



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР**

---

# **СВАРКА МЕТАЛЛОВ ПЛАВЛЕНИЕМ**

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

**ГОСТ 25997—83**

**Издание официальное**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
Москва**

**СВАРКА МЕТАЛЛОВ ПЛАВЛЕНИЕМ****Статистическая оценка качества по результатам  
неразрушающего контроля**Fusion welding of metals. Statistical quality  
evaluation by nondestructive testing results**ГОСТ  
25997—83**

ОКСТУ 0011

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12 декабря  
1983 г. № 5819 срок действия установлен****с 01.01.85****до 01.01.90****Несоблюдение стандарта преследуется по закону**

Настоящий стандарт устанавливает правила статистической оценки стабильности статистически управляемых технологических процессов сварки соединений из металлов и их сплавов для изделий массового или серийного производства по результатам неразрушающего контроля.

Термины, применяемые в стандарте, и их определения — по ГОСТ 15467—79, ГОСТ 15895—77, ГОСТ 16504—81 и ГОСТ 2601—74.

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Статистическую оценку стабильности технологического процесса сварки выполняют границами доверительного интервала  $n_p$  и  $q_v$  по результатам неразрушающего контроля выборки сварных соединений.

1.2. Для отбора единиц продукции в выборку применяют метод систематического отбора по ГОСТ 18321—73.

При необходимости допускается применять метод отбора с применением случайных чисел.

1.3. В качестве случайных чисел в выборке принимают:  
число дефектных единиц продукции  $n_d$ , распределенных в выборках по биномиальному закону или закону Пуассона;  
показатель качества технологического процесса  $q$ , значения которого в выборках распределены по закону Пуассона или нормальному закону.

**Издание официальное****Перепечатка воспрещена***Переиздание. Ноябрь 1987 г.*

© Издательство стандартов, 1988

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ**

1. Доверительную вероятность ( $\gamma$ ) выбирают с учетом уровня качества сварки ( $\theta$ ) по табл. 1.

Таблица 1

$\theta, \%$	До 90	Св. 90 до 95	Св. 95 до 98	Св. 98
$\gamma$	До 0,8	Св. 0,8 до 0,90	Св. 0,90 до 0,95	Св. 0,95

2. Выбор доверительной вероятности производят с учетом коэффициента стабильности, вычисляемого по формуле

$$K_c = 1 - \frac{n_d}{n_p}$$

Допускаемые значения доверительных вероятностей  $\gamma$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

$K_c$	От 1 до 0,7	Св. 0,3 до 0,7	От 0 до 0,3	Менее 0
$\gamma$	Св. 0,95	От 0,90 до 0,95	Св. 0,8 до 0,9	До 0,8

Примечание. Доверительную вероятность определяют для наименьшего значения  $K_c$  проконтролированных выборок.

**УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРАНИЦ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА**

1. Для дискретных случайных величин, имеющих вид целых и положительных значений (0, 1, 2, . . . ,  $n$ ) и распределенных по биномиальному закону, границы доверительного интервала определяют по уравнению

$$\text{Вер} (n_d \leq n_p) = \sum_{n_d=0}^{n_p} C_n^{n_d} q^{n_d} (1-q)^{n-n_d} \quad (1)$$

где  $q$  — параметр распределения. Для совокупности проконтролированных сварных соединений показатель качества принимают равным вероятности появления условной дефектной единицы;

$c_p^{na}$  — число сочетаний из  $n$  единиц по  $na$ .

1.1. Границы доверительного интервала определяют для установленных значений объемов выборок.

Верхнюю границу доверительного интервала для объемов выборки 5, 10, 15, 20, 30 проконтролированных условных единиц, доверительной вероятности  $\gamma$  (0,5—0,999) и показателя  $q$  (0,03—0,30) определяют по табл. 1.

Для объемов выборок более 30 верхнюю границу доверительного интервала определяют по уравнению (1).

Таблица 1

Верхняя граница доверительного интервала  $n_p$  для объемов выборки  $n$ , доверительной вероятности  $\gamma$  и показателей качества  $q$

