

М232 608

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

КАСАТКИН Владимир Васильевич

РАЗРАБОТКА ПЛАНОВ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ
ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРМАТУРНЫХ
СТАЛЕЙ

(05.04.05 — Технология и машины сварочного
производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



1232608

Касаткин В.В. Разработка

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель —
доктор технических наук, и. о. проф. Волченко В. Н.

Официальные оппоненты:
д. т. н., проф. Носенко Н. Е.,
к. т. н., доц. Тескин О. И.

Ведущее предприятие: НИИЖБ Госстроя СССР.

Автореферат разослан « » 1974 г.

Защита диссертации состоится « » 1974 г.
на заседании Совета
Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени высшего технического училища им. Н. Э. Баумана
по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2-х
просьба высылать по ук

С диссертацией мож
лища.

Ученый секретарь С

1232608

ВВЕДЕНИЕ

Методы испытаний, правила приемки и технические требования к сварной арматуре установлены в ГОСТ 10922-64. В результате десятилетней практики применения этого стандарта были обнаружены отдельные его недостатки. В частности, объем выборки контрольных образцов не связан с состоянием технологического процесса сварки, в ряде случаев требования к качеству сварных соединений превышают аналогичные требования к качеству основного металла.

В настоящее время при контроле качества промышленной продукции находят все более широкое применение вероятностно-статистические методы.

Большую роль в развитии теории и принципов практического применения этих методов сыграли работы советских авторов (Б.В.Гниденко, И.В.Дунин-Барковский, Я.Б.Шор, Ю.К.Белая, А.М.Бендерский и др.) и зарубежных (Д.Коуден, Б.Хенсен, Э.Шидловский, А.Вальд и др.).

Повышению экономической эффективности производства способствует стандартизация планов контроля, построенных с использованием вероятностно-статистических методов. Например, ГОСТы 15893-70, 15894-70, 16493-70 в СССР, TGL- 14452 в ГДР, *Mie-Std* 414 в США и др. Однако применение существующих стандартов при контроле качества сварки не позволяет обеспечить максимум такой эффективности, т.к. из имеющихся в них планов нельзя подобрать план, который бы максимально отвечал особенностям производства и эксплуатации сварных соединений.

В сварочном производстве общие задачи статистического управления качеством сварки отражены в работе В.Н.Волченко (МВТУ). Отдельным вопросам анализа и контроля качества сварки посвящены работы таких авторов, как Б.Г.Маслов, Л.Г.Пятирублевый, И.Е.Евгеньев, И.Г.Хаит, Н.В.Подола, В.С.Борисенко.

Специфика сварочного производства, условия эксплуатации железобетонных конструкций обусловили необходимость детального статистического анализа качества сварной арматуры, необходимость разработки выборочного, экономически оптимального плана контроля прочности сварных соединений.

Глава 1. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

Несущая способность железобетонных конструкций опреде-

ляется уровнями прочностных свойств бетона и металлических элементов армирования. При напряжениях в арматуре, равных пределу текучести, в конструкции появляются необратимые деформации и вследствие этого - трещины в бетоне. Дальнейшая эксплуатация таких конструкций недопустима. В результате пластических деформаций металла в зоне трещины возможно перераспределение напряжений в стержнях арматуры, которое может служить причиной возникновения напряжений, соизмеримых с пределом прочности арматурной стали. Это может привести к разрушению строительной конструкции.

С целью недопущения растрескивания бетона значения расчетных сопротивлений, установленные в строительных Нормах и Правилах, составляют 80-90% от предела текучести основного металла. Требования к пределу прочности носят общетехнический характер и обеспечиваются контрольными нормативами стандартов, определяющими правила приемки арматурных сталей.

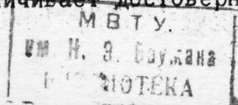
Физико-химическая неоднородность основного металла, колебания в допустимых пределах параметров режима сварки обуславливают случайный характер величины предела прочности сварных соединений. Средний уровень прочности соединений, выполненных на оптимальных режимах сварки, на 5-10% ниже среднего уровня предела прочности основного металла. Стабильность этих соединений на 20-200% хуже стабильности предела прочности металла.

Отклонение параметров режима сварки от оптимальных значений приводит к резкому снижению среднего уровня и еще большей нестабильности прочности сварных соединений. В этом случае увеличивается вероятность появления сварных соединений, имеющих прочность меньшую, чем величина расчетного сопротивления.

