

И 325804

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ДЕНИСОВ Леонид Сергеевич

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ СВАРОЧНЫХ РАБОТ НА МОНТАЖЕ
ТРУБОПРОВОДОВ

Специальность 05.04.05 - Технология и машины свароч-
ного производства

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

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ДЕНИСОВ Леонид Сергеевич

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ СВАРОЧНЫХ РАБОТ НА МОНТАЖЕ
ТРУБОПРОВОДОВ

Специальность 05.04.05 – Технология и машины свароч-
ного производства

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

Москва

1977

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1325804

Денисов Л.С. Разработка и

М 325804

Работа выполнена в специализированном тресте "Белпромналадка" Министерства монтажных и специальных строительных работ БССР.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор ВОЛЧЕНКО В.Н.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор ЕРМОЛОВ И.Н.

кандидат технических наук, профессор БЛИНОВ А.Н.

Ведущее предприятие: "Белоргмонтавспецстрой".

Защита диссертации состоится " " _____ 1977 г.
на заседании специализированного Совета Д 053.15.07
по технологии и машинам сварочного производства.

Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим
высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени
Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " _____ 1977 г.

Ученин секретарь
специализированного Совета
доктор технических наук,
профессор

СТЕКЛОВ О.И.

Д-20152. Подп. к печ. 9.08.77. Объем

МВТУ

л.л. Тир.100. Зак.1296

Тир. МВТУ. Н.Э. Баумана

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Актуальность работы. Трубопроводные системы в общем объеме монтажных и специальных строительных работ Белоруссии составляют более 60%. Их сооружение является наиболее трудоемкой работой в строительстве. Например, затраты на прокладку 100 п.м трубопроводов в зависимости от назначения колеблются от 700 до 3500 рублей.

Несмотря на большой объем соединений на трубопроводах (от 25 до 50 и более на 100 п.м), качество их изготовления до проведения настоящей работы оставалось сравнительно низким и брак составлял более 26% (в 1970 году). При этом расходы на исправление брака, без учета ущерба, причиняемого от несвоевременной сдачи объектов и авариями, достигали более 100000 руб. в год.

Исследованиями установлено, что применение более совершенных физических методов дефектоскопии или увеличение объемов их использования без совершенствования системы контроля и организации не позволяет в необходимой мере повышать качество сварных соединений трубопроводов.

Поэтому требовался принципиально новый подход, который состоял в переходе к управлению качеством с использованием статистики.

Цель и задачи работы. Повысить качество сварных соединений при монтаже различных трубопроводов путем разработки оптимальной системы (методики) контроля и структуры контрольных служб.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать эффективную организацию службы контроля отрасли.
2. Внедрить прогрессивные методы и средства неразрушающего контроля.
3. Теоретически и экспериментально обосновать базовые совокупности сварных соединений, как основу для применения статистических методов на монтаже.
4. Разработать применение количественных показателей уровня качества, отражающих состояние технологии сварки.
5. Провести статистические исследования по распределению (тип, размеры, количество) реальных дефектов сварки.
6. Разработать и обосновать систему (методику) статистического управления качеством сварочно-монтажных работ.
7. Выполнить экспериментальную проверку системы статистического управления качеством и внедрить практические рекомендации и документы.

Методы исследования. Поставленные задачи решались теоретически и экспериментально с использованием теории вероятностей и аппарата математической статистики. Исследования выполнены на сварных соединениях трубопроводов непосредственно на реальных объектах монтажных подразделений отрасли МПС БССР. Применялись методы радиографии (просвечивания) с частичным вскрытием стыков. Обследованию были подвергнуты более 75 тыс. стыков трубопроводов за 7 лет производственной проверки.

Научная новизна. Впервые предложен, теоретически и экспериментально обоснован метод базовых совокупностей, позволяющий применять теорию вероятностей и аппарат математической статистики на монтаже. Обоснованы новые показатели качества сварочно-монтажных работ и установлены оптимальные области их применения. Это позволило впервые в практике строительно-монтажных работ разработать и внедрить систему статистического управления качеством сварки, обеспечивавшую установление и предупреждение причин брака и резкое его сокращение без существенного увеличения объемов контроля.

Практическая ценность. Разработана и внедрена методика статистического регулирования качества сварки, основой которой является цепочка "фактор-причина-дефект". Применение этой методики позволило более чем в три раза снизить уровень брака: с 26% в 1970 г. до 7-8% в 1975-76 гг.

