число особо весомых и остальных элементов системы обеспечения качества.

Окончательное решение о результатах готовности отдельных элементов и системы обеспечения качества в целом принимается по результатам решения системы неравенств:

$$\begin{cases} K_i = \frac{1}{3} (\Gamma K_3^{\Phi} + g K_3^{\Phi} + h K_3^{\circ}) > K_i^{200} \\ K_3^{\Phi} \geq K_3^{\Phi 200} ; & K_3^{\circ} \geq K_3^{\circ 200} \\ K_3^{\circ} \geq K_3^{\circ 200} ; & K_j \geq K_j^{200} \end{cases} \quad (4)$$

где K_i , K_i^{200} — фактическое и предельно допустимое значения показателей обобщенной оценки анализируемых элементов системы качества; Γ , g , h — коэффициенты весомости при комплексных показателях качества ($\Gamma + g + h = 1$), устанавливаемые экспертной оценкой; K_3^{Φ} , $K_3^{\circ 200}$ — фактическое и предельно допустимое значения комплексных показателей по нормируемым нормативно-технической документацией характеристикам качества отдельных видов металлопродукции; K_3^{Φ} , $K_3^{\circ 200}$ — фактическое и предельно допустимое значения комплексного показателя по элементам системы качества, используемым для анализа готовности к сертификации; K_3° , $K_3^{\circ 200}$ — фактическое и предельно допустимое значения комплексного показателя состояния элементов оцениваемой системы качества требованиям соответствующих разделов ИСО 9002-94; K_j , K_j^{200} — фактическое и предельно допустимое значения единичного показателя качества элемента системы качества.

Для практического применения разработанной системы оценочных показателей и методов обобщенной оценки по разделу 4.1 ИСО 9002-94 "Анализ со стороны руководства" разработана методика, позволяющая уточнить состав оценочных показателей и определить граничные условия для единичных и обобщенных показателей анализируемого элемента системы качества (рис. 3).

Разработка методики анализа контракта с дополнительными, ранее не нормируемыми требованиями к показателям качества проводилась на стали марок 12X13, 08-12X18H10T, поставляемых для атомного энергомашиностроения.