Таким образом условия эксплуатации железобетонных конструкций выдвигают к прочности сварных соединений общетехнические требования, обеспечение которых в значительной степени зависит от оптимальности параметров режима сварки.

Для построения плана контроля был необходим анализ фактической прочности сварных соединений. С этой целью с 17 заводов стройиндустрии были собраны и обработаны в МВТУ и в НИИЖБ около 20 тыс. результатов разрушающих испытаний сварных соединений.

Разрушающие испытания, в отличие от неразрушающих - дефектоскопии, дают непосредственно числовые характеристики предела прочности, что существенно увеличивает достоверность



контроля и способствует уменьшению его объема. Кроме того некоторые типы сварных соединений не могут быть проконтролированы неразрушающими испытаниями, например, соединения, выполненные контактной сваркой и имеющие дефекты типа "слипание". Поэтому в строительной отрасли средства, методы и организация контроля прочности нацелены на использование разрушающих испытаний выборочных образцов сварных соединений.

С помощью нормальной вероятностной бумаги, а в некоторых случаях с помощью критерия согласия χ^2 при уровне значимости $p = 0,05$, было подтверждено нормальное распределение предела прочности сварных соединений. Были вычислены математическое ожидание $\bar{X}$ и среднее квадратическое отклонение S прочности соединений, выполненных из различных классов стали различными способами сварки и разными сварщиками (см. табл. 1).

Анализ этих обобщенных статистических параметров $\bar{X}$, S показывает, что средний уровень и стабильность прочности сварных соединений, выполненных из одного класса стали различными способами сварки, не одинаковы. Разница среднего уровня прочности по способам сварки составляет не более 10%. Например, для стали класса А-III средние уровни прочности сварных соединений, выполненных контактной стыковой сваркой и ванной сваркой в инвентарных формах, различаются на 9,6%. Разница по способам сварки дисперсии S^2 прочности сварных соединений, выполненных из одного класса стали, достигает до 100%. В рассмотренном примере она составила 70%, т.е. стабильность прочности сварных соединений, выполненных контактной стыковой сваркой, много лучше, чем стабильность прочности соединений, выполненных сваркой в инвентарных формах.

Средний уровень прочности соединений, выполненных одним сварщиком, колеблется в более широком интервале (для стали класса А-III от 55 кгс/мм^2 до 75 кгс/мм^2). Это объясняется тем, что средний уровень прочности соединений в значительной степени определяется средним уровнем прочности основного металла. Так в работах Н.М.Мулина, С.А.Мадатяна, А.И.Жукова показано, что разница между внутриплавочными средними уровнями прочности достигает $15-20 \text{ кгс/мм}^2$ для одного класса стали.

Стабильность прочности соединений, выполненных одним сварщиком на одном рабочем месте, изменяется, наоборот, в более узком интервале (от $1,5$ до 5 кгс/мм^2 для всех способов сварки и классов стали). Статистический анализ с помощью критерия Кохрана (при $n = \text{const}$, уровне значимости $p = 0,05$)

Статистические параметры прочности сварных соединений. Таблица 1.
По данным 17 заводов.

Вид соединения диаметр стержня	Способ сварки	Класс стали по ГОСТ 5781-61	Средний уровень прочности $\bar{X}$ кгс/мм		Стабильность прочности S кгс/мм			Кол-во образцов	Кол-во групп	Кол-во заводов
			наим.	средне взвеш.	наиб.	наим.	средне взвеш.	шт.	шт.	шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Стыковое стержней арматуры 12-40мм.	Контактная	A-I	44	44	44	1,8	1,8	54	1	1
		A-II	52,6	56	58,3	1,8	3,1	465	14	5
		A-III	63,9	68	71,5	2	4	539	18	3
		A-IV	95	96	97,2	3,3	4,5	113	3	1
Тавровое элементов закладных деталей 8-40мм.	Ванная в инвентарных формах	A-II	49,5	52	55	4,7	6,7	9	83	2
		A-III	48,8	62	65	0,9	7	1078	32	3
		A-I	38,5	39	44,6	2,8	4,2	5	2853	3
Тавровое элементов закладных деталей 8-40мм.	Автоматич. дуговая под флюсом	A-II	48	55	61,4	3,1	4,5	8,8	4043	6
		A-III	60	64	69,2	1,6	4,6	9,3	5076	6
		A-I	40	40	40	3	3	3	56	1
Нахлесточное 8-25мм.	Ручная дуговая швами	A-II	50	52	54,4	2	4,5	6	552	2
		A-III	57,4	63	75	2,2	4,7	7,2	549	5
		A-I	39	40	43,9	1,3	2,6	3,1	1779	4
Нахлесточное 8-25мм.	Контактная точечная, рельефная	A-II	52,9	53	55,3	1,5	2,6	4,3	386	3
		A-III	63,8	65	66,6	1,4	3,6	5,5	1073	2