Предложена и внедрена новая организационная форма контроля на монтаже - централизованная система контроля (ЦСК), основанная на принципе специализации и концентрации дефектоскопии. Применение ЦСК позволило повысить производительность контроля в 35-50 раз, оперативность контроля в 5-10 раз, увеличить загрузку оборудования в 4-6 раз.

Апробация работы. Основные научные и практические разработки внедрены в трестах "Белсантехмонтаж" № 1, "Белсантехмонтаж" № 2 и ряде предприятий и организаций Минмонтажспецстроя БССР. Методика предупредительного статистического контроля качества отмечена в 1973 г. Золотой медалью ВДНХ СССР. По результатам работы сделано более 30 докладов на Всесоюзных совещаниях, конференциях и семинарах. С 1969 года систематически, каждое полугодие, выпускаются информационные письма о состоянии и качестве сварочных работ по отрасли Минмонтажспецстроя БССР.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 145 страницах машинописного текста, включающих: введение, шесть глав, выводы

по каждой главе и общие выводы по работе, 77 таблиц, 67 рисунков, 148 наименований использованных литературных источников и приложения.

В первой главе исследованы организационные формы контроля сварочно-монтажных работ и состояние качества сварки в отрасли.

Показано, что традиционные формы организации контроля разрозненными мелкими лабораториями, в составе от 1-3 чел. при каждой монтажной организации, для современной строительной индустрии неэффективны. Не обеспечивался оперативно контроль за ходом сварочных работ. Отставание контроля от сварки достигало до 1 месяца и более, а заключения о качестве выдавались через 5-10 и более дней. Лаборатории не обеспечивали возлагаемых на них задач по повышению качества из-за низкой квалификации операторов, отсутствия или неиспользования средств современной дефектоскопии, отсутствия квалифицированного технического руководства контрольными работами.

Роль контроля была пассивной и сводилась в основном к фиксации брака. В ряде монтажных организаций контроль не проводился вообще.

Подчинение лабораторий монтажным организациям наряду с указанными недостатками, практически исключали объективность контроля. Все это приводило к тому, что уровень брака по отрасли был высоким, а в 1970 году после его объективной проверки оказался равным 26%. В монтажных трестах уровень брака колебался от 20,5 до 33,6%. В подразделениях трестов брак достигал 41,3% и более.

Форма организации контроля раздробленными и малочисленными лабораториями являлась серьезным препятствием при решении проблемы повышения качества сварки в строительно-монтажном производстве. В современных условиях требуются новые эффективные формы организации. Как показано ниже (см. гл. 5) такой формой оказалась - Централизованная система контроля, на базе отраслевого специализированного подразделения, разработанная автором.

Во второй главе проведен анализ состояния неразрушающих методов контроля (НМК), применяемых в отрасли, обоснована необходимость применения комплексной дефектоскопии и ее совершенствования. Выявлено неудовлетворительное состояние технических средств НМК. Радиографическая чувствительность гаммаграфии (просвечивания) с использованием Кобальта-60 и Цезия-137 для непрогаров и пор была ниже требуемой по ГОСТ 7512-75 в 1,5-2,0 раза, для шлаковых включений в 2,0-4,0 раза.

Были исследованы возможности внедрения более эффективных изотопных излучателей и рентгенографии для условий монтажа. Установлено, что для просвечивания стыков трубопроводов наиболее целесообразно использовать изотоп Иридий-192 активности 5 г. экв. радия и дополнительно Селен-75 и Тулий-170.

Для заводских условий, а в дальнейшем и для монтажной площадки внедрен рентгеновский и ультразвуковой контроль (УЗК). Усовершенствованы как дополнительные методы контроля электрорентгенография (ЭРГ) и магнитография (МГК). Применительно к условиям монтажной площадки отработаны методики контроля.

Разработан комплекс вспомогательных устройств, приспособлений и инструментов при проведении просвечивания: устройство для крепления кассеты на трубе, устройства для установки и крепления дефектоскопов, системы маркировки и т.д. Внедрены при контроле на объектах передвижные дефектоскопические лаборатории на базе автомобиля ПАЗ.