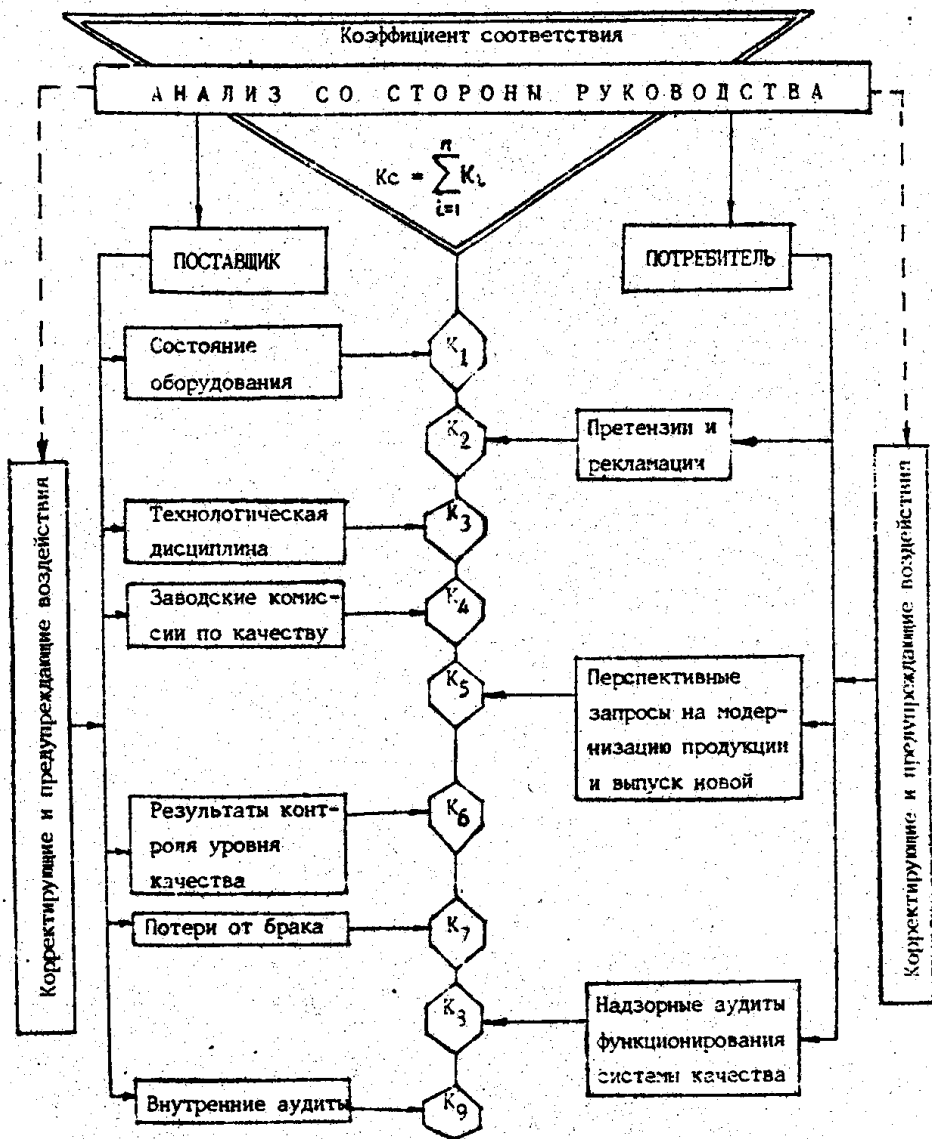


Рис. 3. Методическое обеспечение подготовки к сертификации по элементу 4.1 ИСО 9002-94 "Ответственность руководства"

Примеры распределения неметаллических включений в стали марок 12X13 и 12X18H10T представлены на рис. 4, 5.

Статистическая обработка результатов химического анализа показала, что требования по химическому составу и механическим свойствам при температуре испытания 350°C выполняются полностью.

По полученным информационным массивам были составлены математико-статистические модели для анализа возможности обеспечения контракта на поставку стали марок 12X18H10T и 12X13 с дополнительными испытаниями механических свойств при высоких температурах (при 350°C). Модели для стали марки 12X13, T исп. = 350°C, имеют вид:

$$\begin{aligned}
 \sigma_B &= 216,1+223,3\text{Si}+2793,3\text{P}+927,7\text{N}-113,7\text{Ni}+17,0\text{Cr}+307,7\text{Mo} & R=0,780 & (5) \\
 \sigma_T &= 429,2+176,5\text{Si}-147,0\text{Ni}+460,3\text{Al}+281,2\text{Mo} & R=0,720 & \\
 \delta &= 26,02-5,29\text{Si}-202,70\text{P}-74,80\text{V}+94,20\text{Co}-69,80\text{Al} & R=0,690 & \\
 \psi &= 39,09-94,33\text{C}-16,37\text{Si}+14,25\text{Ni}+2,73\text{Cr}+81,70\text{Al}+183,40\text{N} & R=0,500 & \\
 \delta_{\text{рвн}} &= 2,89+4,63\text{Ni}-17,37\text{V}-17,92\text{Al}+51,31\text{N} & R=0,700 & \\
 \delta_{\text{рвн}} &= 2,005+0,168 \delta & R=0,420 & \\
 T_{K_0} &= -47,26-36,58\text{Si}-772,81\text{S}-25,76\text{Ni}+6,70\text{Cu}+455,08\text{C} & R=0,659 & \\
 KCV &= 4138-15554\text{C}-761\text{Si}-1041\text{Ni}+8881\text{Co} & R=0,799 &
 \end{aligned}$$

Разработанная методика использования математико-статистических моделей обеспечивает оперативное и качественное проведение анализа контракта за счет значительного сокращения объемов дополнительного контроля и испытаний, проведения целевых научно-исследовательских работ и производства опытных партий металлопродукции.

Итоговые материалы анализа в дальнейшем могут использоваться в качестве доказательных документов при проведении сертификации продукции или системы качества, надзорных аудитах и во взаимоотношениях с потребителями металлопродукции.

Предлагаемая методика анализа в достаточной мере адаптируется с нормативной основой ИСО 9002-94, элементами системы обеспечения качества, входящими в организационную структуру управления предприятием.

Проведение анализа контракта неразрывно связано с обеспечением других элементов системы качества и, в свою очередь, с элемен-

