

М471150

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

Демидов Борис Фёдорович

УДК 621.791.05.004:658.562

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ И
КОРРЕКТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Специальность 05.03.06 - Технология и машины сварочного
производства

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 1988

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана и проектно-технологическом институте "Энергомонтажпроект" Минэнерго СССР

Научный руководитель-доктор технических наук, профессор
Волченко В.Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Щербинский В.Г.
кандидат технических наук
Хромченко Ф.А.

Ведущее предприятие-Центральная строительная лаборатория по контролю и управлению качеством сварочных работ Минмонтажспецстроя БССР

Защита диссертации состоится "23" июня 1988 г.
на заседании специализированного совета Д 053/15.07 при Мос-
ковском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим выслать

С л
Н.Э.Бау

МВТУ им.

опец

Э.А.Гладков

М471150

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. К атомным станциям предъявляют высокие требования безаварийной эксплуатации. Выполнение этих требований во многом зависит от качества сварных соединений трубопроводов.

При монтаже одного блока АЭС сваривают свыше 150 тыс. различных типоразмеров стыковых соединений трубопроводов. Отраслевой документацией установлены жёсткие требования к качеству подготовки кромок, сборки стыка под сварку, процессу сварки. Однако выполнение этих требований в стеснённых условиях монтажа при сварке неповоротных стыков труб крайне затруднительно. С первого предъявления принимается всего лишь 75-80% качественных стыковых соединений.

Основным направлением решения проблемы повышения качества сварных швов является автоматизация и механизация сварочных работ. Наряду с этим актуальным считается обеспечение стабильности технологических процессов. Это в свою очередь может быть реализовано путём разработки методов управления качеством сварки. Применяемые в машиностроении системы управления качеством продукции для решения задачи оказались недостаточно эффективными, так как необходимо учитывать вероятностный характер образования дефекта сварки (поры, шлакового включения, несплавления и др.). В связи с этим для соединений трубопроводов АЭС потребовалось разработать методику диагностики и оперативного корректирования качества технологии сварки.

Цель работы заключается в повышении качества сварных соединений трубопроводов АЭС путём своевременного и активного вмешательства в технологический процесс сварки и восстановления его стабильности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать критерии оценки уровня качества технологии сварки по результатам контроля сварных соединений на этапе приёмки.
2. Установить связь достоверности оценки стабильности технологии сварки с длиной проконтролированного шва, показателем плотности потока и условием ординарности дефектов в сварных соединениях.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1471150

Демидов Б.Ф. Разработка и в

М ВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

3. Исследовать зависимости простейшего потока дефектов сварки от длины (диаметра) и толщины свариваемых соединений трубопроводов. Установить требования к однородности выборок.

4. Разработать и внедрить методику оперативной оценки и корректирования качества технологии сварки. Установить границы эффективного действия методики.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Установлено, что для повышения достоверности оценки уровня качества технологии сварки по результатам неразрушающего контроля сварных соединений необходимо учитывать протяжённость условно-дискретного участка шва, принимаемого за единицу продукции в выборочной совокупности. Оптимальная протяжённость условно-дискретного участка зависит от плотности (числа дефектных мест на метре шва) и ординарности (вероятности появления второго дефектного места) потока дефектных мест.

Для соединений труб с толщиной стенки до 25 мм оптимальные протяжённости участков заключены в интервале $0,1...0,7$ м.

2. Установлено, что оперативное корректирование технологии сварки путём принятия решений можно выполнять при наличии стационарного потока дефектов в сварных швах. Это условие соблюдается в однородных выборках. Для штатной технологии дуговой сварки труб в неповоротном положении необходимо учитывать типоразмеры трубопроводов; при сварке стыков в поворотном положении необходимо учитывать каждый типоразмер труб до диаметра 320 мм. Для диаметров труб свыше 320 мм в однородной выборке достаточно учитывать толщину свариваемого соединения.

