

РД 102 - 32 - 85

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
„ВНИИСТ“**

МОСКВА

Министерство строительства предприятий нефтяной
и газовой промышленности

Всесоюзный научно-исследовательский институт по
строительству магистральных трубопроводов

В НИИС Т

СОГЛАСОВАНО

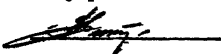
Начальник Государственной
инспекции по качеству
строительства Миннефтегаз-
строй


А.С. Бояринов

" 16 " октября 1984 г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Главного техническо-
го управления Миннефтегазстро

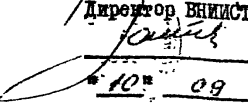

" 10 " декабря 1984 г. О.М.Иванов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

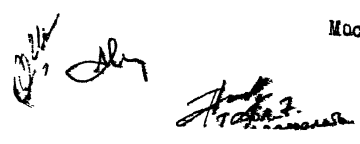
ПО НОРМИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И
МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

РД 102-22-85

Директор ВНИИСТ


" 10 " 09 1984 г. А.М.Зинович

Москва 1984 г.



СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения	4
2. равные установления технологических допусков.	7
3. Классификация дефектов при производстве сварочно-монтажных работ	17
4. Показатели точности сварочно-монтажных работ	23
5. Требования к точности измерений контролируемых параметров	27
6. Достоверность производственного контроля качества сварочно-монтажных работ	30
Дифференциация методов и средств инструментального контроля качества при производстве сварочно-монтажных работ.	32
Приложения	35

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Изложенные указания содержат общие принципы и методы повышения технологической точности и метрологического обеспечения сварочно-монтажных работ. Рассмотрены количественные критерии единичные и требуемой точности измерений на различных этапах производства сварочно-монтажных работ. Даны рекомендации по выбору методов и средств измерений с учетом регламентированных допусков на технологические параметры сборки стыка, процесса сварки, а также требований к качеству сварных соединений.

Методические указания предназначены для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой технологических требований в области сварки трубопроводов, специалистов по метрологии и производственному контролю сварочно-монтажных работ.

Указания разработаны сотрудниками ЦНИИСТ С.И. Молдавниновым, В.Н. Бачковым, И.В. Бочковой, Р.Р. Хакимьяновым.

Руководитель группы
строительной метрологии



В.И. Молдавников

Младший научный сотрудник



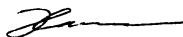
В.Н. Шишов

Аспирант



И.В. Бочкова

зав. лабораторией



Р.Р. Хакимьянов

Министерство строительства пре- фектуры нефтяной и газовой промыш- ленности	Руководящий документ	№ 102-32-85
	Методические указания по нор- мованию технологической точно- сти и метрологического обеспе- чения производства сварочно-мон- тажных работ при сооружении магистральных трубопроводов	Разработаны впервые

I. СНИЖ ПОСЛЕДНИЙ

*Настоящие Методические указания распространяются на разработку норма-
тивных требований к точности производств сварочно-монтажных работ.*

I.1. Технологическая точность производства сварочно-монтажных

работ есть такая характеристика технологического процесса, которая
определяет количественную меру возможности обеспечения заданного нор-
мативного допуска имеющимися методами и средствами. Количественно тех-
нологическая точность может быть задана:

интервальной оценкой составляющей нормативного допуска (в абсо-
лютных или относительных единицах измерения);

количеством параметров, для которых нормативный допуск обеспечи-
вается с требуемой степенью достоверности.

I.2. Нормативный допуск Δ_H - абсолютная величина алгебраичес-
кой разности между значениями X_B и X_H предельными отклонениями
формуемого параметра, регламентированного соответствующим норматив-
ным документом:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_H &= |X_B - X_H| \\ X_B &= X_N + \Delta_{HB} \\ X_H &= X_N - \Delta_{HH} \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

Инженеры Всероссийского научно-
исследовательского института
по строительству магистраль-
ных трубопроводов (НИИСТ)
отдел качества, метрологии и стандартизации.

Утверждены
Министерством
= 10 12 1965

Срок введения
сентябрь
1 января 1966 г.

где: X_N - номинальное значение параметра,
 $\Delta_{НВ}, \Delta_{НН}$ - соответственно верхнее и нижнее допускаемые отклонения; $\Delta_N = \Delta'_{НВ} + \Delta_{НН}$

1.3. Нормативный допуск на любой параметр сварочно-монтажных работ является комплексным, удовлетворяющим трем основным условиям: функциональному назначению, технологическому формированию, метрологическому обеспечению. В этой связи нормативный допуск может рассматриваться в виде интегральной оценки трех компонентов

$$\varphi [f_{\phi}, f_T, f_M] = 0 \quad (1)$$

где: f_{ϕ}, f_T, f_M - соответственно характеристики или показатели) функционального назначения, технологического и метрологического обеспечения;

φ - скаляр функционала.

1.4. Основное функциональное назначение сварного соединения - обеспечивать необходимую долговременную прочность и герметичность трубопроводной конструкции в процессе эксплуатации. Поэтому соответствующие характеристики функционального назначения $f_{\phi i}$ сварного соединения должны быть увязаны с допусками $\Delta_{\phi i}$ на формуемые рабочие параметры $\sum_{j=1}^n X_j$, т.е.

$$\sum_{j=1}^n X_j [f_{\phi i} (\Delta_{\phi j})]$$

1.5. При обосновании функциональной составляющей нормативного допуска Δ_{ϕ} следует прежде всего иметь в виду, что наибольшее влияние на снижение механических значений пределов выносливости сварного шва оказывают дефекты типа пор, подрезов и непроваров. Такое снижение по указанным видам дефектов находится в пределах:

при наличии пор - до 20%;

при наличии подрезов (глубиной свыше 0,5 мм) - до 40%;

при наличии непроваров (начиная с глубины 1 мм) - до 60%.

1.6. Для обоснования нормативного допуска по технологическим критериям формирования рабочих параметров на различных этапах свароч-

но-монтажных работ необходимо учитывать взаимосвязь между характеристиками технологического обеспечения f_{Ti} этих работ с допусками Δ_{Tj} на формуемые параметры, т.е.

$$\sum_{j=1}^n x_j [f_{Ti}(\Delta_{Tj})]$$

1.1. В основу фактического значения формуемого рабочего параметра сверочно-монтажных работ существенное влияние оказывает тактика и организация измерений и контроля. Поэтому при регламентировании нормативного допуска необходимо также иметь зависимости, связывающие характеристики метрологического обеспечения f_{Mi} сверочно-монтажных работ с допусками на формуемые параметры Δ_{Mj} , т.е.

$$\sum_{j=1}^n x_j [f_{Mi}(\Delta_{Mj})]$$

1.2. Условие оптимального нормирования параметров сверочно-монтажных работ заключается в том, чтобы обеспечить их гарантированное выполнение в пределах установленного нормативного допуска $\Delta_{Hj}(\Delta_{Hf}, \Delta_{HT}, \Delta_{HM})$. Критерием такой гарантии служит минимальный коэффициент запаса соответствия:

- K_f - по функциональному назначению, зависящий от уровня дефектов, нагрузок, возмущений, влияющих на силовые функциональные свойства сверного соединения;
- K_T - по технологическому обеспечению, зависящий от неоднородности сверочных материалов, конструктивных аспектов сверочного оборудования, режимов и др.;
- K_M - по метрологическому обеспечению, характеризующий возможность отступления от расчетных метрологических свойств средств и методов измерения.

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{Hf} &= \frac{\Delta_f}{K_f} ; K_f > 1 \\ \Delta_{HT} &= K_T \Delta_T ; K_T > 1 \\ \Delta_{HM} &= K_M \Delta_M ; K_M > 1 \end{aligned} \right\} (3)$$

где $\Delta_{НН}, \Delta_{НТ}, \Delta_{НН}$ - нормативные значения допусков $\Delta_{Н}$, установленного соответственно по функциональному, технологическому и метрологическому критериям.

Частные допуски $\Delta_{Г}, \Delta_{Г}, \Delta_{Н}$ определяются в результате специальных исследований влияния основной характеристики вида $t_{Г}, t_{Г}, t_{Н}$ на фактические отклонения рабочих параметров.

Вид функциональной связи величин частных допусков и их нормативных значений может быть любой и устанавливается путем специальных исследований.

1.9. Устанавливаемые в нормативно-технической документации показатели и нормы точности средств измерения и контроля параметров сборочно-монтажных работ, способы обработки данных измерений, формы представления результатов контроля и контрольные листочки должны быть унифицированы и соответствовать установленным требованиям.