Верхняя граница доверительного интервала $n_p$	Объем выборки $n$	$\gamma$ при $q$									
		0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.30
0	5	0,859	0,815	0,774	0,734	0,696	0,659	0,624	0,591	—	—
1		992	985	977	968	958	947	933	919	0,737	0,528
2		—	999	999	998	997	996	994	991	942	837
3		—	—	—	—	—	—	—	—	993	969
4		—	—	—	—	—	—	—	—	—	998
0	10	0,737	0,665	0,599	0,539	—	—	—	—	—	—
1		966	942	914	882	0,848	0,812	0,775	0,736	—	—
2		997	994	989	981	972	960	946	930	0,678	—
3		—	—	999	998	996	994	991	987	879	0,640
4		—	—	—	—	—	999	999	998	967	850
5		—	—	—	—	—	—	—	—	994	953
6		—	—	—	—	—	—	—	—	999	989
7		—	—	—	—	—	—	—	—	—	998
0	15	0,633	0,542	—	—	—	—	—	—	—	—
1		927	881	0,829	0,774	0,717	0,660	0,604	0,549	—	—
2		991	980	964	943	917	887	853	816	—	—
3		999	998	995	990	983	973	960	945	0,648	—
4		—	—	—	999	997	995	992	987	836	0,516
5		—	—	—	—	—	999	999	998	939	722
6		—	—	—	—	—	—	—	—	982	869
7		—	—	—	—	—	—	—	—	996	950
8		—	—	—	—	—	—	—	—	999	985
9		—	—	—	—	—	—	—	—	—	996
10		—	—	—	—	—	—	—	—	—	999
0	20	0,544	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1		880	0,810	0,736	0,661	0,587	0,517	—	—	—	—
2		979	956	925	835	839	788	0,733	0,677	—	—
3		997	993	984	971	953	929	901	867	—	—
4		—	999	997	994	989	982	971	957	0,630	—
5		—	—	—	999	998	996	993	989	804	—



Верхняя граница доверительного интервала $n_p$	Объем выборки $n$	$\gamma$ при $q$										
		0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.20	0.30	
6	20							0,999	0,999	0,998	0,913	0,608
7											968	772
8											990	887
9											997	952
10											999	983
11												995
12												999
0	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1		0,773	0,661	0,554	—	—	—	—	—	—	—	—
2		940	883	812	0,732	0,649	0,565	—	—	—	—	—
3		988	969	939	897	845	784	0,718	0,647	—	—	—
4		998	994	984	969	945	913	872	825	—	—	—
5				997	992	984	971	952	927	—	—	—
6				999	998	996	992	985	974	0,607	—	—
7						999	998	996	992	761	—	—
8								999	998	871	589	—
9										939	730	—
10										974	841	—
11										991	916	—
12										997	960	—
13										999	983	—
14											994	—
15											998	—
16											999	—
17											—	

Примечание. Знаком «—» обозначены доверительные вероятности меньше 0,5.

1.2. Для значений выборок  $n \geq 100$  допускается устанавливать границы доверительного интервала по формуле

$$\text{Вер} (n_d \leq n_p) = F_0 \left( \frac{n_p - nq}{\sqrt{nq(1-q)}} \right), \quad (2)$$

где  $F_0(\bar{x})$  — функция, определяемая по табл. 2 для доверительной вероятности  $\gamma$  (0,5—0,999);

$$x = \frac{n_p - nq}{\sqrt{nq(1-q)}} \text{ --- по табл. 2.}$$

Таблица 2

Значения функции  $F_0(x)$ 

$x$	$F_0(x)$	$x$	$F_0(x)$	$x$	$F_0(x)$
0,0	0,5	1,0	0,841	2,0	0,977
0,1	0,540	1,1	0,864	2,1	0,982
0,2	0,58	1,2	0,885	2,2	0,986
0,3	0,618	1,3	0,903	2,3	0,989
0,4	0,655	1,4	0,919	2,4	0,991
0,5	0,692	1,5	0,933	2,5	0,994
0,6	0,726	1,6	0,945	2,6	0,995
0,7	0,758	1,7	0,955	2,7	0,997
0,8	0,788	1,8	0,964	2,8	0,997
0,9	0,816	1,9	0,971	2,9	0,998
				3,0	0,999

2. Для значений выборок  $n \geq 0,1$  объема партии и показателя  $q \leq 0,1$  рекомендуется определять границы доверительного интервала на основании закона Пуассона по уравнению

$$\text{Вер} (n_d \leq n_p) = P(0) + P(1) + \dots + P(n_p) = \sum_{n_d=0}^{n_p} \frac{a^{n_d}}{n_d!} e^{-a}, \quad (3)$$

где  $a$  — параметр распределения, равный математическому ожидаемому числу условных дефектных единиц в выборке. В практических расчетах допускается определять  $a$  по формуле  $a = q_n \cdot n$ ;

$P(0), P(1), \dots, P(n_p)$  — вероятности появления событий ни одной дефектной единицы, одной и т. д.

Границу доверительного интервала вычисляют по формуле

$$n_p = k_\gamma \cdot a, \quad (4)$$

где  $k_\gamma$  — коэффициент, учитывающий доверительную вероятность оцениваемого показателя, определяют по табл. 3.