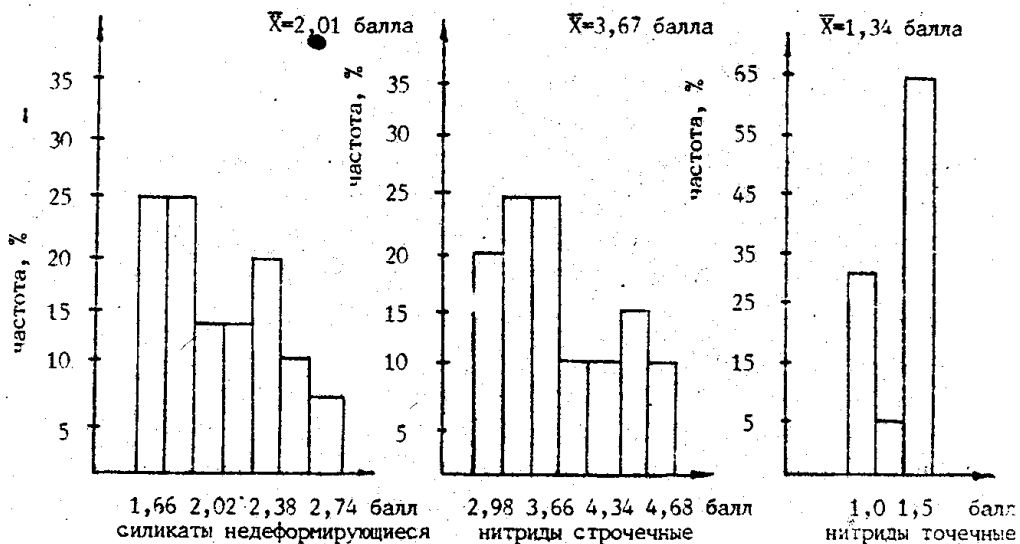


Рис. 4. Распределение неметаллических включений (по среднему баллу) в стали 12X13

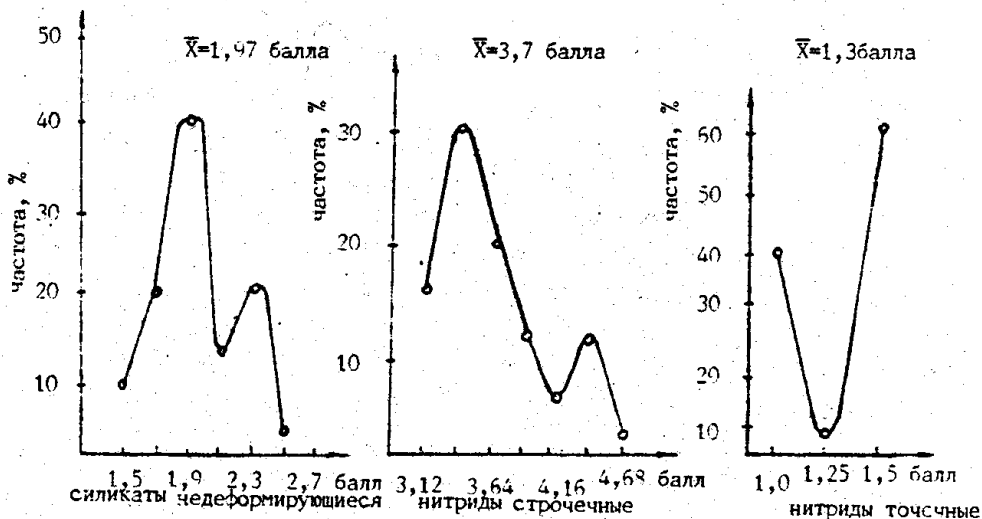


Рис. 5. Распределение неметаллических включений (по среднему баллу) в стали 12X18H10T

том 4.9 «Управление процессами». Документальное подтверждение выполнения предприятием требований этого элемента ИСО 9002-94 носит достаточно трудоёмкий и длительный характер и требует проведения анализа большого объёма информации, её систематизации, обработки, графической интерпретации и т. д.

С целью оптимизации, повышения достоверности и оперативности использования результатов анализа для корректировки технологического процесса и контроля на его соответствие процедурам системы обеспечения качества разработана блок-схема, включающая в систему информационного анализа в качестве управляющих элементов статистические методы регулирования и управления качеством.

Вследствие сложности этапа информационного анализа, связанной с многообразием потоков данных о качестве, регистрируемых в технической, технологической, организационной, экономической документации, его проведение было осуществлено по отдельным разделам.

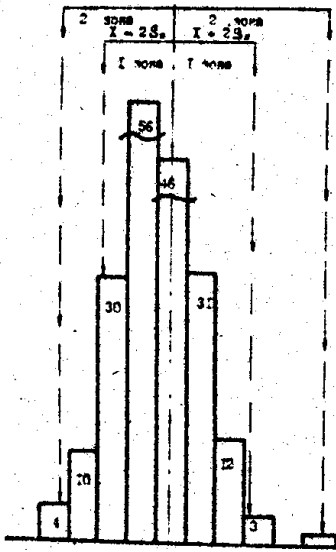
При выполнении первого раздела были установлены учётные данные о показателях и факторах качества по ступеням производства ряда марок стали, поставляемых по ГОСТ 1050-88, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5949-75. Из общего потока документов были выделены необходимые для анализа и оценки уровня качества.