1.10. Испытуемое технологическое и контрольно-измерительное оборудование должно быть в состоянии и обеспечивать воспроизведение необходимых режимов и условий производства работ.

1.11. Методы и средства метрологического обеспечения измерений рабочих параметров должны обеспечивать получение результатов на всех этапах производственного контроля с требуемой точностью и достоверностью.

1.12. Предельные отклонения и допуски на параметры и показатели качества сборочно-монтажных работ должны назначаться с учетом возможности обеспечения требуемых точности и достоверности результатов измерения, нестабильности этих параметров и неоднородности формируемых конструкций.

2. ПРАВИЛА УСТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ

2.1. Технологические допуски на параметры сборочно-монтажных работ определяются с учетом объема требований по отдельному виду

из (п.1.3) путем задания величины нормативного допуска и его корректировки в соответствии с найденным коэффициентом запаса:

по функциональному назначению:

$$K_f = \frac{P_f}{P_H} ; K_f = \frac{\sigma_{сф}}{\sigma_{сн}} ; K_f = \frac{\sigma_{-1ф}}{\sigma_{-1н}} ; \quad (4)$$

где: $P_f, \sigma_{сф}, \sigma_{-1ф}$ - фактические показатели функционального назначения выраженные соответственно вероятностью безотказной работы (вероятность повреждения), предел прочности и предел выносливости сварного соединения;

$P_H, \sigma_{сн}, \sigma_{-1н}$ - нормативные значения показателей,

по технологическому обеспечению:

$$K_T = \frac{T_f}{T_H} \quad (5)$$

где: T_f, T_H - соответственно фактическое и нормативное время, затрачиваемое на выполнение конкретной технологической операции;

по метрологическому обеспечению:

$$K_M = \frac{\Delta_{пф}}{\Delta_{пн}} \quad (6)$$

где: $\Delta_{пн}, \Delta_{пф}$ - соответственно нормативное и фактическое значения суммарной погрешности измерения.

2.2. Нормативные значения частных допусков $\Delta_{нф} \cdot \Delta_{нт} \cdot \Delta_{нм}$ как правило вычисляются в противоречивых соотношениях. При задании общего нормативного допуска Δ_H по конкретным параметрам можно определить его приближенное значение из выражения

$$\Delta_H \approx opt(\Delta_{нф}, \Delta_{нт}, \Delta_{нм}) \quad (7)$$

где: $opt(\Delta_{нф}, \Delta_{нт}, \Delta_{нм})$ - среднее взвешенное значение допусков по трем соотношениям.

Геометрическая интерпретация равенства (7) представлена на рис.1 (а,б).

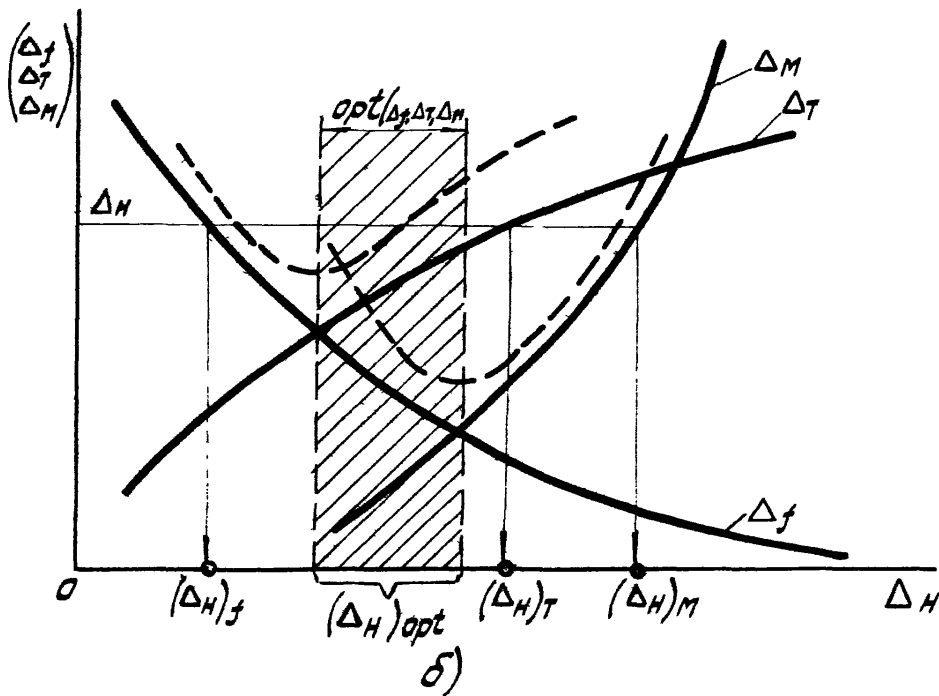
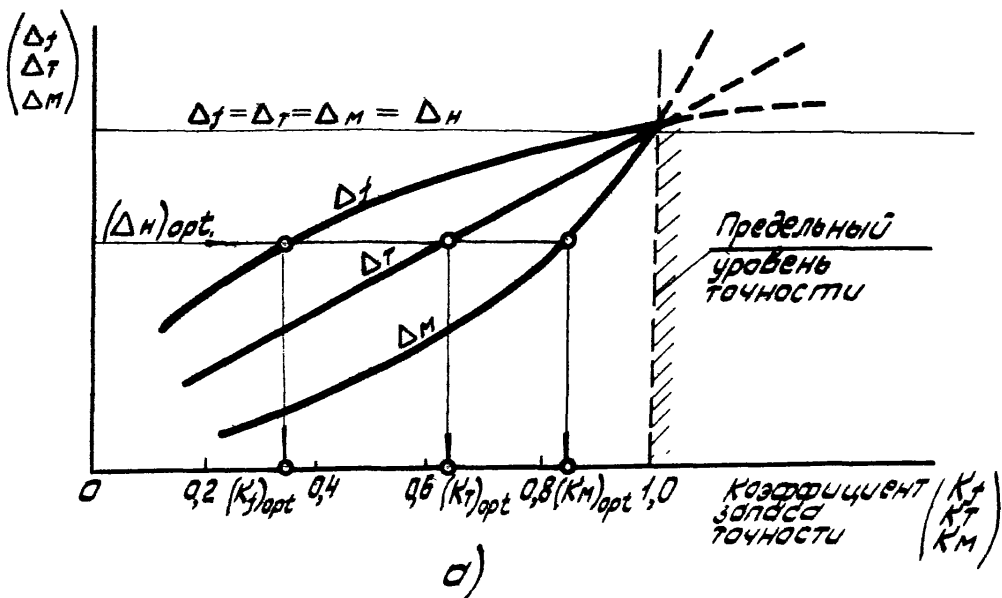


Рис. Геометрическое представление нормативного допуска:
 а) по функциональному изменению запаса точности;
 б) по соотношению частных составляющих допуска

2.3. Определение допуска: по функциональному назначению производится с позволением допустимой изменчивости основных свойств, составляющих качество сварного соединения,

- прочности, герметичности, надежности и т.п. Функциональные свойства сварного соединения характеризуются:

- показателями физико-механических свойств, определяемых при испытании образцов или натурных испытательных трубопроводных конструкций (предела текучести, прочности, вязкости и т.д.);

- показателями несомкнутости и неоднородности структуры шва (количество, размеры, ориентация и т.д.).

2.4. Мерой надежности сварных соединений является вероятностная оценка средней доли соединений, выдерживающих заданную эксплуатационную нагрузку Q_i в течение интервала времени dt . Для случая статистического нагружения такая оценка имеет вид

$$P(Q_k > Q_i) = \int_{Q_i}^{\infty} f(Q) dQ \quad (8)$$

где: $f(Q)$ - плотность вероятностей показателя прочности сварного соединения,

Q_k - показатель нормативной прочности.

В тех случаях, когда распределение прочности в нагрузке не противоречит нормальному закону, уравнение (8) приводится к расчетной зависимости

$$P(Q_k > Q_i) = 1 - \Phi\left(\frac{\bar{Q}_i - \bar{Q}_k}{\sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_k^2}}\right) = \Phi\left(\frac{\bar{Q}_k - \bar{Q}_i}{\sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_k^2}}\right), \quad (9)$$

где $\bar{Q}_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_j$ - средняя величина прочности генеральной совокупности сварных соединений;

$\sigma_k^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Q_j - \bar{Q})^2$ дисперсия прочности.