Таблица 3

Значения  $k_\gamma$  для математического ожидания числа дефектных единиц  $a$  и доверительной вероятности  $\gamma$ 

$a$	$k_\gamma$	$a$	$k_\gamma$	$a$	$k_\gamma$	$a$	$k_\gamma$	$a$	$k_\gamma$	$a$	$k_\gamma$
Доверительные вероятности $\gamma$						Доверительные вероятности $\gamma$					
0,80		0,90		0,95		0,80		0,90		0,95	
0,82	1,3	0,50	2,0	0,36	2,8	4,7	1,3	3,9	1,5	3,3	1,8
1,5	1,3	1,1	1,8	0,82	2,4	5,6	1,3	4,7	1,5	4,0	1,8
2,3	1,3	1,7	1,8	1,4	2,1	6,5	1,2	5,4	1,5	4,7	1,7
3,1	1,3	2,4	1,7	2,0	2,0	7,3	1,2	6,2	1,5	5,4	1,7
3,9	1,3	3,2	1,6	2,6	1,9	8,2	1,2	7,0	1,4	6,2	1,6

<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>	<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>	<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>	<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>	<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>	<i>a</i>	<i>k<sub>γ</sub></i>
Доверительные вероятности <i>γ</i>						Доверительные вероятности <i>γ</i>					
0.80		0.90		0.95		0.80		0.90		0.95	
9,0	1,2	7,8	1,4	6,9	1,6	19	1,2	17	1,3	16	1,4
9,9	1,2	8,6	1,4	7,7	1,6	21	1,2	19	1,3	17	1,4
11	1,2	9,5	1,4	8,4	1,5	23	1,2	21	1,2	19	1,4
12	1,2	10	1,4	9,2	1,5	24	1,2	22	1,3	21	1,4
12	1,2	11	1,4	10	1,5	26	1,2	24	1,3	22	1,4
13	1,2	12	1,3	11	1,5	31	1,1	29	1,2	27	1,3
14	1,2	13	1,3	12	1,5	36	1,1	33	1,2	31	1,3
15	1,2	14	1,3	12	1,5	40	1,1	38	1,2	35	1,3
16	1,2	15	1,3	13	1,5	45	1,1	42	1,2	40	1,3
17	1,2	15	1,3	14	1,4						

Примечание. При расчете границы доверительного интервала  $n_p$  по заданным значениям  $\gamma$  и  $a$  необходимо производить округление до целого значения.

2.1. Допускается определять границы доверительного интервала на основании закона Пуассона по СТ СЭВ 5314—85.

3. Для непрерывных случайных величин, распределенных по нормальному закону, границы доверительного интервала определяют для случаев известного и неизвестного среднего квадратического отклонения учитываемого показателя.

3.1. Границы доверительного интервала при известном среднем квадратическом отклонении вычисляют по формуле

$$|q - q_n| < U_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

где  $U_\gamma$  — квантиль нормального распределения выбирают по табл. 4 с учетом доверительной вероятности  $\gamma$  (0,950—0,999);

$\sigma$  — среднее квадратическое отклонение показателя качества. Принимаемое значение  $\sigma$  оценивается на основании закона распределения опытных данных.

Таблица 4

Квантили нормального распределения в зависимости от доверительных вероятностей  $\gamma$

$\gamma$	$U_\gamma$	$\gamma$	$U_\gamma$	$\gamma$	$U_\gamma$
0,95	1,960	0,991	2,612	0,996	2,878
0,96	2,054	0,992	2,652	0,997	2,968
0,97	2,170	0,993	2,697	0,998	3,090
0,98	2,326	0,994	2,748	0,999	3,291
0,99	2,576	0,995	2,807		

3.2. Границы доверительного интервала при неизвестном среднем квадратическом отклонении учитываемой величины вычисляются по формуле

$$|q - q_n| < t(\gamma, k) \frac{S}{\sqrt{m}}, \quad (6)$$

где  $t(\gamma, k)$  — функция, определяемая по табл. 5 для числа степеней свободы  $k = m - 1$  и уровней доверительных вероятностей  $\gamma$  (0,90; 0,95; 0,98; 0,99; 0,999);  
 $m$  — число выборок.

Таблица 5.