показал, что стабильность прочности соединений сохраняется постоянной от смены к смене у каждого сварщика. Чем выше квалификация сварщика, чем точнее настроен технологический процесс сварки, тем выше стабильность прочности сварных соединений. Например, соединения, выполненные сварщиком на контактной стыковой машине МСМУ-150, имеют постоянную во времени стабильность прочности $S = 1,5 \text{ кгс/мм}^2$, а соединения, выполненные тем же способом сварки, имеют $S = 2,5 \text{ кгс/мм}^2$.

Обобщенные статистические параметры $\bar{X}$ и S легли в основу расчета контрольных нормативов, а результаты анализа среднего уровня и стабильности прочности соединений, выполненных одним сварщиком, были использованы при построении плана контроля и правил корректирования объема выборки.

Глава II. РАЗРАБОТКА ПЛАНА ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

Постоянство во времени стабильности и изменяемость среднего уровня прочности сварных соединений послужили основанием для построения плана контроля по количественному признаку с известной дисперсией. Объем выборки n и приемочное число C для такого плана контроля вычисляются по следующим известным зависимостям:

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta})^2 S^2}{(\bar{X}_0 - \bar{X}_m)^2} \quad (1)$$

$$C = \bar{X}_m + \frac{S}{\sqrt{n}} Z_{1-\beta} \quad (2)$$

где: $\bar{X}_0$, $\bar{X}_m$ - приемочный и браковочный средние уровни прочности сварных соединений в контролируемой партии,

$Z_{1-\alpha}$, $Z_{1-\beta}$ - квантили нормального распределения,
 α , β - риски поставщика и потребителя, обозначающие вероятность забракования (α) партии с приемочной средней прочностью ($\bar{X}_0$) и вероятность принятия (β) партии с браковочной средней прочностью ($\bar{X}_m$).

Указанные зависимости представляют собой отражение трех основных положений плана контроля. Во-первых, в них учитывается существующий уровень стабильности прочности S , а также изменчивость среднего значения прочности. Во-вторых, в них заложены требования к прочности - установлены два граничных средних уровня $\bar{X}_0$ и $\bar{X}_m$. В-третьих, они определяют стоимость контроля, обусловленную как стоимостью испытаний

выборочных образцов, так и стоимостью, связанной с принятием ошибочных решений.

Так как различие между обобщенными средними уровнями прочности сварных соединений $\bar{X}$, выполненных разными способами сварки, незначительно (см. табл. 1), значения величин $\bar{X}_0$ и $\bar{X}_m$ были установлены едиными для всех способов сварки. Они выбраны так, что 70% выпускаемой продукции имеют средний уровень прочности, превышающий величину $\bar{X}_0$, а 3% продукции имеют среднюю прочность меньшую, чем $\bar{X}_m$. Значения $\bar{X}_0$ и $\bar{X}_m$ значительно превосходят значения расчетного сопротивления для арматуры R_a , что гарантирует высокие эксплуатационные свойства сварных соединений.

Относительно величин $\bar{X}_0$ и $\bar{X}_m$ были вычислены приемочный q_0 и браковочный q_m уровни качества:

$$q_0 = \text{Вер}(x \leq x_n | \bar{X}_0) = F_0\left(\frac{x_n - \bar{X}_0}{S}\right) \quad (3)$$

$$q_m = \text{Вер}(x \leq x_n | \bar{X}_m) = F_0\left(\frac{x_n - \bar{X}_m}{S}\right), \quad (4)$$

где: x_n - контрольный норматив, определенный по методике Волченко В.Н. из условия равновероятной прочности основного металла и сварного соединения.

В табл. 2 приведены значения величин $\bar{X}_0$, $\bar{X}_m$, q_0 , q_m , x_n для трех классов арматурной стали.

Таблица 2.