2.5. В тех случаях, когда имеет место значительный (более 1%) разброс показателей физико-механических свойств сварных соединений (определяется при контроле допускаемых отливов при отстатистике свар-

ков), а также при наличии динамических нагрузок сосредоточенного и распределенного вида, среднее значение числового критерия прочности Q_K имеет порядок среднеквадратических отклонений $\bar{\sigma}_K$, т.е.

$$\bar{\sigma}_K \approx \bar{Q}_K \quad (10)$$

и надежность сварных соединений определяется как

$$P(Q_K > Q_c) = \Phi(K_f \cdot 1) \quad (11)$$

где: $K_f = 1 + \frac{\bar{Q}_K - \bar{Q}_c}{\sqrt{\sigma_K^2 + \sigma_c^2}}$ — коэффициент запаса по функциональному назначению, характеризующий в данном случае статистический запас прочности.

Значения вероятности неразрушения сварного соединения P для заданных коэффициентов запаса K_f приведены в таблице I.

Таблица I

K_f	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
P	0,50	0,691	0,841	0,933	0,977	0,994	0,999

Определение коэффициента запаса по функциональному назначению в соответствии с пп. 2.4, 2.5, 2.6 оправдано только в том случае, когда можно пренебречь наличием возможных дефектов сварного шва.

2.6. Основным принципом оценки надежности сварных соединений при наличии дефектов является выполнение условия надежности предельного состояния, которому отвечают дефекты шва с критическими размерами

$$R(z_1, z_2, \dots, z_n) - S'(s_1, s_2, \dots, s_n) \geq 0 \quad (12)$$

где: $S'(s_1, s_2, \dots, s_n)$ — величина, характеризующая наличие дефектов сварного соединения, наличием дефектов;

$R(z_1, z_2, \dots, z_n)$ — величина, характеризующая несущую способность сварного соединения (измеряется в тех же еди-

значит, что $\pi \in S$).

Поряд допустимости дефектов сварных соединений (критические значения дефектов) по СНиП I-42-80.

Параметры τ_i , S_i являются случайными величинами, закон распределения которых может быть выражен или некоторой совместной плотностью распределения $f(\tau_i, S_i)$, или, в случае независимости параметров, произведением плотностей распределения отдельных параметров $f(\tau_i)$, $f(S_i)$, полученных теоретическим или опытно-статистическим путем с учетом условий применимости законов распределения (Приложение 3).

2.7. Определение допуска по технологическому обеспечению производства сварочно-монтажных работ осуществляется с учетом показателей точности технологического процесса, обуславливающего близость действительных и номинальных значений формируемых параметров.

Показателями точности являются величины, количественно характеризующие точность технологического процесса: допуски на геометрические параметры подготовки стыка под сварку, параметры процессов сварки и др.

2.8. Показатели точности технологического процесса сварочно-монтажных работ должны обеспечивать постоянство распределений вероятностей параметров процесса в течение заданного интервала времени (периода строительства).

2.9. Качественные показатели точности по каждой из технологических операций производства сварочно-монтажных работ функционально зависят от режима формирования рабочего параметра. В дискретном режиме формирования качественные значения показателей точности технологического процесса являются случайными величинами, а в непрерывном (включая автоматизированные и автоматические процессы) — случайными функциями. Для автоматических процессов сварки понятие стабильности процесса (постоянство распределений вероятностей его параметров на заданном временном интервале) и стабильности (относительной отно-

решности) совпадают. При этом технологический процесс считается удовлетворяющим требованиям точности, если фактические значения формулы параметров не выйдут за пределы установленного допуска $\Delta_{\text{ИТ}}$.

2.10. Допуск по технологическому обеспечению Δ_T геометрических параметров сварочно-монтажных работ вычисляется по формуле

$$\Delta_T = K \cdot i \quad (13)$$

где: i - единица допуска, характеризующая зависимость допуска от величины номинального размера (мм);

K - коэффициент точности, равный количеству единиц допуска, установленному для каждого класса точности

Делителя единицы допуска для линейных размеров (азор, сечение прутка, прутковые и т.д.) определяется по формуле

$$i = (0,8 + 0,001 \sqrt[3]{L^2}) (\sqrt[3]{L} + 0,01 \sqrt[3]{L^2}), \quad (14)$$

где: L - номинальный размер параметра, мм.

Значения коэффициента K для классов точности по ГОСТ 21779-76 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Интервалы номинальных размеров L , мм	Классы точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
до 20	0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	2,6	-	-	-
20-60	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	-	-
60-120	0,4	0,6	1,0	1,6	2,6	4,0	6,0	10	-
120-250	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	8,0	12	-
Значения	0,10	0,16	0,25	0,40	0,63	1,0	1,6	2,5	4

2.11. При сборке стыка под сварку допуск по технологическому обеспечению должен определяться вероятностным методом расчета, обеспечивающим при соблюдении условия полной собираемости по ГОСТ 21780-76 не менее 99,73%.

2.12. Определение допуска по метрологическому обеспечению Δ_M осуществляется с учетом возможного роста изготовителя и заказчика, определяемых соответственно вероятности ложного и невыявленного (в процессе контроля) брака. Величина допуска Δ_M численно равна суммарной погрешности, обусловленной методической погрешностью измерения и собственно инструментальной погрешностью используемого средства измерения.

2.13. При регламентированных значениях общего нормативного допуска его составляющая по метрологическому обеспечению определяется по формуле

$$\Delta_M = K_M \Delta_{II} \quad (16)$$

где: K_M - коэффициент запаса по метрологическому обеспечению (выбирается по таблице 3 с учетом заданной вероятности необнаруженного брака - риска заказчика).

Таблица 3

Вероятность необнаруженного бракa, P_B, P	Коэффициент запаса по метрологическому обеспечению K_M
1	2
0,45	0,05
0,50	0,10
1,0	0,20
2,25	0,25
2,75	0,30
3,4	0,35
3,85	0,40
4,3	0,45
4,75	0,50

Область вероятных значений в поле общего допуска может быть оценена по значениям:

- предельных отклонений измеряемой величины

$$\Delta_H = \delta_E - \delta_H \quad (17)$$

где: δ_E, δ_H - соответственно верхнее и нижнее предельные отклонения;

- пределов изменения измеряемой величины

$$\Delta_H = X_B - X_H \quad (18)$$

Формула (18) справедлива только при регламентированных отклонениях по (16).

2.14. Для регламентированных пределов изменения измеряемой величины допуск по метрологическому обеспечению определяется по формуле

$$\Delta_H = K_M \cdot \frac{X_H}{X_E} 100\% \quad (19)$$

Значения метрологических характеристик приборов, в частности, значения пределов измерений контролируемых параметров, которые в среднем на 30% превышают значения пределов изменения (X_H и X_E) измеряемых величин в процессе сварочно-монтажных работ, приведены в таблице 4.

Таблица 4.

№	Контролируемый параметр	Пределы измерения		Суммарная погрешность измерения	Средства измерения
		минимум	максимум		
1	2	3	4	5	6
1.	Температура среды сварочных материалов, °С	80	500	10	Термометры, термопары
2.	Свободность подвижки электродов, мм	0,12	0,25	10	Штангенциркули
3.	Дефекты подкладки электродов, мм	0	10	5	Штангенциркули, штангенциркули
4.	Дефекты поверхности	0	5	10	Линейки, штангенциркули

1	2	3	4	5	6
Стенки трубы, мм					Линейки, ультразвуковой толщиномер.
6. Сильность тупости по диаметру сечения, %		0	5	5	Линейки, рейки, плоскогубцы, дулопны, линейки
6. Угол свеса кромок под сварку, град.		10	50	5	Линейки сварочные
7. Зазор между кромками смятых труб, мм		0	4	5	Линейки сварочные, линейки, гуты
8. Разработчивость смятых труб, мм		0	7	10	Калибры, штанги, штангенциркули
9. Деформация кромок, мм		0,5	5	5	Линейки сварочные, штангенциркули, линейки
10. Прямизна кромок, мм		0	3	10	Линейки сварочные, штангенциркули
11. Температура подогрева труб, 100		100	200	5	Термометры, термопары
12. Расстояние торцов свариваемых труб, град.		0	5	10	Линейки сварочные, угломеры, транспортиры
13. Сила сваривающего тока, А		50	1000	3	Амперметры
14. Напряжение на дуге, В		30	30	3	Вольтметры
15. Скорость сварки, м/ч		10	70	5	Линейки, секундомер, рулетка
16. Угол наклона электродов к вертикали, град		0	30	3	Линейки сварочные, угломер, транспортир
17. Высота электродов, мм		25	50	10	Калибры, штанги, линейки
18. Скорость электродов с ванной, мм		0	200	5	То же
19. Скорость подачи электродов в кромок, м/ч		150	600	5	Секундомер, рулетка, линейки
20. Коэффициент порозности электродов, мм		0	70	5	Линейки сварочные, линейки
21. Ширина шва, мм		5	30	4	Линейки сварочные, штангенциркули, линейки