Во втором разделе были рассмотрены полнота и достоверность исходных данных. Данные и значение существенных факторов, влияющих на качество, по каждой партии-плавке металлопродукции были проанализированы по видам, источникам и причинам их ухудшения по сравнению с предъявляемыми к ним требованиями.

После чего по элементам выборочной совокупности учётных данных были составлены их матрицы, в которых столбцы – технологические факторы и показатели, строки – анализируемые случаи (плавки). При составлении матрицы факторы и показатели были разделены на три группы: достоверные данные, недостоверные и несколько улучшенные – какой-то промежуточной степени достоверности. Пример матриц учётных данных для стали марки 45X представлен на рис.6.

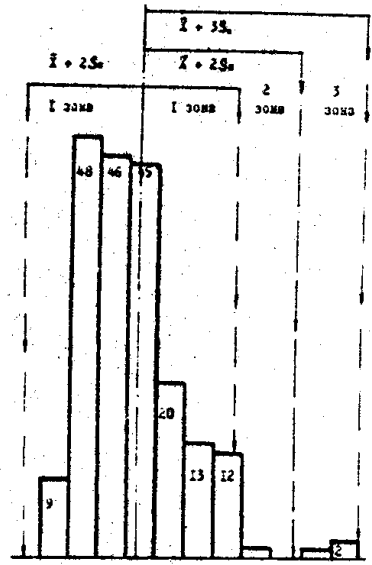
Привлечённый к исследованию информационный массив данных (сталь марки 45X) для установления зависимости отбраковки по макроструктуре от параметров технологии, представлен в табл.1.

количество проанализированных плавков



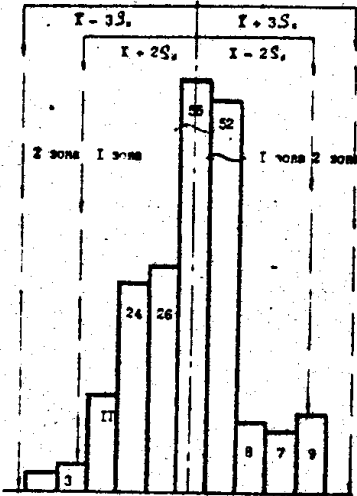
1,62 2,66 3,33 3,99 4,99
 время наполнения прибыли, мин.
 $Sx=0,536$ min=1,05 max=5,09

количество проанализированных плавков



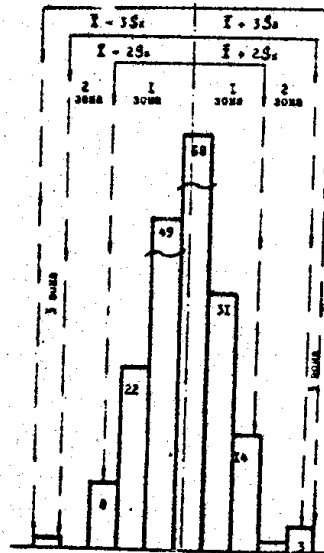
129,5 169,5 209,5 249,5 309,5
 время выдержки при отгрузке на стан, мин.
 $Sx=35,73$ min=120 max=335

количество проанализированных плавков



4,76 5,53 6,30 7,07 7,83
 время наполнения тела слитка, мин.
 $Sx=0,67$ min=4,58 max=9,42

количество проанализированных плавков



1560 1580 1600 1620 1640
 температура перед раскислением, °C
 $Sx=13,65$ min=1560°C max=1650°C

Рис. 6. Корректировка матриц учёта данных: 1 зона - достоверные данные; 2 зона - улучшенные данные; 3 зона - недостоверные данные

Таблица 1

Используемые факторы-аргументы и функции при исследовании регламентированных показателей качества

№ п/п	Факторы	Размерность	Математическое ожидание
1	Температура начала доводки, T_1	°С	1510,35
2	Температура чистого кипа, T_2	°С	1561,12
3	Температура перед раскислением, T_3	°С	1607,56
4	Температура перед выпуском, T_4	°С	1600
5	Содержание углерода после раскисления, С	%	0,299
6	Продолжительность чистого кипа, τ_1	мин	56,45
7	Время наполнения тела слитка, τ_2	мин	6,67
8	Время наполнения прибыли, τ_3	мин	3,32
9	Время выдержки при отгрузке на блюминг, τ_4	мин	183,10
10	Продолжительность разгрузки состава на блюминге, τ_5	мин	74,58
11	Отбраковка на переделах, Б	%	2,58

Полученное уравнение множественной регрессии, характеризующее модель, имеет вид

$$B = -9,52 + 0,012T_1 - 0,017T_2 - 0,017T_3 + 0,02T_4 + 6,437C + 0,018\tau_1 - 0,0\% \tau_2 - 0,18\tau_3 - 0,003\tau_4 + 0,008\tau_5. \quad (6)$$

Проведенный информационный анализ, а также исследование уравнения множественной регрессии позволили установить, что для определения оптимальных значений показателей качества необходимо:

- установить обобщенный показатель качества, с помощью которого оценивается существующая технология производства металлопродукции (в нашем случае это отбраковка на переделах);
- установить единичные показатели качества, функцией которых является указанный обобщенный показатель;
- решить задачу определения оптимальных значений показателей.