Значения  $t(\gamma, k)$ 

$k = m - 1$	$t(\gamma, k)$ при $\gamma$					$k = m - 1$	$t(\gamma, k)$ при $\gamma$				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999		0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
4	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	20	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
5	2,016	2,571	3,365	4,032	6,859	25	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
6	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	30	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
7	1,895	2,365	2,998	3,499	5,405	35	1,689	2,030	2,437	2,724	3,591
8	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	40	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
9	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	45	1,679	2,014	2,412	2,689	3,522
10	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	50	1,676	2,008	2,403	2,677	3,497
11	1,796	2,201	2,718	3,106	4,487	60	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
12	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	70	1,667	1,995	2,381	2,648	3,436
13	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221	80	1,664	1,990	2,374	2,639	3,416
14	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	90	1,662	1,987	2,368	2,632	3,401
15	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	100	1,660	1,984	2,364	2,626	3,391
16	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	∞	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291
18	1,734	2,103	2,552	2,878	3,922						

Оценку  $S^2$  параметра  $\sigma^2$  находят по формуле

$$S^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (q_i - \bar{q})^2, \quad (7)$$

где  $q_i$  — значение показателя проконтролированной выборки;  
 $\bar{q}$  — среднее значение показателя качества.



ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
Справочное

ОБРАЗЕЦ ЗАПОЛНЕНИЯ ФОРМЫ УЧЕТА

Вид (наименование) изделия, правила, права, по сварке и контролю	Способ сварки, дата сварки	Свариваемый и сварочный материал	Характеристика свариваемого соединения	Длина проконтролированного соединения, м	Количество дефектных мест	СВЕДЕНИЯ ЗА _____ ПО КАЧЕСТВУ СВАРКИ _____								Уровень качества сварки, %	Дополнительные указания*
						Форма учета		Характеристика и количество дефектных мест по результатам контроля				Уровень качества			
						дата	форма	поры	шлаковые включения	непровары	трещины	надрывные дефекты	код		
						Одиночные		Печочки, скопления		Одиночные		Печочки, скопления			
Трубопровод диаметром 530 мм с толщиной стенки 8 мм, АЭС	Аргонно-дуговая 20.05.83	Сталь 20, присадочная проволока св-08Г2С	Подварка корня шва	11,6	5	1	1	—	—	3	—	—	—	95,7	Уровень качества соответствует норме
Трубопровод диаметром 325 мм с толщиной стенки 9 мм, ТЭЦ	Сварка в углекислом газе 21.05.83	Сталь 20, присадочная проволока св-08Г2С	Заполнение различные разделки	14,0	8	2	1	1	—	—	2	—	—	94,3	

Фамилия и подпись лиц, ответственных за сварку и контроль \_\_\_\_\_ Решения и дополнительные указания о продолжении производственного процесса

\* Дополнительные указания включают: оценку достигнутого уровня качества сварки, характеристику факторов, причин образования дефектов, решения о переходе к статистическому регулированию.

Редактор *В. С. Закирова*  
Технический редактор *Э. В. Митяй*  
Корректор *Л. В. Сницарчук*

Сдано в наб. 18.04.88 Подп. в печ. 16.09.88 1,25 усл. п. л. 1,25 усл. кр.-отг. 1,18 уч.-изд. л.  
Тираж 3000 Цена 5 коп.

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,  
Новопресненский пер., д. 3.  
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Даряус и Гирено, 39. Зак. 1418.

Согласие опытного распределения с теоретическим следует проверять в соответствии с требованиями СТ СЭВ 1190—78.

1.4. Для показателя  $q$  (0,03—0,30) и фиксированных объемов выборки  $n$  (5, 10, 15, 20, 30) статистическую оценку по числу дефектных единиц продукции  $n_d$  выполняют по биномиальному закону распределения.

Для показателя  $q \leq 0,1$  и значений выборок  $n \geq 0,1$  объема партии статистическую оценку выполняют на основании закона Пуассона.

Для показателей  $q$  проконтролированных выборок объемом  $n \geq 100$  единиц продукции и распределенных по нормальному закону статистическую оценку выполняют для известного и неизвестного среднего квадратического отклонения.

1.5. Статистическую оценку выполняют в следующем порядке: на этапе предварительного исследования устанавливают среднее ( $\bar{q}$ ) и номинальное ( $q_n$ ) значения показателя качества.

В случае перерыва процесса изготовления сварного изделия, не связанного с изменением технологии, и известного значения уровня качества сварки  $\Theta$  допускается определять  $q_n$  по формуле (4);

устанавливают доверительную вероятность  $\gamma$  с учетом уровня качества сварки  $\Theta$  и требований конкретного сварочного производства. При невозможности установить уровень качества сварки допускается принимать  $\gamma$  равной 0,5—0,8. На последующем этапе статистической оценки устанавливают  $\gamma \geq 0,8$ ;

для номенклатуры сварных изделий или однотипных сварных соединений устанавливают необходимый объем выборки  $n$  с учетом требований п. 1.4;

по установленным значениям  $q_n$ ,  $\gamma$  и  $n$  определяют границы доверительного интервала  $n_p$  или  $q_v$  и выполняют статистическую оценку.