1	2	3	4	5	6
22. Высота усиления шва, мм	I	6	10	10	Таблон сварочный стандартного типа
23. Склонные крошки после сварки, мм	0	6	10	10	Таблон специальный, типовой
24. Нарушение дефекты шва (глубина), мм	0	I	10	10	Таблон сварочный стандартного типа
25. Длина неспавара, мм	0	750	3	3	Стандартный, типовой
26. Ширина внутреннего дефекта, мм	0	6	6	6	Линейка, типа измерительная
27. Эквивалентная доза рентгеновского излучения ($2,56 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг)	0	10	6	6	Радиометры
28. Измерение на усложненном виде рентгеновской трубки, мм	100	300	10	10	Извольметры
29. Мощность эквивалентной дозы излучения на расстоянии 1 м от источника ($3,56 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг)	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	5	5	Радиометры, дозиметры, секундомеры
30. Период полураспада (ПР), годы	0,2	30	-	-	-
31. Предельно допустимая сложная доза облучения, Р или бэр	0	0,02	0,02	0,02	Дозиметры

2.15. Измерения следует проводить измерительными средствами с пределом допустимой погрешности, не превышающей значения среднего квадратического отклонения контролируемого параметра. В тех случаях, когда среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра неизвестно, можно пользоваться его оценочными значениями.

2.16. Порог обусловленности технологического брака с нормированной степенью возможности $P = 0,9$ является соотношением

$$P \left(\frac{\Delta_{нв}}{\Delta_{нп}} \leq \frac{\Delta_{нл}}{\Delta_{нф}} \right) \leq 0,9 \quad (20)$$

$$P \left(\frac{\Delta_{нл}}{\Delta_{нп}} \leq \frac{\Delta_{нл}}{\Delta_{нф}} \right) \leq 0,9$$

Соответственно отсутствию технологического брака с нормированной

степень гарантии $P = 0,9$ определяется условиями:

$$\left. \begin{aligned} P\left(\frac{\Delta_{нф}}{\Delta_{н}} \leq \frac{\Delta_{нн}}{\Delta_{нф}}\right) &\geq 0,9 \\ P\left(\frac{\Delta_{нф}}{\Delta_{н}} \leq \frac{\Delta_{нл}}{\Delta_{нф}}\right) &\geq 0,9 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Свое требование правильной организации технологического процесса сборки сварочно-монтажных работ должно отвечать условию

$$\Delta_M < (\Delta_T \geq \Delta_\phi) \quad (22)$$

или с заданной вероятностью P^*

$$P(\Delta_M < (\Delta_T \geq \Delta_\phi)) \geq P^* \quad (23)$$

2.17. Соотношения между составляющими допуска $\Delta_{нн}$, $\Delta_{нл}$, $\Delta_{нф}$ должны обеспечивать минимум ошибок 1-го и 2-го рода.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

3.1. В соответствии с ГОСТ 15467-79 под дефектом подразумевается любое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Применительно к сварочно-монтажным работам в широком смысле под дефектом следует понимать выход любого регламентированного параметра (показателя) за пределы допустимого значения.

Несоответствия требованиям технического задания (или технических условий) на сварочные материалы, оборудование, инструмент применяются к конструктивным дефектам. Несоответствия требованиям нормативной документации на сборку стыка, сварку, качество шва - относятся к производственным дефектам.

Если размер регламентированного параметра (показателя) не выходит за пределы, установленные нормами, то факт наличия дефекта не производится (например, сдвигание кромок труб перед сваркой до 20% толщины стенки трубы, но не более 3 мм при дуговых методах сварки или до 2мм при стыковой сварке оплавлением не является дефектом).

3.2. Составными параметром, характеризующих условия в режимы сварки

за пределы регламентированных нормы являются дефектами технологических режимов и браковочными признаками, обуславливающими появление дефектов сварных соединений (например, выполнение сварочных работ при температуре воздуха ниже минус 50°C или при скорости ветра свыше 10 м/сек значит только повышает вероятность появления производственных дефектов).

3.3. Наличие конструктивных дефектов сварочных материалов обуславливает определенную вероятность P_k формирования дефектного сварного соединения (соединения, не отвечающего предъявляемым требованиям хотя бы по одному из регламентированных показателей качества).

Если учесть, что каждый вид сварочных материалов, имеющий конструктивные дефекты, в принципе может быть прочной (прочинной) формой даны дефектного сварного соединения (D_c), то вероятность $P_k(D_c)$ будет зависеть от количества n_c номинальных единиц сварочных материалов.

С некоторой степенью допущения можно считать, что события формирования дефекта сварного соединения в результате наличия конструктивных дефектов по каждой из номинальных единиц сварочных материалов равновероятны. В этом случае можно воспользоваться следующей расчетной формулой для $P_k(D_c)$:

$$P_k(D_c) = \sum_{i=1}^{n_c} P(k_i) P(D_c/k_i), \dots \quad (24)$$

где: $P(k_i) = \frac{1}{m}$ - вероятность формирования дефектного сварного соединения по любой из j -ой номинальной единицы сварочных материалов, имеющих конструктивный дефект ($j = 1, 2, 3, \dots, n$);

$P(D_c/k_i) = \frac{K}{z_i}$ - вероятность формирования дефектного сварного соединения по прочные нормы за пределами установленной

нормы K регламентированных параметров на одной из поверхности z по каждой i -ой номинальной единице сварочных материалов (количество конструктивных дефектов $K < z_i$). Для расчета величины $P_k(D_c)$ по формуле (24) общее количество номинальных единиц сварочных материалов может быть принято равным $m = 4$, значения z_i устанавливаются по техническим доку-

металлы и сварочные материалы, а значение K оценивается в процессе входного инструментального контроля лабораторными строительными организациями или выборочного инспекционного контроля службой Госплана по качеству.

При известных (нормированных) значениях вероятности $P_k(20)$ по (23) могут быть скорректированы существующие допуски на регламентированные параметры сварочных материалов.

3.4. Возможность формирования дефектного сварного соединения по причинам производственного характера (сборка, собственно процесс сварки) только может быть оценена на вероятностной основе. Однако, в этом случае, допущение о равновероятности причин, формирующих дефектное соединение, и равновероятным влиянии отдельных параметров технологического процесса сварочно-монтажных работ на конечный результат неправомерно. Необходима оценка показателей и характеристик распределений регламентированных параметров для реальных процессов сварочно-монтажных работ.

Для линейных (одномерных) величин, к которым могут быть отнесены многие геометрические параметры сборки стыка и сварного шва, вероятность формирования дефектного сварного соединения может быть определена формулой

$$P_n = P \left(\begin{array}{l} x > x_N + \Delta_B \\ x < x_N - \Delta_H \end{array} \right) = 1 - \int_{x_N - \Delta_H}^{x_N + \Delta_B} f_x dx, \dots \quad (25)$$

где: x_N - номинальное значение измеряемой величины x ,

Δ_H, Δ_B - соответственно нижнее и верхнее предельные отклонения измеряемой величины;

$f(x)$ - плотность распределения измеряемой величины, устанавливаемая по результатам исследования закономерностей распределения фактических значений формули параметров.

При двухразмерном задании технологического допуска ве-

возможность P_n описывается двумерной функцией распределения

$$P_n = P[(x_1, x_2) \in \Delta_T] = 1 - \iint_{\Delta_T} f(x_1, x_2) dx_1 dx_2 \quad (26)$$

где: x_1, x_2 - непрерывные величины;

Δ_T - технологический допуск, определяемый допускаемыми отклонениями величин x_1 и x_2 следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} (\Delta x_1, \Delta x_2) &\subset \Delta_T \\ \Delta x_1 &= x_{1B} - x_{1H} \\ \Delta x_2 &= x_{2B} - x_{2H} \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

3.5. Оценка вероятности P_c в общем случае, когда возможно формирование дефектного сварного соединения по причине наличия конструктивных и производственных дефектов, являющихся, как правило, независимыми, производится по формуле

$$P_{дс} = P_k \cdot P_n \quad (28)$$

3.6. По степени последствий дефектно сварные швы группируются на швы: годные (полностью удовлетворяющие нормы), условно годные (подлежащие ремонту), негодные (подлежащие вырезке). В соответствии с классификацией дефектов по ГОСТ 15467-79 и вышеназванными группами сварных швов могут быть отнесены следующие дефекты:

Годные швы - без дефектов, малозначительные отклонения параметров шва;

Условно годные швы - устраняемые дефекты, незначительные отклонения параметров шва;

Негодные швы - неустраняемые дефекты, критические отклонения параметров шва.