В результате разработок предложена единая комплексная система технического контроля по отрасли:

- а) визуальный (внешний) контроль, объем 100%;
- б) гаммаграфия (Иридий-192), объем 80-100% на монтаже и рентгенография в объеме 80-100% на заводах;
- в) механические испытания свойств металла шва, объем до 2,0%;
- г) дополнительные методы УЗ, МГК и ЭРГ.

Внедрение системы позволило повысить радиографическую чувствительность к выявлению дефектов в 2-4 раза и таким образом обеспечить требования ГОСТ 7512-75, повысить оперативность контроля в 5-10 раз, выдавать заключения о качестве сварки непосредственно на монтажном объекте через 1,5-2,5 часа.

В третьей главе обоснована необходимость применения статистического управления качеством сварочных работ в отрасли ММСС БССР. Показано, что основным препятствием при внедрении статистических методов контроля в условиях строительно-монтажной площадки являются: а) большое разнообразие объектов и их разбросанность, неоднородность конструкций, материалов, способов сварки и условий; б) отсутствие объективных количественных показателей (измерителей) качества сварочных работ.

Предложена модель статистического управления качеством сварочных работ в монтажных условиях. Однако возможность реализации модели зависела от решения ряда вопросов, устраняющих пре-

пятствия к применению статистических методов. Поэтому были проведены исследования особенностей монтажного производства, результатом которых явилось теоретическое и экспериментальное обоснование базовых партий стыков (БПС) - генеральных совокупностей для разнообразных монтажных объектов.

Установлено, что при формировании базовых партий за основу должна быть принята группировка по элементам производства. Разработан алгоритм формирования однородной (с постоянными элементами) статистической совокупности - БПС для монтажных условий.

Алгоритмы позволяют устанавливать однородные по элементам статистические совокупности для любой отрасли. Единицей совокупности является сварной стык (элемент стыка) трубопровода.

В отрасли ММСС СССР установлены основные группы БПС по диаметру трубопровода, толщине и марке стали, с учетом способов сварки и других особенностей. Это позволило систематизировать сварочную продукцию отрасли и применить статистическую обработку результатов НМК.

Решение задачи по управлению качеством сварки и его планомерному повышению невозможно без количественной оценки качества. Объективно такая оценка возможна только с помощью конкретных статистических показателей. Однако в отрасли до сих пор не было таких показателей.

В работе предложены, обоснованы и внедрены в практику показатели, характеризующие качество сварки любой i -ой БПС, количественно, качественно и комплексно.

ПОКАЗАТЕЛЕМ доли брака "Б" оценивают долю забракованных элементов (Σm) участков шва в выборке стыков (Σn) по базовой партии (БП). $\bar{B} = \frac{\Sigma m}{\Sigma n} \cdot 100\%$ (1)

ПОКАЗАТЕЛЕМ числа дефектов "Д" оценивают количество дефектов на контролируемом участке шва (длина участка постоянна и равна 300 мм), их частоту, тип дефектов и размеры в БП.

Поскольку по действующему СНиП на сварные швы различных трубопроводов устанавливается норма недопустимых дефектов по их величине в сечении шва, показатель "Д" выражаем в двух вариантах: общее число допустимых и недопустимых дефектов (D_0) и число только недопустимых по СНиП дефектов (D_B). Соответственно имеем:

$$\bar{D}_0 = \frac{\Sigma D_0}{\Sigma n} \text{ шт./уч.} \quad (2)$$

$$\bar{D}_B = \frac{\Sigma D_B}{\Sigma n} \text{ шт./уч.} \quad (3)$$

ПОКАЗАТЕЛЕМ длины дефектов " ℓ " оценивают общую длину дефектов шва на участке контроля. Аналогично показателю "Д", (ℓ_0) включает общую протяженность всех дефектов и (ℓ_B) недопустимых дефектов по СНиП. Имеем:

$$\bar{\ell}_0 = \frac{\sum \ell_0}{\sum n} \text{ мм/уч.} \quad (4) \quad \bar{\ell}_B = \frac{\sum \ell_B}{\sum n} \text{ мм/уч.} \quad (5)$$

Комплексным ПОКАЗАТЕЛЕМ $\sum \sum \left| \begin{matrix} \bar{\Delta}_0, \bar{\ell}_0 \\ \bar{\Delta}_B, \bar{\ell}_B \end{matrix} \right|$ устанавливают тип, количество, размеры дефектов. Численное выражение показателя названо нами формулой дефектности базовой партии стыков (ФД БПС).