3. Установлено, что в однородных выборках существует конечное число вероятностных связей "дефект сварки-причина-решение", которые можно расположить с учётом приоритетности по ранжиру и представить в табличном виде. Предложено корректирование выполнять по доминирующему в разладке технологии сварки виду дефекта путём последовательного приближения к наиболее достоверному корректирующему решению. Для определения доминирующего вида дефекта необходимо учитывать запланированный и фактический уровни качества сварки, весовые значения видов дефектов и длину участка шва, на котором зафиксирована тенденция к разладке технологии. Значения этих параметров связаны с достоверностью и оперативностью принимаемых для коррекции решений.

Практическая ценность. Применение методики оперативной оценки и корректирования качества технологии сварки трубопроводов позволяет своевременно устанавливать начало разладки технологии и оперативно устранять отрицательное действие доминирующих факторов. Основные научные и практические результаты работы положены в основу ГОСТ 25997-83, разработанного автором. Для применения стандарта в отрасли разработаны методические указания и руководящие документы (РД МУ 42-002-85 и др.).

Методы исследования. Для решения задач использованы методы математической статистики, теории массового обслуживания и теории принятия решения. Для обработки статистических данных использована вычислительная техника.

Апробация. Результаты работы доложены и обсуждены на секции научно-технического совета Минэнерго СССР в 1981 г., на научно-практическом семинаре "Комплексная система управления качеством сварки" г. Киев в 1983 г. и других семинарах. Полностью содержание диссертационной работы доложено и обсуждено в МВТУ им. Баумана на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочного производства 10 ноября 1986 г. и ИЭС им. Е.О.Патона 3 июня 1987 г.

Публикация. По результатам работы опубликовано 10 статей и докладов.

Объём работы. Диссертационная работа изложена на 157 страницах машинописного текста, иллюстрируется 21 рисунком, содержит 22 таблицы, состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка литературы (101 наименование).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность исследуемой проблемы, дана краткая аннотация работы, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту.

Рассматриваемая проблема является актуальной для энергетического строительства. Дальнейшее развитие энергетики в нашей стране связывается с поточным сооружением атомных станций. Для успешного выполнения энергетической программы необходимо значительно повысить производительность труда, сократить трудоёмкость монтажных работ, повысить качество монтажа оборудования и трубопроводов.

В первом разделе рассмотрено состояние проблемы повышения качества сварки.

В работах Ермолова И.Н., Волченко В.Н., Химченко Н.В. и др. было показано, что низкое качество сварных швов является следствием отрицательного воздействия организационных факторов, несоблюдения требований технологии сварки, отсутствия системы с оперативной обратной связью от этапа приёмочного контроля к технологии. В работах Волченко В.Н., Маслова Б.Г., Довиденко В.Ф., Денисова Л.С. и др. была рассмотрена возможность применения методов статистики для управления качеством сварки. Так, в МВТУ им. Баумана была предложена модель управления качеством сварки с помощью организационных, технических и экономических воздействий на этапы производственного процесса.

В связи с непрерывным развитием машиностроения, повышением сложности и ответственности сварных конструкций, увеличением объёмов сварки легированных сталей наблюдается тенденция к росту требований к технологическим процессам сварки. За последнее десятилетие требования к качеству сварных соединений повысились в 2-3 раза, а объёмы контроля в 5-10 раз.

На каждом этапе развития сварочного производства для решения проблемы повышения качества разрабатывались соответствующие методы и средства. Так, в своё время работами коллективов ИЭС им. Патона, ЦНИИТмаш, МВТУ им. Баумана и др. организациями были созданы прогрессивные технологические процессы сварки и сварочное оборудование. На современном этапе развития сварочного производства становится особенно актуальной разработка и применение на практике методов управления качеством сварочной продукцией и сварочных материалов. Становится очевидным необходимость охвата всего комплекса производственных задач на всех технологических стадиях.