Класс арматурн. стали	$\bar{X}_0 \quad \bar{X}_m \quad x_n \quad C$ кгс/мм ²				$\frac{q_0 \%}{q_m \%}$				
					$S=2$	2,5	3	3,5	4
A-1	38	32	26	35	0	$8 \cdot 10^{-5}$	0,003	0,04	0,15
A-II	53	47	41	50	0,15	0,8	2,3	4,5	6,7
A-III	63	57	51	60					

При вычислении параметров контроля n , C , q_0 , q_m значения среднего квадратического отклонения S были приняты для классов A-1 - A-III равными: 2; 2,5; 3; 3,5; 4 кгс/мм². Планом контроля предусмотрена оценка стабильности прочности сварных соединений, основанная на размахе прочности контрольных образцов в выборке.

$$W = x_{\max} - x_{\min}, \quad (5)$$

где: $x_{\max}$, $x_{\min}$ - наибольшее и наименьшее значения прочности образцов в выборке.

Поскольку размах w является величиной случайной, для каждого значения β были вычислены границы w_n, w_s 80%-ного доверительного интервала для размаха (см. табл. 3).

Ввиду неизбежных при выборочном контроле ошибочных решений вероятности β и α были определены на основе минимизации экономических потерь, обусловленных принятием партии с браковочным средним уровнем прочности $\bar{X}_m$ и забракованием партии с приемочным средним уровнем прочности сварных соединений $\bar{X}_0$. Выбор рисков β и α заключается в обоснованном разбиении множества Δ средних арифметических значений прочности $\bar{x}$ в выборке на две области Δ_0 ($\bar{x} \geq C$) и Δ_m ($\bar{x} < C$), такие, что при попадании $\bar{x}$ в область Δ_0 контролируемая партия принимается, а при попадании $\bar{x}$ в Δ_m — бракуется.

Рассматривается двухступенчатый план контроля. Приемочное число C принимается одинаковым для обеих ступеней контроля, тогда:

$$\alpha = \alpha_1^2; \quad \beta = \beta_1(2 - \beta_1), \quad (6)$$

$$\text{где: } \alpha_1 = \frac{\sqrt{n}}{S\sqrt{2\pi}} \int_{\Delta_m} e^{-\frac{(\bar{x} - \bar{x}_0)n}{2S^2}} d\bar{x} = \int_{\Delta_m} f_0(\bar{x}) d\bar{x} \quad - \text{риск}$$

поставщика одной ступени контроля;

$$\beta_1 = \frac{\sqrt{n}}{S\sqrt{2\pi}} \int_{\Delta_0} e^{-\frac{(\bar{x} - \bar{x}_m)n}{2S^2}} d\bar{x} = \int_{\Delta_0} f_m(\bar{x}) d\bar{x} \quad - \text{риск}$$

потребителя одной ступени контроля.

Средняя функция риска представлена в следующем виде:

$$Z = P_0 P_\alpha \alpha_1^2 + P_m P_\beta \beta_1(2 - \beta_1), \quad (7)$$

где: P_0, P_m — экономические затраты, связанные с ошибочными решениями.

P_0, P_m — априорные вероятности появления партий со средним уровнем прочности $\bar{X}_0$ и $\bar{X}_m$.

Подставив выражения для α_1 и β_1 в (7), путем минимизации средней функции риска было получено отношение правдоподобия:

$$\frac{f_1(\bar{x})}{f_0(\bar{x})} \cdot \frac{1 - \beta_1}{\alpha_1} = \frac{P_0 P_\alpha}{P_m P_\beta} = K \quad (8)$$

Для различных комбинаций α_1 и β_1 на ЭВМ были вычислены значения величины K , построено поле экономически оптимальных планов (рис. 1). При определении абсолютного значения риска потребителя β_1 рекомендуется использовать условие:

$$q_m \cdot \beta_1 \cdot N = \text{const} \leq 1, \quad (9)$$

где: N — объем контролируемой партии

В общем случае для нахождения параметров плана контроля может быть сформулирован следующий алгоритм.

1. Из анализа качества сварных соединений определяются значения $\bar{X}_0$, $\bar{X}_m$, β , P_0 , P_m , а также устанавливаются стоимости ошибочных решений Π_0 и Π_m .
2. По правой части уравнения (8) вычисляется параметр K .
3. Исходя из условия (9), определяется риск потребителя β_1 .
4. На поле экономически оптимальных планов находится прямая линия $K = \text{const}$. На ней выбирается точка, соответствующая полученному значению β_1 , тем самым устанавливается значение величины α_1 .
5. Используя формулы (1) и (2), вычисляются необходимые объем выборки " n " и приемочное число C .