Использование данной схемы оптимизации и управления показателями качества продукции позволило определить максимально возможную техническую эффективность изменения отдельных

факторов, а также область улучшенных значений нормативов. Установлены основные факторы снижения выхода брака на стали марки 45X, воздействуя на которые, можно управлять процессом.

Они включают: температуры чистого кипа и перед раскислением, содержание углерода по раскислению, время выдержки при отпуске на блюминг.

В меньшей степени на уровень отбраковки влияют – температура перед выпуском, продолжительность чистого кипа и время наполнения тела слитка и прибыли. Влияние этих факторов естественно оценивалось в пределах их изменчивости при существующей технологии производства стали марки 45X. По полученным моделям определялась максимально возможная техническая эффективность изменения отдельных факторов, а также область улучшенных значений параметров.

Таким образом, разработка и использование математико-статистических моделей для обеспечения требований ИСО 9002-94 по элементу 4.9. «Управление процессами» позволяет повысить эффективность проводимых корректирующих воздействий, в том числе за счёт повышения достоверности информационных массивов, формируемых по оцениваемым параметрам технологического процесса и результатам контрольных испытаний металлопродукции.

При этом полученные модели обладают достаточной статистической устойчивостью и могут быть использованы для описания технологического процесса при подготовке к аттестации производства, сертификации продукции и системы обеспечения качества.

4. Совершенствование методик контроля и испытаний металлопродукции

Исследование возможности расширения статистических методов контроля и анализа качества и оптимизация их проведения осуществлялась в соответствии со специально разработанной схемой (рис.7).

На основании проведённого исследования предложен имитационный алгоритм применения математико-статистических моделей для целей сертификации (рис.8), позволяющий осуществлять координацию работы предприятия в этом направлении.

С целью перевода на статистический метод контроля содержания альфа-фазы в нержавеющей трубной заготовке из стали марки 10X17H13M2T проведён анализ уровня качества стали по результатам

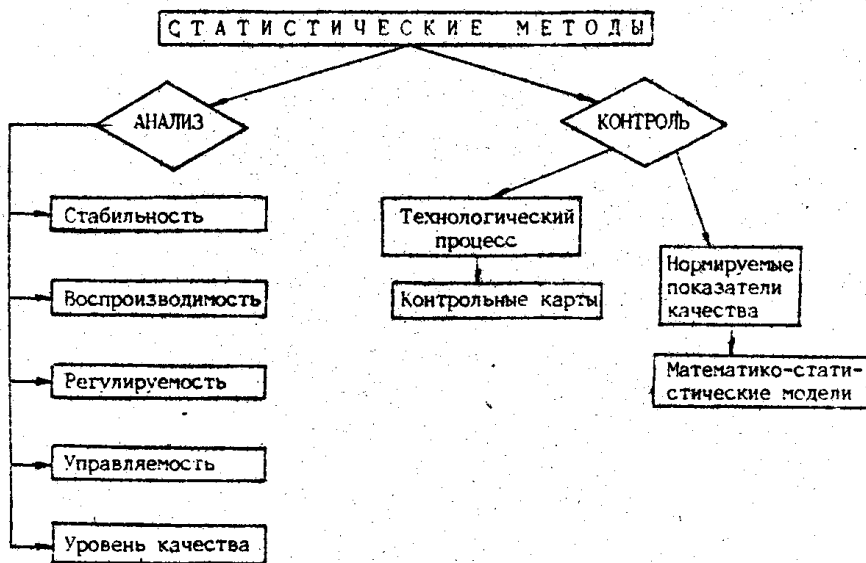


Рис. 7. Методическое обеспечение подготовки к сертификации по элементу 4 20 ИСО 9002-94 "Статистические методы"