К настоящему времени достаточно полно разработаны методики сбора и учёта информации о качестве сварных швов, статистической обработки и организации их применения на производстве. Значительные практические результаты в этом направлении были получены Денисовым Л.С. в Милмонтажспецстрое БССР. Однако до последнего времени не создано единой концепции системного управления качеством сварочной продукцией.

Исследования, выполненные автором, показывают, что для применения системного подхода необходимо выделять соответствующую совокупность элементов технологических стадий сварочного производства. В такой совокупности должны существовать потоки информации на входе, выходе и обратной связи по заданному критерию. Такая совокупность рассматривается как сложная система. В зависимости от полноты (количества и качества) информации характеристики системы (инерционность, помехоустойчивость, управляемость и др.) меняются. С учётом этого процесс управления может быть условно разделён на три стадии: перспективное управление (прогнозирование), текущее управление (планирование) и оперативное управление (корректирование).

В работе рассмотрены вопросы оперативного управления на примере технологических процессов сварки соединений трубопроводов АЭС.

Исследования уровней качества сварных швов, выполненных различными технологическими процессами, показывают, что наблюдаются значительные колебания относительно средних значений. Часто такие колебания носят характер разладки технологии различной продолжительности. Необходимо разработать методы своевременного устранения разладки путём принятия решения с заданной достоверностью. Корректирование должно осуществляться на основе анализа результатов неразрушающего контроля сварных соединений на этапе приёмки с учётом исходных данных о начальном состоянии элементов системы.

Во втором разделе исследованы различные критерии оценки качества сварных швов и технологических процессов сварки. Установлены основные требования к критериям для решения поставленной задачи. Показано, что оперативность и достоверность оценки фактического уровня качества зависят от протяжённости участка шва, принимаемого в качестве условной единицы продукции. Разработаны соотношения для расчёта оптимальных значений участков швов условных единиц. Наибольшую допустимую длину участков предложено определять по формуле

$$\Delta = \frac{\sqrt{2\varepsilon}}{U_d} \quad (1)$$

где ϵ – вероятность появления на участке шва более одного дефектного места (на практике для выполнения условия ординарности принимают не более 0,01); U_d – плотность потока дефектных мест на одном метре шва (для стыковых соединений трубопроводов АЭС практические значения заключены в интервале 0,2...1,5 $\frac{1}{м}$); Δ – протяжённость участка шва условной единицы продукции.

Из (1) с учётом практических значений ϵ , U_d протяжённость Δ выбирают из интервала 0,1...0,7 м. Значение длины условной единицы 0,1 м принято в качестве стандартной для расчёта унифицированного показателя доли дефектности.

При разработке методики оперативной оценки стабильности (отсутствия разладки) технологии сварки приняты заданными доля дефектности (q), требуемая достоверность оценки (доверительная вероятность), объём выборки (n) в условных единицах продукции. Предложено область стабильной технологии характеризовать приемлемым числом (n_p) дефектных единиц. В работе показано, что распределение числа дефектных единиц в выборке подчиняется закону Пуассона. Исходя из этого, предложено определять интервальную оценку стабильности с помощью соотношения

$$n_p = k_y q n \quad (2)$$

где k_y – коэффициент доверительной вероятности, определяемый по таблице или графически; n_p – натуральные числа 1, 2, ...

Соотношение (2) предложено использовать для расчёта наименьшего допускаемого объёма выборки в единицах продукции. Для стабильной технологии, интервальная оценка которой характеризуется минимальным числом $n_p = 1$, из (2) получаем соотношение

$$n_{min} = \frac{1}{k_y q} \quad (3)$$

Объём выборки (n_{min}) в (3) можно выразить через длину сварного соединения (l_{min}) с помощью соотношения

$$l_{min} = n_{min} \Delta \quad (4)$$

При установлении оптимального объема выборки кроме соотношений (3) или (4) рекомендуется учитывать периодичности получения результатов неразрушающего контроля и этапов производственного процесса.