В результате анализа величин Π_0 , Π_m , P_0 , P_m были вычислены значения $K=30$; $\alpha_1 = \beta_1 = 0,032$; $\alpha = 0,001$; $\beta = 0,063$, значения приемочных чисел (табл.2), значения объемов контрольных выборок " n " (табл.3).

Таблица 3.

β кгс/мм ²	2	2,5	3	3,5	4
n шт.	2	3	4	5	6
w_H	0	2	3	5	6
w_B	4	7	9	12	>12

Объем выборки " n " в разработанном плане контроля связан со стабильностью β прочности сварных соединений. Чем больше величина β , тем больше объем контроля. Для $\beta \leq 2$ кгс/мм² объем выборки $n = 2$ образцам, для $\beta = 4$ кгс/мм² - $n = 6$ образцам. Дифференциация объема выборки позволяет косвенно квалифицировать работу сварщика, стимулировать его к повышению качества выпускаемой продукции.

Сравнение построенного плана контроля по количественному признаку с соответствующими планами стандарта США *Mil-Std 414*, а также с проектом аналогичного стандарта СССР показало принципиальную идентичность методик их построения. Однако эти документы не содержат набора контрольных нормативов q_0 , q_m , α , β , n , C , отвечающих минимуму экономических затрат, обусловленных особенностями сварочного производства и требованиями эксплуатации железобетонных конструкций.

Глава III. ВНЕДРЕНИЕ ВЫБОРОЧНОГО ПЛАНА КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.

В условиях организации системы контроля на заводах ЖБИ, а также с учетом стоимости контроля наиболее оптимальным признан двухступенчатый план. Повторный контроль предусмотрен в случае, если выборочное среднее прочности контрольных образцов первой ступени окажется меньше приемочного числа ($\bar{x} < C$). Объем выборки второй ступени принят постоянным во всех случаях и равным 6 образцам.

Ожидаемый суммарный объем двух выборок при двухступенчатом контроле был вычислен по следующей зависимости:

$$n_2(s) = n(s) + 6 \sum_{\bar{x}} P(\bar{x}) \cdot [1 - L_1(\bar{x})], \quad (10)$$

где: $n(s)$ – объем выборки первой ступени контроля (в зависимости от s приведен в табл.3),
 $L_1(\bar{x})$ – оперативная характеристика первой ступени контроля (вероятность приемки партии со средним уровнем прочности $\bar{x}$),
 $P(\bar{x})$ – априорная вероятность появления партии со средним уровнем прочности $\bar{x}$.

В результате вычислений удалось установить, что в дополнение к объему выборки первой ступени повторный контроль увеличивает объем выборки в среднем на 0,87 образца. Например, сварочное производство, выполняющее соединения со стабильностью $S = 2 \text{ кгс/мм}^2$, будет затрачивать в среднем 2,87 образца, а в случае $S = 4 \text{ кгс/мм}^2$ – 6,87 образца.

Представляет интерес оценка среднего объема контроля прочности сварных соединений, осуществляемого в соответствии с положениями разработанного плана. С этой целью был вычислен объем выборки, усредненный по среднему квадратическому отклонению S .

$$\bar{n} = \sum_s n_2(s) P(s) = \sum_s n(s) P(s) + 6 \sum_{\bar{x}} P(\bar{x}) [1 - L_1(\bar{x})], \quad (11)$$

где: $P(s)$ – распределение величины S , полученное из анализа статистических данных.

Средний объем контроля по отрасли при двухступенчатом плане составил $\bar{n} = 3,6$ образца.

Эффективность разработанного плана контроля была выявлена путем сравнения его с планом контроля, установленным действующим стандартом 10922-64. Этот стандарт предусматри-

вает двухступенчатый план контроля по качественному признаку.

Сравнение оперативных характеристик показало, что риск поставщика в разработанном плане контроля уменьшился в 10 раз (с 0,01 до 0,001), риск потребителя несколько увеличился (с 0,035 до 0,063). Увеличилась вероятность приемки (с 0,544 до 0,75) партий сварных соединений, имеющих прочность, сопоставимую с контрольным нормативом временного сопротивления для основного металла.