3.7. Процесс распознавания дефектов, осуществляемый по результатам контроля сварных соединений физическими методами, составляет главное содержание диагностики сварки. Частота появления дефектов повторного вида в сварном шве зависит от характера причин формирования дефектов и тесноты связи факторов, порождающих их появление

и развитые.

Надзор за размером дефектов сварного шва должно осуществляться на статистико-вероятностной основе, учитывающей возможные частоты появления дефектов. С достаточной для практических расчетов точностью можно отнести такие дефекты сварки, как "поры", "металлические включения", к категории равновероятных дефектов, т.е.

$$P_{п} \approx P_{нв} \quad (29)$$

Соотношение (29) определяет условия равновероятности выявления дефектов известными физическими методами контроля: радиотехническими, магнитографическими, ультразвуковой.

В категории равновероятных дефектов могут быть отнесены дефекты типа "трещины" и "наружные дефекты", т.е.

$$P_{тр} \approx P_{нд} \quad (30)$$

Следно абсолютные значения $P_{тр}$, $P_{нд}$ отличаются от высказанных $P_{п}$, $P_{нв}$. Удалим из дефектов, соответствующих (29), предельный уровень дефектности по 29, т.е.

$$(P_{п}, P_{нв}) > (P_{тр}, P_{нд}) \quad (31)$$

В таблице 6 приведены рекомендуемые значения высказанных вероятностей выявления дефектов с различной степенью опасности, рассчитанные на основании частной статистики.

Таблица 6

Категория дефектов	Значения вероятностей появления дефектов (для различных видов дефектов)			
	$P_{н-в}$	$P_{п}$	$P_{д-д}$	$P_{тр}$
Устранимые значительные	0,5	0,20	0,08	0,64
Неустраняемые критические	0,1	0,05	0,02	0,61

Дефекты рассмотренных категорий, формируемых условно-годные и негодные швы, образуют в общем случае полную группу событий.

3.8. Интегральная оценка качества сварного соединения по уровню его дефектности может быть произведена по формуле

$$S'_d = \frac{\sum_{i=1}^n S_{di} P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (32)$$

где: S_{di} - текущий размер дефекта (оцениваемый по результатам измерений и контроля);

P_i - единичная вероятность появления дефекта конкретного вида.

Условие допустимости дефектного шва в этом случае примет вид:

$$\left. \begin{aligned} [S'_e] &\leq \frac{\sum_{i=1}^n S_{ei} P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \\ [S'_g] &\leq \frac{\sum_{i=1}^n S_{gi} P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \\ [S'_h] &\leq \frac{\sum_{i=1}^n S_{hi} P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

где: S_{ei}, S_{gi}, S_{hi} - фактические значения размеров дефекта (соответственно длины, ширины и глубины); определяемые путем измерений (инструментального контроля);

$[S'_e], [S'_g], [S'_h]$ - допустимые значения вышеуказанных размеров дефектов, регламентированные нормативными документами.

В случае задания нормативного значения дефектности сварного соединения в виде комплексного показателя наряду с формулой (31) может быть использовано выражение

$$[S'] \leq \sqrt{S_e'^2 + S_g'^2 + S_h'^2} \quad (34)$$

выражающее среднюю геометрическую оценку уровня дефектности.

3.9. По степени опасности (с точки зрения влияния на прочность герметичность) дефекты сварных соединений образуют, при условии их количественной равнозначности, следующий ряд в порядке убывания):

Трещины - наиболее опасный дефект сварного соединения в виде узкого разрыва металла, направленного под углом и, мерно 90° к поверхности стенки трубы (трещины могут образовываться в шве, зоне термического влияния и во границе сплавления).

- Дефект - дефект сварного шва, заключающийся в отсутствии соединения между металлом шва и основным металлом или (при многослойной сварке) между отдельными слоями шва.
- Полость - дефект сварного соединения, представляющий собой углубление в основном металле, расположенное вдоль границы шва.
- Пора - дефект металла сварного шва обычно в виде округлой полости (пустоты).
- Плановое включение - дефект металла сварного шва в виде заполненной планом несплошности металла различной формы.
- Смещение кромок - неправильное положение кромок относительно друг друга, когда плоскости, перпендикулярные к поверхности стыкуемых частей, не совпадают.

Для нормирования размеров перечисленных дефектов могут быть приняты эмпирически обоснованные коэффициенты весомости, корректирующие значения коэффициента запаса по функциональному назначению

$$K_f = \frac{\sum_i S_{di}}{[S_{d.f.}]} \quad (35)$$

где: \sum_i - коэффициент весомости дефекта i -го типа.

Допускаемые значения дефектов типа А_в, В_в, С_в, Д_в используем в расчетных формулах (31, 32, 33, 34), выбирая из действующих нормативных документов.

Пример расчета нормативных показателей точности сварочно-монтажных работ приведен в приложении I.

4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ.

4.1. Формирование сварного соединения, отвечающего нормативным требованиям его качества, происходит только при условии обеспечения необходимой точности технологических операций и процессов на всех

стадиях сварочно-монтажных работ.

Показателем точности выполнения производственных функций на всех стадиях сварочно-монтажных работ, является:

4.1.1. Величина отклонения Δ действительного значения рабочего (намеряемого) параметра X_D от номинального (заданного) значения X_H этого параметра, выраженная в единицах измерения параметра

$$\Delta = X_D - X_H \quad (36)$$

Определение действительного значения измеряемого параметра осуществляется в соответствии с ГОСТ 16333-70.

При рассмотрении расхождения поля допусков вместо номинального значения параметра принимается величину, равную его значению, расположенному в центре этого допуски.

4.1.2. Коэффициент точности относительно номинального значения параметра K_{TH} выражается отношением погрешности параметра Δ к номинальному значению параметра X_H , т.е.

$$K_{TH} = \frac{\Delta}{X_H}, \quad K_{TH} = \frac{\Delta}{X_H} 100\% \quad (37)$$

4.1.3. Коэффициент точности относительно поля допусков $K_{T.2}$, устанавливаемого для номинального значения параметра, выражается отношением погрешности параметра Δ к величине его поля допусков Δ_n , т.е.

$$K_{T.2} = \frac{\Delta}{\Delta_n}; \quad K_{T.2} = \frac{\Delta}{\Delta_n} 100\% \quad (38)$$

4.1.4. Коэффициент технологической точности $K_{i.tech}$ выражается отношением среднего квадратического отклонения параметра (показателя), характеризующего состояние технологического процесса (стабильность, надежность, однородность и др.), $\sigma_{тех}$ к величине его поля допусков Δ_n

$$K_{i.tech} = \frac{\sigma_{тех}}{\Delta_n} \quad (39)$$

4.1.5. Коэффициент вариации K_B , выраженный отношением среднего квадратического отклонения параметра технологического процесса $\overline{\sigma}_{\mu}$ к его среднему значению \bar{X}

$$K_B = \frac{\overline{\sigma}_{\mu}}{\bar{X}} \quad (40)$$

4.1.6. Для косвенной оценки точности технологического процесса сварки в соответствии с ГОСТ 27.202-83 допускается применять следующие показатели:

процент сдачи работ заказчику с первого предъявления;

процент безремонтных сварных соединений, подлежащих ремонту и переделке.

4.1.7. Показатели точности, приведенные в п.4.1., изчисляются по всей номенклатуре контролируемых параметров для различных видов и объектов сварки.

4.2. Характеристику точности технологического процесса сварки следует считать полностью определенной, если устанавливаются:

величины случайных и систематических погрешностей контролируемых параметров;

функции распределения случайных и систематических погрешностей взаимосвязи между погрешностями сборки стыка и сварки.

4.3. Связку точности конкретной технологической операции документам производства по:

наилучшему показателю точности одного из параметров из области совокупности;

усредненному показателю точности, определенному отношением суммы показателей точности, выраженных в процентах, к их численности т.е.

$$\Delta_y = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} \quad (41)$$

показателю точности одного из параметров, который в наибольшей степени влияет на амплитудно-частотные характеристики сварных соединений

4.4. Оценка точности технологического процесса сборки стывов под сварку осуществляется при использовании предельных средств инструментального контроля (калибров, шаблонов, стрелочных и конусных мер длины) по количеству дефектных стывов.

При проведении инспекционных проверок допускается сварку точности проводить по количеству дефектных стывов (по категориям исправного и неисправного брака) в регламентированной выборке.