1.6. Параметры оценки  $q_n$ ,  $\gamma$ ,  $n$ ,  $n_p$  или  $q_v$  рассматривают в качестве плана статистической оценки и обозначают  $[(q_n, \gamma, n), n_p]$  или  $[(q_n, \gamma, n), q_v]$

1.7. Оценку качества допускается производить построением графиков, на которых по оси абсцисс откладывают условные номера выборок в последовательности выполнения сварных соединений, по оси ординат — значения  $n_d$  или  $q$  и верхней границы доверительного интервала.

При построении графиков рекомендуется использовать фиксированные объемы выборок по данным учетной документации.

## 2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

### 2.1. Определение показателей качества



2.1.1. Показатели качества определяют по результатам первичного неразрушающего контроля по альтернативному признаку.

2.1.2. За условную единицу продукции принимают участок сварного шва длиной 100 мм (например, при контроле 1 м шва сварного соединения число единиц равно 10).

При длине шва сварного соединения менее 100 мм за единицу продукции принимают изделие.

2.1.3. При радиографическом контроле за условную единицу продукции принимают участок радиографического снимка длиной 100 мм (например, для радиографического снимка длиной 300 мм число условных единиц равно 3).

При длине снимка менее 100 мм и использовании для контроля более одного снимка за единицу продукции принимают изделие.

При необходимости за условную единицу продукции принимают радиографический снимок длиной более 100 мм. В этом случае при показателе качества указывают длину снимка (например, для снимка 400 мм и показателе качества 0,2 указывают  $q_{(400)}=0,2$ ).

2.1.4. Показатель качества ( $q$ ) по числу условных дефектных единиц продукции при  $n_d \leq n$  вычисляют по формуле

$$q = \frac{n_d}{n}, \quad (1)$$

где  $n_d$  — число условных дефектных единиц продукции в выборке;  
 $n$  — число условных единиц продукции в выборке.

Для сварных соединений, удаляемых полностью при обнаружении одного или более дефектов, число условных дефектных единиц принимают равным числу условных единиц.

2.1.5. Допускается применять показатель качества ( $q_l$ ) по суммарной длине  $l_d$  удаленных дефектных участков и проконтролированного сварного соединения  $l_k$  при  $l_d \leq l_k$ , вычисляемый по формуле

$$q_l = \frac{l_d}{l_k}, \quad (2)$$

и показатель качества по суммарному объему металла  $v_d$  удаленных дефектных участков и объему металла шва  $V_k$  проконтролированного сварного соединения, вычисляемый по формуле

$$q_v = \frac{v_d}{v_k}. \quad (3)$$

2.1.6. Указания по выбору показателей качества, примеры их определения и выполнения оценки приведены в справочном приложении 1.



## 2.2. Определение уровня качества сварки

2.2.1. Уровень качества сварки ( $\Theta$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$\Theta = (1 - q_n) \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $q_n$  — номинальное значение показателя качества, определяемое по среднему значению.

2.2.2. Если по результатам статистического анализа выявлено, что для данного технологического процесса изготовления сварных изделий используют свариваемые или сварочные материалы с показателями, которые не учитывались при установлении  $\Theta$ , то такой уровень подлежит пересмотру.

2.2.3. При наличии в изделиях нескольких типов сварных соединений классифицируют уровни качества для каждого типа.

2.2.4. Классификация уровней качества сварки приведена в справочном приложении 2.

2.2.5. Определение доверительной вероятности  $\gamma$  с учетом уровня качества сварки приведено в справочном приложении 3.

## 2.3. Оценка уровня качества

2.3.1. Для случайных величин, имеющих вид целых и положительных значений ( $0, 1, 2, \dots, k$ ) и распределенных по биномиальному закону или закону Пуассона статистическую оценку выполняют по соотношению

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

где  $n_p$  — верхняя граница доверительного интервала, учитывающая приемлемое число условных дефектных единиц в выборке.

2.3.2. Для случайных величин, распределенных по нормальному закону, оценку выполняют по соотношению

$$q_v - q \geq 0, \quad (6)$$

где  $q_v$  — верхняя граница доверительного интервала, учитывающая допустимое отклонение показателя качества.

2.3.3. Если  $n_d$  или  $q$  превышают значения  $n_p$  или  $q_v$ , то считают, что с вероятностью  $\gamma$  наблюдается отклонение стабильности технологического процесса сварки.

2.3.4. Указания по определению границ доверительного интервала  $n_p$  и  $q_v$  приведены в рекомендуемом приложении 4.