Значения параметров $[q, k_r, n, n_p]$ предложено в ГОСТ 25997-83 рассматривать как план оценки стабильности. Показатель доли дефектности (q) определяется на этапе предварительного исследования. Числовые значения k_r в зависимости от доверительной вероятности γ заключены в интервале $1, 1, \dots, 1, 4$. Параметры n_p и n определяются по формулам (2), (3).

В третьем разделе рассмотрена модель технологической системы сварки. Показано, что технологический процесс сварки можно рассматривать как сложную систему, состоящую из подсистем с вероятностными связями между возмущающими факторами и дефектами сварки. Внутренняя организационная структура таких систем не приспособлена к самостоятельному переходу в равновесное состояние при случайном выводе из него. Это может приводить к образованию внутренних дефектов сварки (поры, шлаковые включения и др.). Анализ показывает, что некоторая условно изолированная сложная система может обладать качествами: надёжность (R - качество), стабильность (S - качество), управляемость (U - качество), инерционность (I - качество). В работах Волченко В.Н. и Пятирублёвого Л.Г. был рассмотрен критерий качества - надёжность. Под надёжностью понималась вероятность безотказной реализации технологического процесса сварки на некотором участке шва. Возможность появления дефектов сварки рассматривается с заданной вероятностью. В настоящей работе рассмотрен и применён на практике критерий качества - стабильность. По ГОСТ 15895-77 это - свойство технологического процесса, которое в течение некоторого интервала времени или на участке шва, выполненного за это время, приводит к постоянству распределения вероятностей показателей качества сварки. Такая характеристика принимается в качестве критерия S .

Для выявления закономерностей, используемых для оперативного корректирования технологии, предложено применить теорию массового обслуживания. Выполнение операций рассматривается как обслуживание требований (изготовления) на этапах: подготовка к сварке, сварка и приёмочный контроль. Качество

обслуживания зависит от выполнения требований, установленных на каждом этапе. Совокупность условно независимых этапов, имеющих каналы связи друг с другом и объединённых потоком возвратной продукции, можно рассматривать как систему массового обслуживания. Для такой системы выполнен анализ условий существования простейшего потока дефектов сварки с помощью характеристики плотность потока дефектных мест (число дефектных мест на метре шва). Статистическими исследованиями установлены границы существования свойств простейшего потока (стационарность, ординарность и отсутствие последействия). Такие границы предложено рассматривать как условия управляемости технологической системы сварки. Необходимость в корректировании технологического процесса возникает при нарушении этих условий.

В работе исследованы изменения плотности потока от диаметра и толщины стыкового соединения трубопровода для различных технологических процессов сварки. Установлено, что для дуговой сварки соединений из углеродистых и коррозионностойких сталей стационарность потока наблюдается в однородных выборках единиц продукции с определёнными ограничениями по толщине стенки и диаметрам труб. Исследования показали, что при сварке неповоротных стыков в однородной выборке необходимо учитывать отдельно каждый типоразмер трубы. Для стыковых соединений, сваренных в поворотном положении, однородность выборки соблюдается при фиксированной толщине и диаметре трубы до 320 мм. Для диаметров свыше 320 мм достаточно учитывать в выборке свариваемую толщину трубы.

Исследования установлено, что в однородных выборках соединений, выполненных по штатным, отлаженным технологическим процессам, результаты неразрушающего контроля (радиография, ультразвук и др.) сварных швов можно представить в виде полной группы видов дефектов. В состав такой группы входят постоянно одни и те же выявляемые дефекты сварки. Для стабильных технологий весовые коэффициенты (в долях единицы) видов дефектов имеют средние значения, что является следствием конечного числа причин. Установлено, что конечное множество таких причин можно расположить по ранжиру весового воздействия на разладку технологического процесса сварки. Результаты исследований использованы при разработке структуры таблицы принятия решений, а также методики корректирования качества сварки.