4.5. Точность выполнения технологических операций в процессе производства сварочно-монтажных работ определяет погрешность формирования нормативных параметров при заданном уровне вероятности выполнения задачи.

В общем случае, когда заданы верхнее X_B и нижнее X_H предельные отклонения (границы допуска), вероятность выполнения задания по i -му параметру определяется по формуле

$$P_i(t) = P(X_H \leq x_i(t) \leq X_B) = \int_{X_H}^{X_B} f(x) dx, \quad (42)$$

где: $x_i(t)$ - значение i -го показателя качества в момент времени t ;

$f(x)$ - функция плотности вероятности рассматриваемого показателя в момент времени t ;

Вид функции $f(x)$ зависит от характера образования погрешностей формуемого параметра x и выбирается в соответствии с рассмотренным в разделе 2.

При подтверждении технологической точности путем задания только односторонних границ допуска (X_H , X_B) вероятность $P(t)$ вычисляется по формулам

$$\left. \begin{aligned} P(x_i \leq X_B) &= 0,5 + \Phi\left(\frac{6K_{НБ}}{K_T}\right) \\ P(x_i \geq X_H) &= 0,5 + \Phi\left(\frac{6K_{НН}}{K_T}\right) \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

где: K_T - показатель расстояния, определяемый по ГОСТ 16,306-74;
 K_H - показатель уровня настройки (для автоматического сварки), рассчитываемый по ГОСТ 16467-70 относительно по высоте (Дав) и длине (Дли) трубы, если допуск на.

Формула (42) справедлива только при условии равномерности нормального закона распределения пометившего показателя.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

5.1. В процессе входного контроля качества сварочных материалов, а также приемочного контроля качества сварных соединений анализ точности следует выполнять с использованием традиционных статистико-вероятностных методов. Корректное формирование выборки для обеспечения ее представительности и случайности осуществляется в соответствии с ГОСТ 16321-70.

5.2. Корректированные уровни точности измерений контролируемых параметров необходимо выполнять по действительным относительным значениям параметров в представительной объединенной выборке, состоящей не менее чем из 240 объектов контроля. Расчет статистических характеристик точности производится в соответствии с требованиями ГОСТ 24615-70.

5.3. В процессе контроля концевых участков труб под сварку и измерения наружного диаметра (для определения овальности) и косым реза (для оценки качества подготовки кромок труб) требования к точности измерений задается коэффициентом метрологического запаса K_M или величиной допускаемой суммарной погрешности измерения Δ_d . Значения Δ_d для различных диаметров труб при измерении наружного диаметра и косым реза толщин труб приведены соответственно в таблицах 6,7 (ГОСТ 16306-74).

Таблица 6

Внутренний диаметр трубы, Дн, мм	Предельные отклонения Δ по Дн	Допускаемая погрешность измерения, Δ , мм
159-168	$\pm 1,5$	0,5 Δ пр
219-325	$\pm 2,0$	0,5 Δ пр
351-426	$\pm 2,2$	0,5 Δ пр
530-630	$\pm 3,0$	0,4 Δ пр
720-820	$\pm 4,0$	0,3 Δ пр
820-1020		
1020-1420	по ТУ	

Таблица 7

Внутренний диаметр трубы, Дн, мм	Предельное отклонение Δ по Дн	Допускаемая погрешность измерения Δ , мм
159-325	1,0	0,3
351-426	1,5	0,3
530-630	2,0	0,2
830-1220		
1220-1420	по ТУ	

5.4. В процессе приемочного контроля качества сварных соединений физическими методами точность определения размеров дефектов существенно образом зависит от чувствительности используемых методов и средств. В таблице 8 приведены значения требуемой чувствительности (в мм) радиографического контроля в зависимости от толщины стенки труб в классе соединения.

Таблица 8

Толщина стенки труб, мм	Базовая связь			Истинная связь		
	класс сварного соединения					
	1	2-3	4-6	7	1	2-5
5,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
5-9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
9-12	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
12-20	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5

При использовании проволочных электродов чувствительности значение 0,3 увеличивается до 0,32.

5.5. Точность технологического процесса сварки должна отвечать нормированному классу, исходя из условия

$$\Delta \geq 2tS'_N \quad (44)$$

где: Δ - близящее большее к значению $2tS'_N$ значение допус-
ка для данного интервала номинального размера в соответствующих
таблицах ГОСТ 21779-82;

S'_N - выборочная оценка среднего квадратического откло-
нения (для объединенной выборки $n \geq 240$);

t - коэффициент, принимаемый по таблице 9 в зависи-
мости от значения приемочного уровня дефектности
 ρ , принятого при контроле точности по ГОСТ 23616
79.

Таблица 9

ρ	3	1	0,25	1	0,65	1	1,5	1	4,0	1	10
t	1	3,0	1	2,7	1	2,4	1	2,1	1	1,6	

5.6. Для анализа deviations точности технологического процесса
сварки на различных временных интервалах следует использовать
коэффициент уровня точности h (по ГОСТ 23616-79), характеризующий
запас точности по отношению к допуску Δ_f (или Δ_{Hf})

$$h = \frac{\Delta_H - 2tS'}{\Delta_H} \quad (45)$$

где: S' - выборочная оценка среднего квадратического откло-
нения, определяемая по случайной выборке $n \geq 50$.

Критерием точности технологического процесса сварки следует
считать условие

$$|h| = 0,14$$

Если $|h| < 0,14$, то необходимый запас точности отсутствует, если $|h| > 0,14$ (и $h < 0$), то процесс переходит в более низкий класс точности.

При $h = 0,5$ может быть рассмотрен вопрос об отнесении технологического процесса к более высокому классу точности.

6. ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Достоверность контроля определяется вероятностью того, что результат контроля будет соответствовать действительности. С этой точки зрения возможны:

вероятность истинно-положительной интерпретации результатов контроля (вероятность истинно-положительного диагноза)

$$P(R_{un}) = \frac{\sum_i \alpha_i}{n} \quad (46)$$

вероятность ложно-положительной интерпретации (вероятность ложно-положительного диагноза)

$$P(R_{u,n}) = \frac{\sum_i \beta_i}{n} \quad (47)$$

где: α_i - какущаяся вероятность наличия истинно-положительного сигнала (выявленного дефекта);

β_i - какущаяся вероятность наличия ложно-положительного сигнала (невывявленного дефекта);

Результаты измерений (или наблюдений) целесообразно разбить на пять групп, выражая вероятность в %:

$\mathcal{L}_i = 100$ - сигнал положительный наверняка есть;

$\mathcal{L}_i = 75$ - вероятно есть;

$\mathcal{L}_i = 50$ - неопределенно;

$\mathcal{L}_i = 25$ - вероятно нет;

$\mathcal{L}_i = 0$ - наверняка нет.

Аналитично формируются ряд для $\beta_i = 0; 25; 50; 75; 100$.

Вероятность правильного заключения о качестве (как вероятности правильного выявления дефектов), характеризующая достоверность

контроли, определяется по формуле

$$P_{п.д.} = 0,5 + 10^{-3} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i - \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (48)$$

6.2. Поскольку в основе распознавания дефектов по радиографическим снимкам лежит принцип визуального сопоставления геометрических образов, формируемых эталонной чувствительности и реальными дефектами, то вероятность правильной интерпретации результата контроля зависит от плотности потемнения (отвечающей определяемой глубине дефекта), на которую в свою очередь влияют следующие факторы:

разность толщины эталонной чувствительности и толщины металла в местах деления дефектов, Δh_f ;

смещение источника проникающего излучения при просвечивании от геометрической оси шва S_v ;

закругленность труб, e_T ;

несовпадение кромок труб при сборке их под сварку, ΔR_K ;

разнотолщинность стенок труб $\Delta \delta_T$.

В таблице 10 приведены возможные предельные значения перечисленных факторов, а также даны ориентировочные сведения о степени влияния этих факторов на величину разности потемнения (в %) сопоставляемых участков радиографического снимка

Таблица 10.

Предельные значения факторов	$\Delta h_f, мм$	$S_v, \%$	$e_T, \%$	$\Delta R_K, мм$	$\Delta \delta_T, мм$
	1-3	1,5-0,1	6	1-10	1-3,0
Относительная разность потемнения сопоставляемых участков ("эталон-дефект") на радиографическом снимке	10-15	20	5-7	7-0	10

6.3. Достоверность инструментального контроля сварочно-монтажных работ оценивается в общем случае способами 1-го и 2-го рода (P_x , P_β). Причем для тех случаев, когда распределение вероятностей по конкретным параметрам не противоречит нормальному закону

$$P_x > P_\beta .$$

При выборе условий

$$\Delta_H >> 6\sigma_T \quad (49)$$

или

$$\Delta_{cp} >> 6\sigma_T \quad (50)$$

где: σ_T - среднее квадратическое отклонение нормально распределенных параметров технологического процесса сварки. $P_\kappa \approx 0$ и $P_\beta \approx 0$.

7. ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

7.1. При выборе методов и средств контроля необходимо учитывать совокупность их метрологических, эксплуатационных, экономических показателей, причем точность средств измерений должна быть достаточна по высокой по сравнению с требуемой точностью формируемого параметра. Погрешность измерения, выполняемого с помощью приборов, должна быть в несколько раз (2-5) меньше допусков Δ и.

7.2. После установления предельно допустимых погрешностей измерений в зависимости от доли допуска на контролируемый параметр по соотношениям $(\frac{1}{3} \div \frac{1}{10})$ или по ГОСТ 8.051-81 выбираются средства измерения. При этом необходимо учитывать, что их погрешность не является одной из составляющих предельной погрешности измерений, указанной в таблице 4.

7.3. Назначение средств измерений, отвечающих требованиям точности технологического процесса, осуществляют специалисты-метрологи, которые разрабатывают ^{нормативные} документы по выбору приборов, рекомендации по оснащению или предприятия и организации, техническое задание на разработку новых средств измерений. При этом метрологи обязаны установить: в какой мере условия проведения измерений связаны со суммарной погрешностью измерений, выполняемых с помощью рекомендуемых средств; какое доля погрешности средств измерений в погрешности измерения; какая погрешность измерений при изменении

условия их проведения.

Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений регламентированы ГОСТ 8.050-73.

7.4. Выбор средств измерений наряду с обеспечением требуемой точности измерений (предельно допустимой погрешности измерений) должен обеспечить минимальную себестоимость контроля. Для решения этой задачи из имеющихся средств измерений одинаковой точности выбирает наиболее производительные.

7.5. В целях повышения точности и достоверности контроля качества сварных соединений целесообразно осуществлять комбинированный контроль, используя для этой цели обоснованное сочетание методов дефектоскопии.

Радиографический метод обладает высокой чувствительностью (около 1-2% от толщины просвечиваемой стали) и позволяет с высокой достоверностью определять тип и размеры дефектов в больших интервалах контролируемых толщин. В то же время радиографическим методом трудно выявление дефектов плоскостного типа (включения и т.п. вмятины малое раскрытие, плоскость которых не совпадает с направлением рентгеновских или гамма-лучей).

Магнетографический метод контроля, обеспечивая достаточно надежное выявление наиболее опасных плоскостных дефектов при высокой чувствительности к обнаружению округлых включений типа пор и шлаков обладает очень высокой производительностью. Чувствительность метода составляет 5-6% для плоскостных дефектов и 15-20% для округлых включений. Недостатком можно также отнести снижение чувствительности контроля при увеличении толщины контролируемых изделий (метод применим для толщины стали до 25мм) и изменение величины сигнала при изменении места расположения дефекта по сечению кат.

Ультразвуковой метод контроля очень чувствителен к выявлению плоскостных дефектов практически с нулевым раскрытием (трещины,

беспылевая), позволяет надежно контролировать изделия большой толщины. К основным недостаткам относится невозможность определения размеров дефектов и отсутствие письменного документа о качестве контролируемого изделия. Метод во многом субъективен и требует высокой квалификации операторов, осуществляющих контроль изделий.

Наилучшие результаты достигаются при совместном применении ультразвукового контроля и одного из видов контроля возмущенными излучениями.

7.6. Максимальное деление шкалы (или отчетного устройства средств измерений) должно быть не более 0,15 от допуска контролируемого параметра, т.е.

$$\Delta \leq 0,15 \Delta_H \quad (51).$$

ПРЕЛОЖЕНА

Приложение I

Измерение параметров дефектов сварных соединений по радиографическим снимкам с помощью дефектоскопической линейки

Определение недопустимых размеров обнаруженных дефектов в соответствии с требованиями СНиП 3-42-80, ВСН 2-146-82, ВСН 2-124-80 ^{Инструкция по Минифизатом} и другими нормативными документами по радиографическим снимкам производится с помощью дефектоскопической линейки.

Дефектоскопическая линейка выполнена в виде габной прозрачной лавсановой пластины размером 70x200 мм с нанесенными на ней миллиметровыми шкалами для измерения продольных и поперечных размеров дефектов, эталонным измерителем для определения максимального размера отдельного дефекта (пор, шлаковые включения и др.). На линейке представлены варианты изображений отдельных пор и шлаковых включений, цепочки пор и скопления пор. Отдельно, в левой части приведено изображение отдельных пор различного диаметра (данное изображение показывает плотность распределения пор, соответствия в соответствии с нормативными документами к отдельным дефектам). Общий вид линейки представлен на рис. 1.

При расшифровке радиографического снимка последний помещают на просмотровое окно магнитофона горизонтально и рассматривают через прозрачную часть дефектоскопической линейки, постепенно перемещая ее вдоль изображения сварного шва.

Сравнением с эталонными дефектами, изображенными в нижней части дефектоскопической линейки, определяют вид дефекта на снимке (поры, шлаковые включения, скопления пор, цепочка пор) и по измерительной шкале линейки оценивают допустимость размеров этого дефекта, а также расстояние между отдельными дефектами.

Далее сравнением с примером изображения пор в левой части линейки определяют группу отдельных пор (в отличие от скопления пор), т.е. такую группу, расстояние между тремя любыми порами

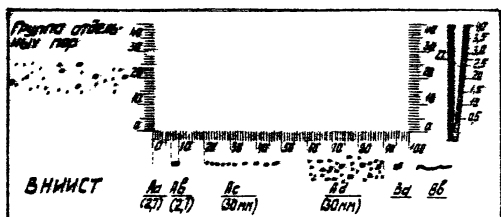


Рис. 1. Общий вид дефектоскопической линейки.

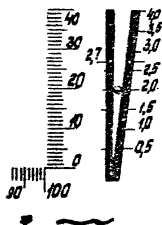


Рис. 2. Определение диаметра сферической поры (размер дефекта 2,0 мм).

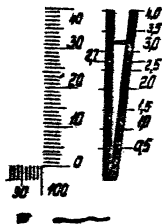


Рис. 3. Определение длины удлиненной поры (размер дефекта 3,2 мм).

в которой превышает трехкратный диаметр (длину) наибольшей из них.

Диаметр и длину эллиптического дефекта определяют с помощью измерителя, помещенного в правой части дефектоскопической линейки. При этом линейку выкладывают на снимок таким образом, чтобы дефект оказался в эллипсообразном окне измерителя, а края дефекта касались границ окна, как показано на рис.2 и 3. Против точек касания считывают (приблизительно определяют) размер дефекта. Так, в примере на рис.2 диаметр дефекта равен 2,0 мм, в примере на рис.3 длина дефекта равна 3,2 мм. Сложно в определении размера отдельного дефекта с помощью данного измерителя не превышает 0,1-0,2 мм.

Таким образом, применение дефектоскопической линейки при расшифровке радиографических снимков сварных швов способствует более точному и быстрому измерению обнаруженных дефектов и упрощает процесс оценки качества всего шва в целом, дает более объективные радиографический контроль при визуальной расшифровке снимков.

Приложение 2

Расчет нормативного допуска с учетом требований к надежности сварного соединения, возможностей технологии изготовления и контроля

Пример I. Расчет нормативного допуска на глубину вытесн на торцах труб.

Постановка задачи и исходные данные.

Выполняется расчет нормативного допуска на глубину вытесн на торцах труб диаметры $\Delta_f = 1000$ мм. Вероятность безотказной работы трубопровода $P = 0,998$ (назначается заказчиком с учетом требований надежности). Вероятность необнаруженного брака $P_f = 3\%$ (доля на отвечать требованиям: при выборочности труб на этапе их входного контроля).

Последовательность расчета.

1. Определяем нормативный допуск, соответствующий требованиям характеристик функционального назначения сварного соединения. Для вероятности безотказной работы $P = 0,998$ в соответствии с таблицей I коэффициент запаса по функциональному назначению $K_f = 3,9$.