Если  $n_d$  или  $q$  не превышают значения  $n_p$  или  $q_v$ , то подтверждается стабильность технологического процесса сварки.

2.4. Для статистической оценки качества разрабатывают формы учета.

Состав и количество параметров в формах учета устанавливаются в нормативно-технической документации на конкретную продукцию.

Образец заполнения формы учета приведен в справочном приложении 5.

## УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПРИМЕРЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

### 1. Указания по выбору показателей качества

1.1. Показатель  $q_1$  используют для толщин свариваемого металла от 3 до 40 мм.

Применение показателя  $q_1$  требует измерения длины удаленного участка. При отсутствии требований к точности оценки для  $q \geq 0,2$  допускается принимать длину удаляемого участка  $\Delta$  (при удалении дефектных мест шлифмашинами) равной условной единице продукции. Для повышения точности оценки учитывают среднюю длину  $\Delta_i$  от каждого вида дефекта, где  $i=1, 2, \dots, k$ . Тогда суммарную длину дефектных участков для выборочной совокупности вычисляют по формуле

$$l_d = \Delta_1 d_1 + \Delta_2 d_2 + \dots + \Delta_k d_k,$$

где  $d_k$  — число дефектных мест по  $k$ -му виду дефекта в выборке.

При средней длине удаляемого дефектного участка, рассчитываемого по формуле

$$\Delta d = \Delta_1 \frac{d_1}{d} + \Delta_2 \frac{d_2}{d} + \dots + \Delta_k \frac{d_k}{d},$$

где  $d$  — общее число дефектных мест в выборке, суммарная протяженность дефектных участков равна  $l_d = \Delta d$ .

1.2. Показатель  $q_v$  используют для толщин свариваемого металла более 40 мм.

При отсутствии требований к точности оценки для расчета показателя  $q_v$  используют среднее значение удаляемого объема металла  $\Delta_v$ , вычисляемого по формуле

$$\Delta_v = \Delta_{v1} \frac{d_1}{d} + \Delta_{v2} \frac{d_2}{d} + \dots + \Delta_{vk} \frac{d_k}{d},$$

где  $\Delta_{vk}$  — средний объем удаляемого металла по  $k$ -му виду дефекта в выборке;

$d_k$  — число дефектных мест по  $k$ -му виду дефекта в выборке.

Суммарный объем металла удаленных дефектных мест вычисляют по формуле

$$v_d = \Delta_v \cdot d.$$

### 2. Примеры определения показателей и статистической оценки качества

**Пример 1.** На основании результатов радиографического контроля сварных соединений корпусной конструкции из стали 16ГС длиной 16 м, выполненной односторонней сваркой под слоем флюса, обнаружено 5 дефектных мест. Определить показатель качества  $q$ .



**Решение.** Для условной единицы продукции 0,1 м по формуле (1) настоящего стандарта определяем  $q$  для  $n_d=5$  и  $n = \frac{l_k}{0,1} = \frac{16}{0,1} = 160$ .

$$q = \frac{n_d}{n} = \frac{5}{160} = 0,031 \text{ (3,1\%)}$$

При использовании в качестве единицы продукции длины радиографического снимка 400 мм для  $n_d=5$  и  $n' = \frac{l_k}{0,4} = \frac{16}{0,4} = 40$  показатель  $q$  равен

$$q_{(400)} = \frac{n_d}{n'} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ (12,5\%)}$$

**Пример 2.** На основании результатов ультразвукового и радиографического контроля 10 стыковых сварных соединений трубопроводов ( $n_c$ ) диаметром ( $D$ ) 159 мм с толщиной стенки 8 мм из стали 20, выполненных полуавтоматической газозлектрической сваркой плавящейся проволокой св—08Г2С в среде углекислого газа, обнаружено 5 дефектных мест. Определить  $q$  и  $q_1$ .

**Решение.** По формуле (1) настоящего стандарта определяем для  $n_c=10$ ,  $n_d=5$  и  $n = \frac{n_c \times \pi \times D}{100} = \sim 50$ .

$$q = \frac{n_d}{n} = \frac{5}{50} = 0,10 \text{ (10\%)}$$

При  $\Delta=0,1$  м по формуле (2) настоящего стандарта вычисляем для суммарной длины удаленных дефектных участков  $l_d=0,5$  м и

$$l_k = n_c \times \pi \times D = 10 \times 3,14 \times 159 = \sim 5 \text{ м}$$

$$q_1 = \frac{l_d}{l_k} = \frac{0,5}{5} = 0,10 \text{ (10\%)}$$

**Пример 3.** Уровень качества ручной электродуговой сварки плавящимся электродом стыковых сварных соединений трубопровода диаметром 325 мм с толщиной стенки 16 мм из низколегированной стали  $\Theta=90\%$ . Радиографический контроль 3 стыковых соединений выявил 3 дефектных места. С доверительной вероятностью  $\gamma=0,65$  произвести оценку качества. Вероятность распределения числа дефектных участков соответствует биномиальному закону.