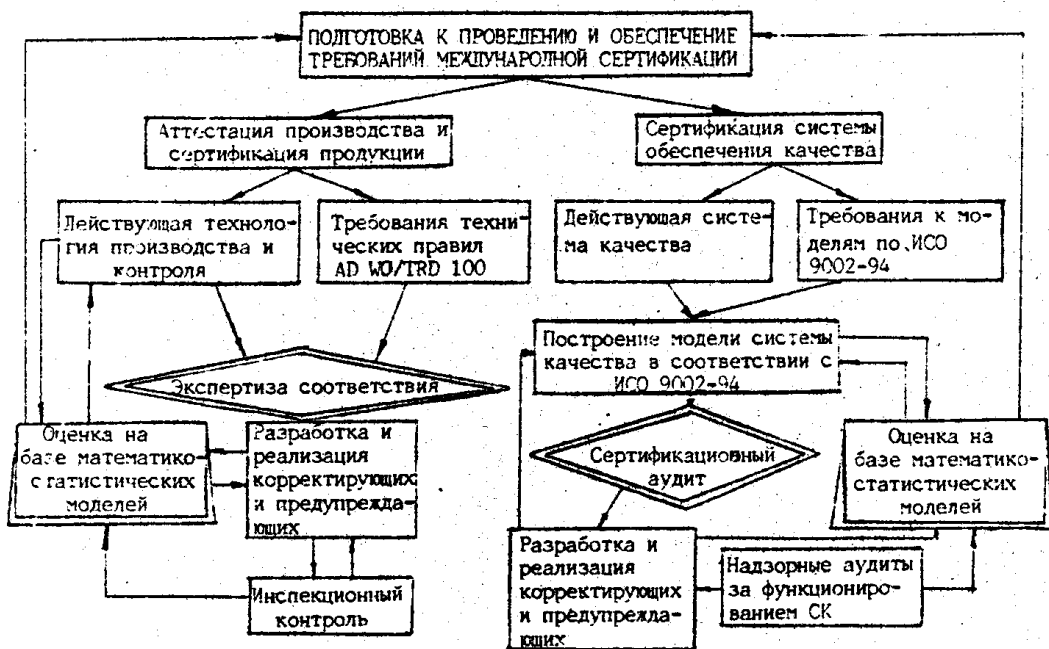


Рис. 8. Блок-схема применения математико-статистических моделей для целей сертификации

текущего контроля содержания альфа-фазы и плавочного химического состава.

Зависимым параметром является содержание альфа-фазы, в качестве независимых параметров принята массовая доля C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, Ti в используемой марке стали (несплавочно).

После отсева элементов, имеющих незначительные коэффициенты корреляции, уравнение регрессии имеет вид

$$\alpha = 4,96 - 0,71[\text{Ni}] + 0,23[\text{Cr}] + 0,67[\text{Mo}] \quad (7)$$

Использование разработанной методики позволило ускорить отгрузку металла потребителю и сократить затраты на испытание образцов. Кроме того, полученная модель может быть использована при анализе контрактов и принятии корректирующих воздействий в соответствии с элементом 4.9 ИСО 9002-94 "Управление процессами".

По требованию потребителя испытания на межкристаллитную коррозию проводятся по методу А или АМ ГОСТ 6032-75, при поставке на экспорт в соответствии с Техническими правилами по АД - WO/TRD 100.

Для разработки методики статистического контроля стали 08-12X18H10T на склонность к МКК составлялись 2 выборки из совокупности годных и дефектных плавов. Исследовалось влияние легирующих элементов Ni и Cr на склонность к МКК, а также C, Ti и их соотношения Ti/C. Наибольшее влияние на склонность к МКК оказывает соотношение Ti/C. Фактические области дефектных и годных плавов здесь сильно перекрываются, но в плавках с соотношением $\text{Ti}/\text{C} \geq 6$ склонность стали к МКК практически отсутствует. Вероятность попадания дефектных плавов в годные при этом соотношении Ti/C составляет 4,3% (согласно ОСТ 14 34-78 - не более 5%). Регламентированное же ГОСТ 5632-72 минимальное значение $\text{Ti}/\text{C} = 5$ не гарантирует отсутствие склонности к МКК: свыше дефектных плавов имеют соотношение $\text{Ti}/\text{C} \geq 5$.

Информационным массивом для статистической обработки явились результаты текущего контроля 269 плавов на склонность к МКК и их плавочный химический состав.

Анализ уравнения

$$K = 49,66[\text{Ti}] - 210,23[\text{C}] - 1,32[\text{Mn}] - 0,92[\text{Si}] - 0,12[\text{Cr}] + 2,04[\text{Mo}] \quad (8)$$

показывает, что наибольшее влияние на склонность стали к МКК оказывают углерод и титан.