В соответствии с формулой (11) был вычислен средний объем выборки $\bar{n} = 3,9$ образцам, необходимый при двухступенчатом контроле по ГОСТ 10922-64. Это на 8% больше, чем объем контроля, предусмотренный разработанным планом.

В соответствии с планом Госстроя СССР тремя организациями: НИИЖБ, МВТУ, ЦНИИСК подготовлен проект новой редакции ГОСТ 10922. В основу раздела стандарта "Правила приемки" положен план контроля, разработанный в настоящей работе. На рис.2 приведена схема этого плана. Необходимость введения дополнительного приемочного числа $C_1 = x_n$ (см. табл.2) продиктована стремлением не пропустить сварные соединения, имеющие прочность, меньшую, чем нижняя граница 3 σ доверительного интервала. С одной стороны такие соединения являются результатом нарушения оптимальности технологии сварки, результатом нарушения нормальности распределения прочности, с другой стороны они увеличивают опасность разрушения конструкции при эксплуатации.

Глава IV. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА ВЫБОРОЧНОГО ПЛАНА КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

В соответствии с "Рабочей программой", утвержденной Госстроем СССР, был проведен одновременный контроль прочности сварных соединений по требованиям трех планов: проекта стандарта, действующего ГОСТ 10922-64, а также специального плана контроля. В течение двух месяцев 1973 г. на двух заводах железобетонных изделий Главпромстройматериалы №18 и №24 в г. Москве было проконтролировано свыше 200 партий готовой продукции. В течение 1973 г. опробование проекта стандарта осуществлялось на Череповецком металлургическом заводе. В настоящее время проект стандарта в опытном порядке проверяется на заводе №24, на Череповецком металлургическом заводе, а также в строительных организациях треста

"Оргтехстрой" Министерства строительства Латвийской ССР.

Тройной контроль качества готовой продукции был обусловлен необходимостью проверки достоверности и экономической эффективности плана контроля проекта стандарта. На основе сравнения результатов контроля 6-ти образцов с результатами испытаний $n(S)$ образцов проверялась достоверность контроля, а путем сравнения объемов испытанных образцов, необходимых при приемке продукции по требованиям проекта и действующего стандарта, оценивалась экономическая эффективность проверяемого плана.

Проверка показала, что решения о годности (бракованности), принимаемые по данным испытаний $n(S) \leq 6$ и 6-ти образцов первой ступени, совпали в 98% от общего количества проконтролированных партий. С учетом повторных испытаний результаты контроля совпали полностью. Следовательно, план контроля в проекте стандарта обеспечивает уверенную приемку годных партий и гарантирует забракование некондиционных изделий.

Проверка правил корректирования объема выборки $n(S)$ была основана на предположении, что среднее квадратическое отклонение предела прочности 6-ти образцов более точно отражает стабильность прочности S , чем размах прочности w_n в выборке объемом $n(S) \leq 6$. Если одна из величин w_n или S выходила за пределы 80%-ного доверительного интервала, а другая нет, то делался вывод о рассогласованности этой пары оценок. В этом случае изменение (или, наоборот, не изменение) объема выборки признавалось "ложным" корректированием.

Производственное опробование показало сходимость корректирования объема выборки по w_n и S , превышающую 90%. Результаты проверки позволили определить фактическое уменьшение объема контроля. Объем выборки при контроле сварных соединений, выполненных автоматизированными способами сварки (контактная, стыковая, автоматическая под слоем флюса), уменьшился на 10-20% в сравнении с объемом выборки, необходимым при контроле по ГОСТ 10922-64. Объем контроля соединений, выполненных неавтоматизированными способами сварки (ручная дуговая под слоем флюса, ручная дуговая швами), наоборот, несколько увеличился (~ 5%). Следовательно, проект

стандарта переносит тяжесть контроля на партии, имеющие низкую стабильность прочности соединений.

В целом за счет сокращения объема контроля сварных соединений экономия металла составит, примерно, 20 тыс. тонн арматурной стали. Это даст экономический эффект в 3200 тыс. рублей в год по строительной отрасли.