**Решение.** По табл. 1 рекомендуемого приложения 4 для  $n_c=3$  и числа контролируемых единиц  $n = \frac{n_c \times \pi \times D}{100} = \frac{3 \times 3,14 \times 325}{100} = \sim 30$ , показателе

$$q_{н} = 1 - \frac{\Theta}{100} = 1 - \frac{90}{100} = 0,1 \text{ и } \gamma=0,647 \text{ определяем доверительную границу}$$

$n_p=3$ . Так как обнаруженное число дефектных мест не превышает приемлемого  $n_d=n_p=3$ , то можно сделать вывод, что нет оснований считать технологический процесс сварки нестабильным.

**Пример 4.** На основании результатов ультразвукового и радиографического контроля 5 стыковых сварных соединений трубопровода диаметром 219 мм с толщиной стенки 8 мм и 20 стыковых соединений трубопровода диаметром 160 мм с толщиной стенки 8 мм из легированной стали, выполненных аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом, обнаружено 9 дефектных мест.

Для  $\Theta=95\%$  с доверительной вероятностью  $\gamma=0,8$  произвести оценку качества. Вероятность распределения числа дефектных участков соответствует закону Пуассона.

**Решение.** Для  $n_c=5$  и 20 число проконтролированных единиц для двух типоразмеров сварных соединений  $n = \frac{5 \times 3,14 \times 219}{100} + \frac{20 \times 3,14 \times 160}{100} = \sim 134$ .

Для  $q_n=5\%$  ожидаемое число дефектных мест равно  $a=q_n \cdot n=0,05 \times 134=6,7$ . По табл. 3 рекомендуемого приложения 4 для  $a=6,7$  и  $\gamma=0,8$  коэффициент  $k_\gamma=1,2$ . Доверительная граница по формуле (4) приложения 4 равна

$$n_p=6,7 \times 1,2 = \sim 8.$$

Так как обнаруженное число дефектных мест превышает приемлемое  $n_d > n_p$ , то есть основания считать технологический процесс сварки нестабильным. Необходимо произвести анализ факторов, приведших к такому нарушению. Если анализ факторов не выявил существенных нарушений, то следует произвести повторную оценку следующей выборки стыковых соединений.

**Пример 5.** Для десяти выборок однотипных сварных соединений с объемом каждой выборки  $n=300$  показатели качества  $q$  имеют следующие значения: 0,1; 0,15; 0,17; 0,08; 0,1; 0,12; 0,13; 0,05; 0,07; 0,1. Определить номинальное значение показателя качества  $q_n$ .

**Решение.** Среднее значение  $\bar{q} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_i = \frac{1}{10} (0,1 + 0,15 + 0,17 + 0,08 +$

$+ 0,1 + 0,12 + 0,13 + 0,05 + 0,07 + 0,1) = 0,107 (10,7\%)$ . В качестве номинального принимаем  $q_n=0,10$  ( $\Theta=90\%$ ).

**Пример 6.** Для ручной дуговой сварки плавящимся электродом ТМУ-21 стыковых соединений трубопровода из углеродистой стали толщин 8—10 мм уровень качества сварки  $\Theta=90\%$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma=6\%$ . С доверительной вероятностью  $\gamma=0,995$  произвести оценку результатов контроля выборки  $n=100$ , показатель качества которой  $q=0,12$ . Вероятность распределения показателя соответствует нормальному закону.

**Решение.** Для  $q=0,12$ ,  $q_n=1 - \frac{\Theta}{100} = 1 - \frac{90}{100} = 0,10$  и  $U_\gamma=2,807$  — по табл. 4 рекомендуемого приложения 4 по формуле (5) рекомендуемого приложения 4 определяем

$$|q - q_n| < U_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 2,807 \frac{0,06}{\sqrt{100}} = 0,017.$$

Верхняя граница доверительного интервала показателя  $q_v = q_n + 0,017 = 0,117$ . Так как  $q > q_v$ , то имеются основания считать наличие факторов (или фактора), нарушающих стабильность технологического процесса сварки.

**Пример 7.** Для значений  $q$ , приведенных в примере 5, и неизвестном среднем квадратическом отклонении показателя произвести оценку для  $\Theta=90\%$  и  $\gamma=0,95$ .