Для $\bar{\Delta}_0$ и $\bar{\Delta}_B$ общее выражение ФД БПС:

$$\sum \sum \left(\frac{\bar{\Delta}_0}{\bar{\Delta}_B} \right) = \Pi \frac{X_0}{X_B} + \Psi \frac{Y_0}{Y_B} + \Pi \frac{Z_0}{Z_B} + \dots + \text{и т.д.} \quad (6)$$

где: Π, Ψ, Π - типы дефектов, $X_0, Y_0, Z_0, X_B, Y_B, Z_B$ - общее и недопустимое количество дефектов типа Π, Ψ, Π и т.д.

$$\bar{\Delta}_0 = \frac{\sum \Delta_0}{\sum n} = \frac{\sum \Pi_0}{\sum n} + \frac{\sum \Psi_0}{\sum n} + \frac{\sum \Pi_0}{\sum n} + \dots + \text{и т.д.} \quad (7)$$

$$\bar{\Delta}_B = \frac{\sum \Delta_B}{\sum n} = \frac{\sum \Pi_B}{\sum n} + \frac{\sum \Psi_B}{\sum n} + \frac{\sum \Pi_B}{\sum n} + \dots + \text{и т.д.} \quad (8)$$

Для $\bar{\ell}_0$ и $\bar{\ell}_B$ формула дефектности аналогична выражениям (6-8).

Показатели "Д" и " ℓ " весьма универсальны и высоко информативны. Они отражают стохастические явления в технологическом процессе и могут быть использованы для оценки уровня качества базовых совокупностей стыков.

Для анализа характеристической величины дефектов введена "шкала уровней дефектности". Шкала отражает количество дефектов по восьми дискретным уровням с соответствующими размерами в мм. Поскольку размеры дефектов по СНиП установлены в % от толщины стенки труб, дефекты каждого уровня имеют величины:

$$\begin{array}{l} \text{Уровни} \\ \text{размер, \%} \end{array} \quad \frac{1}{(2-5)}; \frac{2}{(5-8)}; \frac{3}{(8-10)}; \frac{4}{(10-12)}; \frac{5}{(12-15)}; \frac{6}{(15-20)}; \\ \frac{7}{(20-25)}; \frac{8}{(> 25)}$$

Третий, четвертый и пятый уровни - граничные. Здесь согласно СНиП установлена граница нормирования. Швы с дефектами величиной до 10% (или до 15%) считаются годными, а свыше 10% (или 15%) - бракуются.

Анализом установлены области применения показателей, их критичность к состоянию технологического процесса.

Показатель Д удобен для стыков трубопроводов диаметром до 100 мм, ℓ - для диаметров более 200 мм, Д и ℓ для 100-200 мм. Показатель Б малоинформативен и его можно использовать только для общей отчетности и при планировании. Оптимизация показателей для различных сварных соединений трубопроводов позволила эффективно использовать их при регулировании технологических процессов и управления качеством (см. гл. 5).

При изучении конкретных технологических процессов сварки, с последующей оценкой качества швов по комплексному показателю, автором была обнаружена зависимость структуры дефектности от качества выполнения операций и состояния производственных факторов (сварочных и свариваемых материалов, условий работы, окружающей среды и т.д.).

Экспериментально установлено существование цепочки "фактор-причина-дефект" (Ф-П-Д) и наличие статистической связи - "причина-дефект". С помощью связи Ф-П-Д найдены главные доминирующие причины (ГДП), действовавшие в момент сварки. Выведена статистическая формула дефектности для ГДП.

$$\text{ГДП} \rightarrow \sum \sum D_B = [\text{ПХ}_B + \text{ШУ}_B + \text{НЗ}_B + \dots + \text{и т.д.}] \quad (9)$$

Аналогично по ℓ_B .

Статистическая связь с вероятностью $P=0,6-0,8$ подтверждена также большим объемом исследований (гл. 4).

Разработки, выполненные в гл. 3, обеспечили возможность использования статистических методов контроля на монтаже, осуществление статистического анализа реальной дефектности и открыли возможность реализации модели статистического управления качеством сварки на строго научной основе.