В четвертом разделе рассмотрена методика оперативного корректирования качества технологии сварки соединений трубопроводов АЭС. В работе исследован типичный случай, при котором выполняют анализ возникшей в условиях производства ситуации (всплеск дефектности) и оперативное вмешательство в технологию, не останавливая сварочных работ. Корректирование предложено выполнить по схеме последовательного (итеративно-го) приближения к наиболее эффективному решению. Исследования методов принятия решений в работах советских и зарубежных учёных показывают, что такой подход применяют в задачах, связанных с анализом ситуации и выбором оптимального решения в условиях неопределённого исхода. Методика последовательного приближения основывается на использовании таблицы принятия решений. Если оказалось неверным первое по ранжиру решение, то переходят ко второму и т.д.

Применительно к сварке трубопроводов АЭС автором разработан алгоритм определения начала разладки технологии и корректирования качества по доминирующему виду дефекта сварки.

Оперативную оценку стабильности технологического процесса предложено выполнять по соотношению

$$n_p - n_d \geq 0 \quad (5)$$

Применение на практике (5) сводится к следующему. Если разность между приемлемым (n_p) и фактическим числом (n_d) дефектных единиц отрицательна, то считают, что наблюдается нарушение стабильности технологии. С использованием минимального объёма выборки с заданной достоверностью определяют начало разладки. Если в последующих оценках устанавливают тенденцию, то переходят к выполнению корректировки. Подтверждение стабильности можно выполнить по единичной выборке. Однако корректирование качества технологии необходимо производить с помощью графиков. По оси абсцисс откладывают условные номера выборок, по оси ординат фиксируют число выявленных дефектных единиц. В результате получают диаграмму, на которой определяют начало разладки и её продолжительность вплоть до устранения.

Корректировку технологического процесса предложено выполнять по доминирующему виду дефекта

$$B^* - B < 0 \quad (6)$$

где B^* , B — соответственно ожидаемое и фактическое число дефектов данного вида.

Ожидаемое число дефектов данного вида определяется по соотношению

$$B^* = k_B U_d l \quad (7)$$

где k_B — весовой коэффициент вида дефекта, входящего в состав полной группы; U_d — плотность потока дефектных мест; l — протяжённость участка сварного соединения, на котором установлена разладка технологии.

Разработка методики принятия решения для корректировки основана на том, что для штатного, отлаженного процесса в выборке единиц продукции постоянного объёма вероятность появления дефекта сварки данного вида постоянна. Выявлено, что при выполнении сварочных работ с постоянными условиями наблюдается определённое число причин появления дефекта. Счётное число таких причин по весовому влиянию может быть расположено по ранжиру. Необходимо отметить, что действие причин принимается условно постоянным на определённый период. После проведения коррекции весовые характеристики видов дефектов и соответствующих причин необходимо уточнять.

Применение такой методики на практике позволяет установить действительную причину разладки технологического процесса за интервал времени, соответствующий отбору трёх-четырёх выборок. Причём, если решение, принятое в первом случае, оказалось не эффективным, то вероятность следующей по ранжиру причины, выбираемой по таблице принятия решений, повышается.

В работе рассмотрены вопросы достоверности выводов о разладке. В зависимости от уровня доверительной вероятности расчётная область стабильности может быть излишне увеличена, что приводит к росту числа незамеченных разладок. И наоборот, необоснованное уменьшение области приводит к увеличению частоты излишних наладок. На практике целесообразно несколько снижать доверительную вероятность, что приводит к излишним

профилактическим наладкам. Установлены практические рекомендуемые соотношения уровней качества сварки и доверительных вероятностей. Большое значение для повышения достоверности решений имеет использование опыта монтажа предыдущего блока атомной станции.

Подробно применение методики оперативной оценки и корректирования качества рассмотрено в работе на примере технологического процесса сварки соединений канала реактора первого блока Смоленской АЭС.