**Решение.** По формуле (7) рекомендуемого приложения 4 определяем

$$S = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (q_i - \bar{q})^2} = \sqrt{\frac{1}{9} (0,0125)} = 0,037.$$



Для  $m=10$ ,  $S=0,037$ ,  $\gamma=0,95$  и  $t(\gamma, k)=2,262$  — по табл. 5 рекомендуемого приложения 4 для  $k=m-1=9$  по формуле (6) рекомендуемого приложения 4 определяем

$$|q - q_n| < 2,626 \frac{0,037}{\sqrt{10}} = 0,026.$$

Верхнее допустимое значение показателя  $q_v = q_n + 0,026 = 0,126$ .

Так как  $\bar{q} < q_v$ , то нет оснований сомневаться в стабильности технологического процесса сварки.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Справочное

#### КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ КАЧЕСТВА СВАРКИ (УКС)

При выполнении классификации УКС используют следующие технологические признаки: характеристику способа сварки, тип или марку свариваемого металла и сварочного материала, диапазон свариваемых толщин, конфигурацию соединения, конструкцию свариваемых кромок, типоразмер свариваемой детали (сборочной единицы), а также условия выполнения сварочных работ, установленные нормативные требования, квалификацию сварщика, сварочное оборудование. Учитывают, что увеличение числа признаков классификации сварного соединения приводит к уменьшению величины рассеяния значений УКС, увеличению периода времени для накопления необходимого объема выборки и снижению оперативности при принятии решений.

Примеры классификации УКС приведены в табл. 1 и 2. Для определения УКС по табл. 1 использован показатель  $q$ , а по табл. 2 —  $q_1$ .

Таблица 1

Уровни качества сварки стыковых соединений трубопроводов

Способ сварки	Группа стали	Сварочные материалы	УКС, %
Ручная электродуговая плавящимся электродом	Углеродистая	Электроды типа: УОНИ-13/45, ТМУ-21, ЦУ-5 АНО-4	$91^{+4}_{-5}$
	Аустенитная	ЭА-400/10Т, ЭА-395/9	$94^{+3}_{-5}$
Ручная аргодуговая неплавящимся электродом и комбинированная	Углеродистая	Присадочная проволока: св-08ГС, св-08Г2С	$95^{+1}_{-3}$
	Аустенитная	04Х19Н11М3	$97^{+1}_{-4}$
Автоматическая под слоем флюса	Углеродистая	Флюсы марок ОСЦ-45, АН-348А и присадочная проволока св-08ГА, св-10ГА	$94^{+3}_{-1}$

Продолжение табл. 1

Способ сварки	Группа стали	Сварочные материалы	УКС, %
Автоматическая аргонодуговая с неплавящимся электродом	Аустенитная	Присадочная проволока 04X19H11M3 и аргон высшего и 1-го сорта	$96^{+2}_{-2}$
Автоматическая газозащитная плавящейся проволокой в среде углекислого газа	Углеродистая	Присадочная проволока св-08Г2С и углекислота техническая или пищевая	$95^{+2}_{-2}$

Примечание. Значения УКС выше средних относятся к стационарным условиям выполнения сварочных работ, ниже средних — к условиям выполнения сварочных работ при монтаже.

Таблица 2

## Уровни качества сварки стыковых соединений трубопроводов

Наименование системы трубопровода	Способ сварки	УКС, %	Уравнение дефектности
Пароводяные каналы диаметром 76 мм с толщиной стенки 4 мм из стали 08X18H10T	Автоматическая аргонодуговая	$96,9^{+0,5}_{-0,8}$	$0,5(H) + 0,33(П) + 0,17(Утж) = 1$
Водяные коммуникации диаметром 57 мм с толщиной стенки 3,5 мм из стали 08X18H10T	Автоматическая аргонодуговая	$94,9^{+0,5}_{-0,9}$	$0,6(H) + 0,3(П) + 0,1(Утж) = 1$
Трубопроводы острого пара диаметром 426 мм с толщиной стенки 22 мм из стали 22к	Корень — ручная аргонодуговая; заполнение — ручная электродуговая	$96,8^{+0,1}_{-0,9}$	$0,48(П) + 0,39(Ш) + 0,13(Пдр) = 1$

Примечания:

1. В графе «Уравнение дефектности» расчет выполняют для конкретной выборки по формуле

$$\frac{d_1}{d} + \frac{d_2}{d} + \dots + \frac{d_k}{d} = 1.$$

Условные обозначения дефектов (П, Н, Ш, Утж, Пдр) — по ГОСТ 7512—82.

2. Значения УКС ниже средних относятся к условиям выполнения сварки в начальный период.