В четвертой главе впервые в практике сварочно-монтажных работ выполнен обширный статистический анализ реальной дефектности базовых партий стыков по показателям качества. Исследовано по гамма-снимкам более 75 тыс. элементов стыков трубопроводов. Цель исследования – определение эмпирического распределения средних показателей качества, установление на этой основе оптимальных уровней дефектности и выяснение причин брака.

Установлено, что значения накопленных частот показателей Б и Д аппроксимируются нормальным распределением с согласием $R(\chi^2)=0,8$. Функции плотности вероятности показателей "Б" и "Д", например, для БПС Г.І (стыки трубопроводов Ø57-108, выполненные газовой сваркой), имеют вид:

$$f(Б)_{Г.І} = 0,13 \exp [-0,054(Б-7,5)^2] \quad (10)$$

$$f(Д)_{Г.І} = 1,13 \exp [-2,0(Д-1,4)^2] \quad (11)$$

Значения накопленных частот показателя "ℓ" аппроксимируются распределением Вейбула, с согласием $R(\chi^2)=0,80-0,85$. Это подтверждается также исследованиями МВТУ им. Н.Э.Баумана. Расчеты функции плотности вероятности для всех БПС. Например, для Г.І и П-з(І.2) распределения имеют вид:

$$f(ℓ)_{Г.І} = 0,14 \exp \left(- \frac{ℓ}{7,3} \right) \quad (12)$$

$$f(ℓ)_{П-з(І.2)} = 0,1 \left(\frac{ℓ}{12,9} \right)^{0,2} - \left(\frac{ℓ}{12,9} \right)^{1,2} \quad (13)$$

Установление законов распределения показателей Б, Д, ℓ (см. формулы 10-13), позволило производить расчеты границ регулирования и построение контрольных карт, а также оценивать вероятность появления брака больше допустимого уровня: $(Б \geq Б_n)$, $(Д \geq Д_n)$, $(ℓ \geq ℓ_n)$ и т.д.

По формулам (5, 6, 7) определена реальная структура дефектности: тип, размеры и количество дефектов, отнесенные к одному участку сварного соединения. Показано количество общих и недопустимых по СНиП дефектов по семи основным БПС. Например, для со-

вокупности Г.І по показателю Д структура дефектности, рассчитанная по истории качества 1973-1975 гг., выглядит следующим образом:

$$\Phi Д БИС_{Г.І} = \frac{118}{0,24} = П \frac{0,60}{0,12} + Ш \frac{0,44}{0,08} + Н \frac{0,14}{0,04} ;$$

Важные результаты получены при анализе дефектности по шкале уровней. Переход от допустимых по норме дефектов к недопустимым (уровень 4) имеет резкую скачкообразность. Из гистограмм установлен определенный субъективизм операторов расшифровщиков. Уровни 6, 7, 8 отражают состояние технологических процессов при сварке БИС. По колебаниям этих уровней можно судить о стабильности и отлаженности техпроцессов.

Анализом статистической связи Ф-Д-П установлены доминирующие причины брака по каждой БИС и по отрасли в целом, что позволило разработать мероприятия по их устранению или снижению на 1976-1980 гг. Доминирующими причинами брака при дуговой сварке оказались: неудовлетворительное качество электродов, и подготовительно-сборочных работ, в ряде случаев низкая квалификация слесарей сборщиков, сварщиков и нарушение режимов сварки. Подтверждена статистическая зависимость дефектности, и в частности, ее структуры от действующих в момент сварки доминирующих причин.

Исследованы корреляционные связи для всех показателей между их парными значениями. Установлена высокая теснота связи между показателями: (D_0 и D_B), (ℓ_0 и ℓ_B), (D_B и B), рассчитаны параметры уравнения линейной регрессии,

$$Y = \alpha X + a$$

где: $Y - D_B, \ell_B, B; X - D_0, \ell_0.$

α и a - параметры уравнений регрессии.

Важным практическим выводом корреляционного анализа служит получение аналитической зависимости между показателями и возможность на этой основе использования одного показателя при регулировании технологических процессов с расчетом основных параметров дефектов.

Результаты, полученные в 3 и 4 главах положены в основу методики управления качеством в отрасли.

В пятой главе показано решение производственных задач статистического управления качеством сварочно-монтажных работ.

Впервые в отрасли разработана и внедрена в 1967-68 гг. новая прогрессивная форма организации контроля - "Централизованная система контроля" с отраслевым специализированным подразделением - Объединенной лабораторией по контролю сварочных и изоляционных работ.