В пятом разделе рассмотрена эффективность применения методики оперативной оценки и корректирования качества технологии сварки соединений трубопроводов АЭС.

Практические исследования стабильности различных вариантов технологических процессов показывают, что применение методики наиболее эффективно для соединений трубопроводов из углеродистых сталей с уровнем качества не ниже 85%, а для соединений труб из сталей аустенитного класса - 90%. Показано также, что для технологических процессов с уровнем качества сварки выше 98% значительно повышаются требования к достоверности выводов, что приводит к увеличению объемов выборки и, следовательно, к снижению оперативности оценки и корректирования.

Анализ дефектности соединений трубопроводов, изготавливаемых в условиях монтажа, показывает, что большинство технологий обеспечивают уровень качества сварки в интервале 85...95%. Для этого интервала применение методики особенно эффективно. Своевременное вскрытие причин образования дефектов позволяет систематически снижать затраты, связанные с исправлением дефектных мест, а также сокращать расход сварочных и конструкционных материалов.

Применение методики в условиях монтажа стыковых соединений труб первого контура АЭС показало, что уровень качества сварки по сравнению с исходным повышается на 3-5%. На заводах треста "Теплоэнергооборудование" для технологических процессов сварки трубопроводов из углеродистых и аустенитных сталей применение методики позволило повысить уровень качества сварки на 27%. В настоящее время ставится задача в поддержании достигнутого уровня. Суммарная экономия от внедрения методик составила 141429 руб.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Установлено, что штатные технологические процессы сварки трубопроводов АЭС можно рассматривать как сложные системы с вероятностными связями между возмущающими факторами и дефектами сварки (поры, шлаковые включения и др.). Разработка методов управления качеством технологии сварки сводится к раскрытию этих связей.

2. Установлено, что для оценки уровня качества технологии сварки по результатам неразрушающего контроля сварных швов с необходимой достоверностью требуется учитывать оптимальные протяжённости условно-дискретных участков соединений, принимаемых как условные единицы продукции. Для стыковых соединений трубопроводов разработано соотношение и определён интервал протяжённостей 0,1...0,7 м, в котором заключены допустимые значения таких участков. Предложен унифицированный показатель качества, учитывающий протяжённость стандартной единицы 0,1 м.

3. Предложено технологические процессы сварки соединений трубопроводов АЭС рассматривать как сложные системы, состоящие из совокупности элементов (операций), упорядоченных на основе принципа условной автономности. Для систем, имеющих циклический характер, предложено при решении задач по управлению качеством применять теорию массового обслуживания. Нормальное функционирование таких систем необходимо связывать со свойствами простейшего потока дефектных единиц продукции. При возникновении разладки технологии (повышенный всплеск дефектности) нарушается стационарность потока, что является основанием для активного вмешательства в технологический процесс и выполнения корректировки.

4. Установлено, что в однородных выборках сварных соединений, выполненных по штатным технологическим процессам, поток дефектных единиц продукции простейший.

Исследованиями установлено, что для штатной технологии дуговой сварки труб в неповоротном положении необходимо учитывать типоразмеры трубопроводов; при сварке стыков труб в поворотном положении необходимо учитывать каждый типоразмер до диаметра 320 мм. Для диаметров труб свыше 320 мм в однородной выборке достаточно учитывать толщину свариваемого соединения.

5. Установлено, что в однородных выборках, сформирован-

ных по схеме систематического отбора, результаты неразрушающего контроля швов можно представить в виде полной (постоянной) группы видов дефектов. Показано, что для каждого вида дефекта из полной группы можно установить конечное число причин и расположить их по ранжиру весового воздействия на технологию сварки.

6. Установлено, что в однородной выборке для каждой причины формирования дефекта сварки можно установить конечное число оптимальных решений, связанных с корректировкой технологии. Корректировку предложено выполнять по доминирующему виду дефекта, оказывающему на разладку технологии преимущественное влияние.