Влияние таких элементов как марганец, кремний, хром, молибден незначительно и сопоставимо с максимальной ошибкой (АС), могущей возникнуть при расчёте углерода из-за погрешности в определении химического состава исследуемых марок стали.

Например, между двумя параллельными определениями титана в сталях 08-12Х18Н10Т по ГОСТ 12356-81 допускается расхождение до 0,06%, что вызывает искажение истинного значения $C = 0,06 \cdot 23,8 = 1,428$.

Эта величина согласуется с влиянием остальных компонентов химического состава, входящих в дискриминантную функцию.

На основании вышесказанного, для оценки склонности стали к МКК можно использовать дискриминантную функцию, согласно которой без испытания можно отгружать плавки, удовлетворяющие условию

$$39,66[\text{Ti}] - 210,23[\text{C}] \geq 5,95, \quad (9)$$

что соответствует экспериментально полученным данным: при отношении $\text{Ti}/\text{C} \geq 6$ склонность исследуемой стали к МКК практически отсутствует.

Для удобства при практическом использовании полученное неравенство можно представить в виде

$$[\text{Ti}] \geq 0,15 + 5,3[\text{C}]. \quad (10)$$

Оценка адекватности опытных и рассчитанных данных показала высокую надежность статистического контроля склонности сталей типа 08-12Х18Н10Т на склонность к МКК.

Внедрение методики позволит ускорить аттестацию металлопродукции, снизит трудозатраты при контроле и обеспечить требования Технических правил AD-WO/TRD 100 при поставке продукции на экспорт.

Как было сказано выше, стали 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н10Т применяются в различных отраслях промышленности в качестве коррозионностойкого, жаростойкого и жаропрочного материала. Трубную заготовку из этих марок стали применяют для изготовления труб паровых котлов, паропроводов и коллекторов, работающих в контакте с азотной кислотой и другими окислительными средствами. По требованию технических условий сталь марок 12Х18Н12Т (ТУ 14-1-1529-93), 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т (ТУ 14-1-565-81) подвергается испытанию на горячее скручивание.

Разработка методики статистического контроля взамен испытаний на горячее скручивание предопределяет возможность на

основе математических зависимостей определять минимальное значение исследуемого параметра в плавке (в одном случае – количество оборотов до разрушения), что дает возможность повысить надёжность контроля и значительно сократить объем испытаний.

В качестве показателей состояния технологического процесса производства указанных марок стали рассчитаны:

$Pr = L \cdot Sx$ - поле рассеяния контролируемого параметра,

где L - коэффициент, зависящий от закона распределения параметров;

Sx - среднее квадратическое отклонение;

$Kp = Pr / \Delta$ - показатель рассеяния;

$Kн = \bar{X} / Xн$ - показатель настроенности;

$Kт = Kт_2 / Kт_1$ - показатель стабильности.

Рассчитанные показатели состояния технологического процесса по исследуемым параметрам, а также их статистические оценки даны в табл. 2.

Как видно из таблицы, технологический процесс производства исследуемых марок стали является настроенным и стабильным по времени ($Kн$ и $Kт \approx 1$). Средний уровень качества полностью отвечает требованиям соответствующей нормативно-технической документации.

Таблица 2

Статистические оценки и параметры состояния технологического процесса производства стали 12X18H12T

	$\mu_{об}$	$M_{кр}$	σ_T	σ_{II}	δ	ψ	C	Mn	Si	Ni	$C_{г}$	Ti
\bar{X}	29,64	52,61	24,47	57,01	55,09	73,84	0,077	1,35	0,51	11,32	17,81	0,57
Sx	5,41	8,86	1,52	1,7	2,32	3,49	0,01	0,112	0,106	0,252	0,668	0,075
V	18,25	16,84	6,21	2,98	4,21	4,72	12,98	8,29	20,78	2,23	3,75	13,16
Pr	28,4	46,51	7,98	8,92	12,18	18,32	0,052	0,588	0,556	1,32	3,51	0,393
Kp	1,577	1,6	1,59	1,27	0,94	0,96	1,04	0,98	1,12	1,32	1,95	1,19
$Kн$	1,02	0,96	0,99	0,99	0,97	1,06	1,03	1,01	1,0	0,98	0,99	1,06
$Kт$	0,93	1,10	1,10	0,98	0,89	1,23	1,05	0,86	1,42	0,94	0,85	1,14

Полученные уравнения регрессии после отсева слабо влияющих факторов имеют вид:

– для стали 12X18H10T, 08X18H10T:

$$\mu_{об} = 108,82 - 6,45Si - 3,86Cr - 12,80Ti, \quad (11)$$

$$M_{кр} = 27,57 - 10,26Mn + 11,16 Si + 2,03Cr,$$

– для стали 12Х18Н12Т:

$$\begin{aligned}n_{об} &= 83,77 - 13,06Mn + 1,64Cr - 1,27Ti, \\M_{кр} &= 48,96 + 114,95 + 15,69Si - 23,42Ti.\end{aligned}\quad (12)$$

Разработанная методика статистического контроля трубной заготовки из стали 12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т взамен испытаний на горячее скручивание позволяет значительно сократить объем испытаний и ускорить аттестацию металлопродукции, в том числе при оценке уровня качества при сертификационных аудитах.