Показано, что на основе централизации и концентрации в одном крупном контрольном объединении технических и кадровых ресурсов получен максимальный выигрыш в эффективности и производительности контроля.

Лаборатория выведена из подчинения монтажных организаций и представляет собой развитое дефектоскопическое производство с отделами и службами, соответствующими специфике работ. Новым в ее структурной разработке является оперативно-производственная служба (ОПС), организующая выполнение собственно дефектоскопических работ и служба предупредительного контроля (СПК), обеспечивающая выполнение статистического регулирования и управления качеством сварки в отрасли.

В диссертации показаны разработка и внедрение новой системы учета, обработки и анализа информации. Учет информации ведется по картам контроля, охватывающим подготовительный, технологический и приемочный комплексы сварочных работ. Предложены карты: ГОС - готовность объекта к сварке; ПСО - подготовительно-сборочные операции; ТОС - технологические операции; НМК - предупредительные и приемочные операции НК контроля и карта - САКС - статистический анализ и обработка информации предыдущих карт.

Установлена оптимальная последовательность анализа и обработки информации: ежедневно - работником предупредительного контроля (ПК) на объекте, еженедельно - руководителем группы ПК и центральной группой УК; ежемесячно - и в целом по годовому циклу контроля - группой управления качеством (УК).

Для всех БИС по методике автора и с использованием массивов информации о качестве ежегодно рассчитывают среднее значение показателя и границы регулирования с построением корректировочных уровней дефектности. Производят расчет статистических данных по цепочке "дефект-причина" с построением корректировочных уровней причин брака.

На основе полученных данных (гл. 2, 3, 4 и 5) разработана и внедрена система управления качеством сварки в отрасли (СУКСв).

Отличительной особенностью разработанной системы управления по сравнению с действующими системами как в строительстве, так и промышленности является наличие корректировочных уровней причин брака для технологических процессов и управляющей цепочки Ф-П-Д. Предложенная система опирается на строго количественную оценку качества, что делает ее высокoeffективной.

Для реализации СУКСв разработаны производственные методики, которые прошли проверку и утверждены ММСС БССР с 1975 г.

В шестой главе показаны основные результаты экспериментальной проверки разработок и внедрения системы управления качеством сварочных работ в отрасли и ее технико-экономическая эффективность. Показана эффективность и целесообразность создания централизованной системы контроля (ЦСК) с отраслевым контрольным подразделением, что позволило повысить: загрузку оборудования в 4-5 раз; производительность контроля (по годовому циклу) более чем в 50 раз; время выполнения контроля и выдачу результатов в 5 раз.

Объединенная лаборатория выполняет свыше 12 различных видов контрольных работ и операций для монтажного производства, в то время, как лаборатории при монтажных организациях (до 1967 г.) выполняли всего три вида работ.

Впервые в отрасли экспериментально опробована и внедрена система статистического управления качеством сварки, позволявшая снизить уровень брака с 26% в 1970 г. до 7,6% в 1975 г.

Разработаны специальные карты управления качеством сварочных работ на любом монтажном объекте для любой базовой партии стыков.

Создана система информации монтажных организаций о состоянии качества на объектах. Публикуются рекомендации по устранению брака.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. На основе анализа реальных производственных монтажных условий разработаны теоретические предпосылки применения математико-статистического аппарата для мелкосерийной и серийной сварочной продукции. Созданы модели группирования разнохарактерной монтажной продукции в базовые совокупности. Разработаны критерии и

алгоритмы формирования статистической однородной партии, согласно которым группирование следует осуществлять по элементам производства, а единицей группирования является сварной шов.

2. На основе указанных в п.1 теоретических предпосылок разработана и внедрена методика статистического регулирования качества сварки для монтажных условий.

3. Теоретический анализ и широкие многолетние производственные эксперименты позволили обосновать оригинальные показатели качества. Установлены оптимальные области их применения. Показано, что наибольшей информативностью и объективностью обладают критерии "Д" и "ℓ", устанавливающие количество и протяженность дефектов на участке контроля.

4. На основе показателей качества "Д" и "ℓ" внедрены формы учета качества и методика расчета границ для статистического регулирования технологических процессов.