7. Для оперативной оценки начала разладки технологии разработано соотношение, которое учитывает достоверность выводов (коэффициент доверительной вероятности), показатель качества (долю дефектности) и объём выборки в условных единицах продукции. Соотношение предложено также использовать для расчёта минимального допустимого объёма выборки и выполнения оперативной оценки.

8. Разработан алгоритм корректирования качества технологии сварки. Суть которого заключается в выполнении на этапе предварительного исследования расчёта плана оценки стабильности, параметров корректирования, таблицы принятия решений. Эти данные используются на последующих этапах для оперативного определения начала разладки и корректирования качества технологии.

9. Выявлено, что эффективность методики оперативной оценки и корректирования качества наблюдается для процессов сварки с уровнями качества 85...98% и изделий, имеющих повышенную эксплуатационную ответственность.

10. Основные научные и практические положения выполненной работы положены в основу ГОСТ 25997-83 "Сварка металлов плавлением. Статистическая оценка качества по результатам неразрушающего контроля". Внедрение результатов работы в условиях монтажа трубопроводов и оборудования АЭС, а также заводов, изготавливающих блоки трубопроводов для АЭС, позволило получить экономию 141374 руб. в год.

Материалы диссертации изложены в следующих работах:

1. Демидов Б.Ф. Возможности и перспективы применения ЭВМ для статистического контроля и управления качеством сварки //Дефектоскопия сварных соединений. Мат. конф.-М.: РОТО МДНП, 1969.-С. 173-179.

2. Демидов Б.Ф. Статистический контроль и анализ возможностей технологического процесса сварки//Исследования по проблемам стандартизации в машиностроении: Тр. ин-та ВНИИМАШ.-М.: 1973, Вып.7.-С.56-64.

3. Демидов Б.Ф. Статистический анализ качества технологии сварки с применением ЭВМ на опыте котельного производства //Комплексная дефектоскопия сварных и паяных соединений. Мат. конф. МДНП.-М.: 1975.-С.171-179.

4. Демидов Б.Ф. Статистическая оценка достоверности результатов неразрушающего контроля//Неразрушающие методы и средства контроля. Мат. конф. НТО Знание: Тез. докл. Ч.2.-Кишинёв: 1977.-С. 67-69.

5. Белкин С.А., Шефель В.В., Демидов Б.Ф. Механизация сварки оборудования АЭС и повышение качества сварных соединений //Энергетич. строит.-1979.-№11.-С. 17-21.

6. Демидов Б.Ф., Белкин С.А. Статистический анализ факторов, вызывающих образование дефектов сварки стояков технологических каналов реактора РБМК-1000//Автомат. сварка.-1980.-№9.-С. 64-66.

7. Демидов Б.Ф. Балльная оценка качества труда сварщика в условиях монтажно-сварочных работ на АЭС//Энергетич. строит.-1981.-№6.-С. 31-33.

8. Демидов Б.Ф. Особенности анализа качества сварки стыков трубопроводов АЭС//Опыт и пути решения проблемы комплексного управления качеством сварки. Тез. докл. всесоюзн. научн.-практ. совещ.-Краснодар: 1982.-С.56-58.

9. ГОСТ 25997-83. Сварка металлов плавлением. Статистическая оценка по результатам неразрушающего контроля.-М.: Изд. Стандартов, 1985.-16 с.

10. Методические указания по статистической оценке качества сварки при изготовлении и монтаже трубопроводов и металлоконструкций АЭС: РД МУ 42-002-85/Отв. исп.Б.Ф.Демидов.-М.: Ин-т Энергомонтажпроект Минэнерго СССР, 1985.-90 с.

11. Зернов А.В., Демидов Б.Ф. Статистические методы оценки качества сварки: учебн. пособие.-М.: ВШК "Энерго", 1988, 93 с.