ВЫВОДЫ

1. Анализ статистических данных о фактической прочности сварных соединений показал, что средний уровень прочности в партии готовой продукции изменяется от смены к смене, а стабильность (дисперсия) прочности зависит от состояния технологического процесса, квалификации сварщика и сохраняется постоянной в течение длительного времени. Это позволило использовать известный метод построения плана контроля по количественному признаку с учетом неизменяемости величины дисперсии.
2. В теоретической части диссертации разработана методика построения двухступенчатых планов контроля с корректируемым объемом выборки. Впервые применительно к сварочному производству была построена и минимизирована средняя функция риска. Предложен удобный для практического применения способ корректирования объема контроля посредством введения связи между объемом выборки и размахом прочности контрольных образцов. В методике предусмотрен критерий, позволяющий связать расчет объема контроля с объемом партии контролируемой продукции.

Разработанная методика позволила построить экономически оптимальный двухступенчатый план контроля прочности сварных соединений. В нем минимизированы экономические потери, связанные с ошибочными решениями при выборочном контроле, учтены свойства объекта контроля, особенности его производства и эксплуатации.

Все это в значительной степени отличает построенный план от планов, содержащихся в существующих статистических стандартах, в том числе от стандарта США *Mil-Std 414* и от проекта аналогичного отечественного стандарта на приемочный контроль по количественному признаку.

3. Построенный план обеспечивает высокую точность контроля

(свыше 93%) при малом объеме выборки (от 2 до 6 образцов), способствует уменьшению на 20% перебраковки соединений, прочность которых соизмерима с прочностью основного металла. Единство решающих правил при контроле сварных соединений различных типов делает этот план универсальным. С другой стороны заложенная в нем связь между стабильностью прочности и объемом выборки позволяет считать его индивидуальным для конкретных условий сварочного производства.

4. План контроля прочности сварных соединений положен в основу новой редакции раздела "Правила приемки" ГОСТа 10922. По плану Госстроя СССР стандарт должен быть утвержден в 1975 году. Расчеты показали, что внедрение его в строительной индустрии даст экономический эффект, примерно, в 3,2 млн. руб.

Наличие в проекте стандарта связи между стабильностью прочности сварных соединений и объемом контроля способствует развитию системы экономического стимулирования предприятий к повышению качества выпускаемой продукции.

5. Результаты производственного опробования проекта стандарта на ряде предприятий стройиндустрии в г.г. Москве, Череповце, Риге подтвердили высокую точность и эффективность предлагаемого плана контроля. Проверка показала обоснованность основных положений правил приемки и правил корректирования объема выборки, подтвердила сокращение в среднем на 10% объема контроля в сравнении с объемом, необходимым при контроле по ГОСТ 10922-64. Такое сокращение объема контроля соответствует экономии по отрасли 20 тыс. тонн арматурной стали в год.

Материалы по диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Касаткин В.В. Расчет объемов выборочных испытаний сварных соединений арматурных стержней. Сборник "Объем, достоверность и экономичность контроля качества сварки" ЛДНТП, 1972г.
2. Волченко В.Н., Евгеньев И.Е., Касаткин В.В. Статистические оценки прочности сварных соединений железобетонных конструкций. "Бетон и железобетон" №10, 1973г.

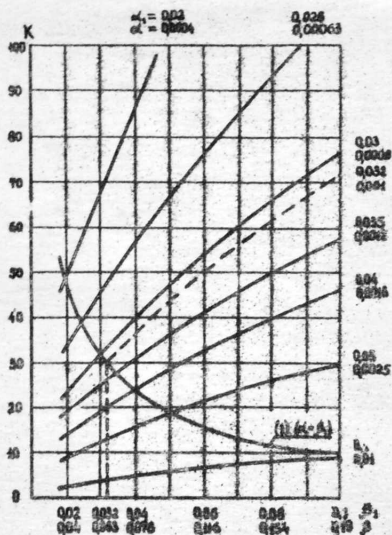


Рис.1. Поле экономически оптимальных планов контроля.

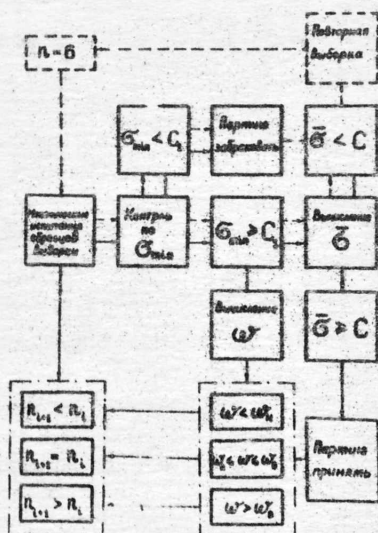


Рис.2. Схема плана контроля прочности сварных соединений арматурных стальных.