5. Впервые в практике сварочно-монтажных работ установлена статистическая связь "фактор-причина-дефект" и на ее основе получена и экспериментально проверена эмпирическая формула дефектности. Экспериментами установлено, что применение этой связи позволяет с вероятностью 0,60-0,80 определять причину появления дефектов.

6. Показано, что монтажное производство характеризуется сложными условиями, большим числом различных объектов (до 4,5 тыс. в год) их удаленностью и малым циклом сварочных работ. Это затрудняет применение современных методов контроля и создает дополнительные трудности в повышении качества соединений.

7. Установлено, что существующие формы организации контроля на монтаже не отвечают современным требованиям строительной индустрии, не обеспечивают оперативности и эффективности контроля.

В результате проведенных исследований разработана и внедрена новая форма организации — "Централизованная система контроля", основанная на принципах специализации и концентрации. Это позволило повысить производительность контроля в 35-50 раз, оперативность контроля в 5-10 раз, загрузку оборудования в 4-6 раз.

Централизованная система контроля служит необходимым условием внедрения статистического управления качеством.

8. Производственными исследованиями установлено, что применяемые средства контроля не отвечают по уровню чувствительности

требованиями ГОСТ и СНиП. С целью устранения отмеченных несовершенств разработаны устройства, приспособления и рекомендованы новые источники излучения, обеспечившие повышение чувствительности в 2 раза, а производительности в 5 раз.

9. На основе полученных теоретических предпосылок и опытно-производственных исследований впервые в практике сварочно-монтажных работ внедрена научно-обоснованная система статистического управления качеством сварки. Внедрение системы позволило снизить уровень брака по отрасли с 26% в 1970 году до 7,6% в 1975 году.

10. В результате внедрения системы статистического управления качеством на строительных объектах Минмонтажспецстроя БССР получен реальный экономический эффект в размере 129,5 тыс.рублей в год. Ожидаемый экономический эффект составляет 466 тыс.рублей в год.

Разработанная система может использоваться во всех отраслях и производствах с мелкосерийной сварочной продукцией.

Материалы по диссертации опубликованы в следующих работах:

1. ДЕНИСОВ Л.С. Гамма-дефектоскопия сварных швов. "Промышленность Белоруссии", № 2, 1962 г.
2. ДЕНИСОВ Л.С., КОВЛОВ В.С. Контроль качества сварки при строительстве городских газопроводов в Белорусской ССР. "Строительству трубопроводов", № 1, 1963 г.
3. ДЕНИСОВ Л.С., КОВЛОВ В.С. Магнитографический метод контроля сварных соединений. "Сварочное производство", № 7, 1965 г.
4. ДЕНИСОВ Л.С. Авторское свидетельство № 288388. Магнитный способ контроля сварного шва. "Бюллетень изобретения", № 36, 1970 г.
5. ДЕНИСОВ Л.С. Прогрессивная организация контроля сварочных работ. "Монтажные и специальные строительные работы", № 12, 1970 г.
6. ВОЛЧЕНКО В.Н., МАСЛОВ Б.Г., ДЕНИСОВ Л.С. Статистическое регулирование технологии сварки на основе анализа брака и дефектности сварных соединений. Материалы Всесоюзного совещания "Перспективы развития контроля сварочных работ в строительно-монтажных организациях", тезисы докладов МНОС СССР, 1971 г.

7. ГУРВИЧ А.К., ГРУШЕВ В.Г., ДЕНИСОВ Л.С. Влияние субъективных факторов оператора на достоверность результатов просвечивания стыковых сварных соединений "Сборник "Объем, достоверность и экономичность контроля качества сварки", Ленинград, 1972 г.
8. ДЕНИСОВ Л.С. Исследование формирования дефектности при монтажной сварке технологических трубопроводов. "Методы и средства контроля и их применение в промышленности", изд. "Наука и техника", Минск, 1973 г.
9. ДЕНИСОВ Л.С., ВОЛЧЕНКО В.Н. Предупредительный контроль качества сварочных работ. Монтажные и специальные работы в строительстве, № 10, 1970 г.
10. ДЕНИСОВ Л.С., МАСЛОВ Б.Г. Разработка и внедрение системы предупредительно-статистического контроля сварочных работ в монтажных условиях. Сборник материалов "Комплексная дефектоскопия сварных и паяных соединений". Москва, 1975 г.
- 