При $K_f \geq I$ из формулы (3) получаем:

$$\Delta_{нф} = \frac{\Delta_f}{K_f} \cdot \Delta_{нф} = \frac{\Delta_f}{3,9} \cdot \Delta_{нф} = 0,26 \Delta_f$$

Таким образом, нормативный допуск на глубину торцевой вытесн не должна превышать $0,26 \Delta_f$, т.е.

$$\Delta_{нф} \leq 0,26 \Delta_f \text{ (мм)}$$

Допуск на формируемый рабочий параметр Δ_f должен быть указан с характеристиками функционального назначения сварных соединений (сл.п. I.4.) и определяться с учетом вероятности безотказной работы по результатам специальных исследований.

Примем $\Delta_f = 3,5$ мм, тогда $\Delta_{нф} \leq 0,91$ мм.

2. Определяем нормативный допуск с учетом технологических возможностей формирования рабочего параметра.

Из таблицы 2 при номинальном размере $\lambda < 20\mu\text{м}$ и принятом классе точности 4 величина допуска $\Delta = 1,0 \mu\text{м}$.

По формуле (3) получаем:

$$\Delta_{HT} = K_T \cdot \Delta_T = 1,0 K_T (\mu\text{м})$$

Таким образом, нормативный допуск на глубину торцевой выточки не должен быть менее $1,0 K_T$.

$$\Delta_H \geq 1,0 K_T$$

Допуск на формируемый рабочий параметр должен быть увязан с характеристиками технологического обеспечения работ (см. п.1.6) и определяется исходя из возможностей технологического процесса на данном этапе.

Коэффициент K_T находим по формуле (5)

$$K_T = \frac{T_{\phi}}{T_H}$$

Приним $T_H = 1$ час, $T_{\phi} = 1,3$ часа, получаем

$$K_T = \frac{1,3}{1} = 1,3$$

тогда

$$\Delta_H \geq 1,3\mu\text{м}$$

3. Определяем нормативный допуск, соответствующий уровню метрологического обеспечения сварочно-монтажных работ.

В соответствии с таблицей 3 с учетом заданной вероятности обнаруженного брака $P_B = 3\%$ коэффициент запаса по метрологическому обеспечению $K_N = 0,32$.

Допуск на формируемый рабочий параметр Δ_H увязан с характеристиками метрологического обеспечения работ и принимается равным (в соответствии с ВСН 2-141-82 суммарной погрешности измерения).
Аннотация к ВСН 2-141-82
Согласно таблице 4 для дефектов поверхности стенки трубы

$$\Delta_H \approx \Delta_{17\%} = 2,5 \cdot 0,1 = 0,25 (\mu\text{м})$$

Тогда при $K_N < 1$ из формулы (3) получаем

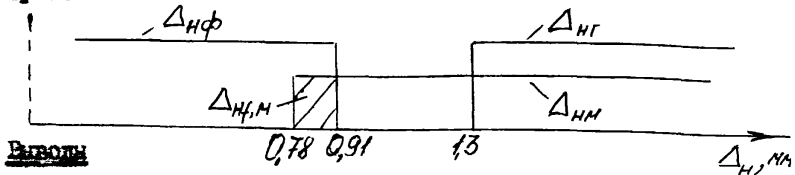
$$\Delta_{HM} = \frac{\Delta_H}{K_N}, \quad \Delta_{HM} = \frac{0,25}{0,32} = 0,78 (\mu\text{м})$$

Таким образом, допуск на глубину торцевой выточки должен быть не менее 0,78 мм.

4. Нормативный допуск на глубину выточки на торцах труб выходящим, составляет полученные неравенства:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_{НФ} \leq 0,91 \text{ мм} \\ \Delta_{НТ} \geq 1,3 \text{ мм} \\ \Delta_{НМ} \geq 0,78 \text{ мм} \end{array} \right.$$

Для анализа удобства графическая интерпретация полученной системы неравенств



Значения нормативного допуска Δ_N по функциональному назначению и метрологическому обеспечению имеют общую область. Это означает, что требования к надежности (P) метрологически обеспечены.

Значения нормативного допуска по технологическому обеспечению ($\Delta_{НТ}$) выходят за пределы совместной области значений $\Delta_{Н, М}$. Это означает, что требование к технологической точности не отвечает заданному уровню надежности. Поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по улучшению технологического обеспечения работ.

Пример 2. Расчет нормативного допуска на величину зазора между кромками стыкуемых труб.

Исходные данные.

Вероятность безотказной работы трубопровода $P = 0,977$.

Вероятность необнаруженного брака $P_B = 3,85$

1. Справедлив нормативный допуск, соответствующий требованиям характеристик функционального назначения сварного соединения $\Delta_{НФ}$

В соответствии с таблицей I для вероятности безотказной рабо-

ты $P = 0,977$ коэффициент запаса по функциональному назначению
 $K_f = 2,0$

Из формулы (3) получаем

$$\Delta_{н,ф} = \frac{\Delta_f}{K_f} = \frac{\Delta_f}{3,0} = \frac{1}{3} \Delta_f$$

Таким образом, нормативный допуск на величину зазора между
 кромками стыкуемых труб не должен быть более $\frac{1}{3} \Delta_f$, т.е.

$$\Delta_{н,ф} \leq \frac{1}{3} \Delta_f \quad (\text{мм})$$

Допуск на формируемый рабочий параметр Δ_f определяется по
 результатам специальных исследований

Пример: $\Delta_f = 2,7$ мм, тогда

$$\Delta_{н,ф} \leq 0,9 \text{ мм.}$$

2. Определяем нормативный допуск на величину зазора между
 кромками стыкуемых труб с учетом технологических возможностей фор-
 мирования рабочего параметра $\Delta_{н,т}$.

Из таблицы 2 при номинальном размере $\lambda < 20$ мм и принятом
 классе точности 3 величина допуска $\Delta_f = 0,6$ мм

Коэффициент K_T находим по формуле (5)

$$K_T = \frac{T_{об}}{T_{н}}$$

Приним $T_{н} = 0,6$ часа, $T_{об} = 0,8$ часа, получим

$$K_T = 1,33$$

По формуле (3) определяем величину технологического норматив-
 ного допуска:

$$\Delta_{н,т} = 1,33 \cdot 0,6 = 0,8 (\text{мм})$$

Таким образом, нормативный допуск на величину зазора между
 кромками стыкуемых труб не должен быть менее 0,8 мм:

$$\Delta_{н,т} \geq 0,8 \text{ мм.}$$

3. Определяем нормативный допуск, соответствующий уровню мет-
 рологического обеспечения сварочно-монтажных работ.

Заданной вероятности необнаруженного брака $P_B = 3,85\%$ соответ-
 ствует коэффициент запаса по метрологическому обеспечению $K_M = 0,4$

Допуск на формируемый рабочий параметр Δ_H принимается равным (ВОН 2-141-82) суммарной погрешности измерения. Согласно таблице 4 для зазора между кромками стыкуемых труб:

$$\Delta_H \approx \Delta_{\text{ИЗ}} = 4,0 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ (мм)}$$

По формуле (3) подсчитываем величину метрологического нормативного допуска

$$\Delta_{\text{НМ}} = \frac{\Delta_H}{K_M} \quad ; \quad \Delta_{\text{НМ}} = \frac{0,2}{0,4} = 0,5 \text{ (мм)}.$$

Таким образом, допуск на величину зазора между кромками стыкуемых труб должен быть не менее 0,5 мм.

4. Нормативный допуск на величину зазора между кромками стыкуемых труб находим, сопоставляя полученные неравенства:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta_{\text{ИЗ}} \leq 0,9 \text{ мм} \\ \Delta_{\text{НТ}} \geq 0,8 \text{ мм} \\ \Delta_{\text{НМ}} \geq 0,5 \text{ мм} \end{array} \right. \quad 0,8 \text{ мм} \leq \Delta_{\text{Г}} \leq 0,9 \text{ мм}$$

Вывод

Если нормативный допуск на величину зазора между кромками стыкуемых труб находится в границах полученного интервала, то это означает, что требования к надежности технологически и метрологически обеспечены.

Приложение 3
(рекомендуемое)

УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКОНОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ СПАРОЧ-
НО-КОНТАВНЫХ РАБОТ

Наименование рабочих параметров	Закон распределения
Габаритические размеры кромок труб, фактические результаты многократных измерений параметров (подготовки кромок, подпрямки, сборки в сварки труб) при условии $\Delta_M \leq (0,1 + 0,2) \Delta_f$	Нормальный
Непараллельность осей стыкуемых труб, разнотолщинность стенки, овальность труб, абсолютная погрешность измерения рабочих параметров; фактические отклонения контрольных параметров от номинальных значений	Модули разности
Смещение кромок, провисание, зазор между кромками, несосность стыкуемых труб, равенство периметров труб, равенство толщины стенки стыкуемых труб.	Релея, Лавсвелла