Общие выводы

1. Установлены критерии и методы оценки элементов системы обеспечения качества на соответствие требованиям международного стандарта ИСО 9002-94, позволяющие установить степень готовности предприятия к проведению сертификации или надзорным аудитам.
2. Предложены и апробированы блок-схемы применения статистических методов для анализа эффективности функционирования системы со стороны руководства предприятием, анализа выполнения контрактов на поставку металлопродукции, выбора и оценки субпоставщиков по категориям качества поставляемого сырья, ферросплавов, и других материалов, разработки предупреждающих и корректирующих воздействий на ход технологического процесса производства металлопродукции, проведения контроля и испытаний.
3. На ряде конструкционных и нержавеющей марок стали проведено исследование влияния контролируемых параметров технологии на конечные свойства продукции, на примере поставки проката для атомного энергомашиностроения показана возможность прогнозирования обеспечения индивидуальных, ранее не нормированных, требований к качеству металлопродукции. Разработанные в результате исследования математико-статистические модели адаптированы с идеологией стандартов ИСО 9002-94 и действующей концепцией обеспечения качества на предприятии.
4. Приведён в соответствие с разработанной методикой подготовки к сертификации по элементу 4.20. ИСО 9002-94 «Статистические методы» статистический контроль содержания ферритной составляющей в трубной заготовке из стали марки 10Х17Н13М2Т,

- склонности нержавеющей стали 08-12Х18Н10Т к межкристаллитной коррозии и статистический контроль трубной подготовки из этих марок стали взамен проведения испытаний на горячее скручивание.
5. Подготовлены и внесены соответствующие изменения в нормативно-техническую документацию по качеству. Ряд документов по обеспечению качества (процедур системы качества) разработан и внесен впервые.
 6. Разработан имитационный алгоритм применения математико-статистических моделей для целей сертификации. Алгоритм позволяет координировать работу подразделений предприятия, как по подготовке в аттестации производства и сертификации продукции, так и по подготовке к сертификации системы обеспечения качества.
 7. Разработана методика подготовки к аттестации производства, сертификации продукции и системы обеспечения качества на базе математико-статистических моделей производства и контроля металлопродукции, позволяющая значительно сократить сроки проведения и повысить эффективность этого направления работы по качеству.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. Осминин Э. Л., Осминин К. А., Чуманов В. И. Повышение эксплуатационных характеристик и потребительских свойств нержавеющей коррозионностойких сталей // Тематический сборник научных трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 33–39.
2. Вяткин Г. П., Чуманов В. И., Осминин К. А. Подготовка к сертификации продукции с использованием математико-статистических моделей: Препринт. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1997. – Ч.1. – 18 с.
3. Вяткин Г. П., Чуманов В. И., Осминин К. А. Подготовка к сертификации продукции с использованием математико-статистических моделей: Препринт. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1998. – Ч.2. – 21 с.
4. Осминин К. А., Чуманов В. И. Прогнозирование химического состава стали на базе математико-статистических моделей // Тематический сборник научных трудов. – Челябинск: ЮУрГУ, 1998. – С. 16–27.

5. Чуманов В. И., Осминин К. А., Вяткин Г. П. Разработка методики статистического контроля содержания ферритной составляющей в трубной заготовке // Тематический сборник научных трудов. – Челябинск: ЮУрГУ, 1998. – С. 30–33.
6. Чуманов В. И., Осминин К. А. Разработка методики статистического контроля взамен испытаний на горячее скручивание // Тематический сборник научных трудов. – Челябинск: ЮУрГУ, 1998. – С. 34–37.
7. Вяткин Г. П., Осминин К. А., Чуманов В. И. Подготовка к сертификации с использованием статистических моделей // Тезисы докладов X Международной научной конференции "Современные проблемы электрометаллургии стали". – Челябинск 1998, Изд. ЮУрГУ. – С. 96–98.

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

ЛР № 020364 от 10.04.98. Подписано в печать 29.12.98. Формат
60x84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,39. Уч.-изд.л. 1.
Тираж 80 экз. Заказ 362/500.

УСП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.