

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ.
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ.
ХАРАКТЕРИСТИКА ИНДИКАЦИЙ ДЕФЕКТОВ
СВАРНЫХ ШВОВ**

**EN
1713:1998**

ВВЕДЕНИЕ

Классификация индикаций дефектов, как плоскостных, так и неплоскостных, основана на нескольких параметрах:

- способ сварки;
- геометрическое положение индикаций;
- максимальная амплитуда эхо-сигнала;
- направленная отражательная способность;
- форма эхо-сигнала при неподвижном преобразователе, А-сканирование (эхо-статическая форма);
- форма эхо-сигнала при движущемся преобразователе (например, эхо-динамическая форма).

Процесс классификации включает в себя контроль каждого из параметров в зависимости от всех остальных для получения точного заключения.

В качестве руководства алгоритм в приложении А дает классификацию индикаций внутренних дефектов сварного шва, пригодную для общего применения. Данный алгоритм должен применяться совместно с двумя первыми вышеуказанными параметрами, а не использоваться изолированно.

Такая классификация должна выполняться только в соответствии со стандартами EN 1712, если это согласовано между участниками контракта.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Данный стандарт определяет процедуру выполнения алгоритма (см. приложение А), которая служит для классификации внутренних индикаций, как плоскостных, так и неплоскостных.

Данный стандарт пригоден только для индикаций, расположенных по меньшей мере на 5 мм ниже нешлифованной поверхности соединения (рис. 1).

2. ССЫЛКИ НА ДОКУМЕНТЫ

Данный европейский стандарт содержит в виде датированных или недатированных ссылок выдержки из других публикаций. Эти ссылки на стандарты приводятся в соответствующих местах по тексту, а затем перечисляются публикации. Для датированных ссылок последующие дополнения или пересмотры любой из этих публикаций прикладываются к данному европей-

скому стандарту, если только в нем используются эти дополнения или пересмотренные публикации. Для недатированных ссылок прикладывается только их последняя публикация.

EN 1712. Неразрушающий контроль сварных швов — Ультразвуковой контроль сварных соединений — Уровни приемки.

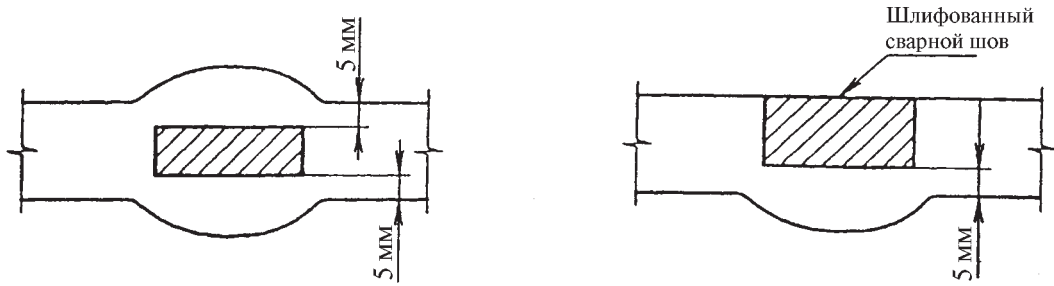


Рис. 1. Положение индикаций дефектов

3. ОПИСАНИЕ

3.1. Общее

Классификация выполняется последовательным применением нескольких исключаяющих критериев, а именно:

- амплитуды эхо-сигнала;
- направленная отражательная способность;
- форма эхо-сигнала при неподвижном ультразвуковом преобразователе (А-сканирование);
- форма эхо-сигнала при движущемся ультразвуковом преобразователе.

Процедура выполнения алгоритма прекращается, как только один из вышеуказанных критериев выполняется.

Ультразвуковые преобразователи, используемые для классификации, как правило, те же, что и указанные для контроля.

Процедура выполнения алгоритма стандартизирует систему квалификации контроля качества. Установлено несколько уровней в децибелах сравнением с DAC-кривой (кривой зависимости амплитуды от расстояния) или сравнением максимальных амплитуд эхо-сигналов от несплошности, полученных при контроле с различными углами ввода.

Предлагаемые уровни в децибелах для различных этапов процедуры выполнения алгоритма приведены в табл. 1.

Таблица 1

Различные этапы процедуры выполнения алгоритма

S1	S2	S3	S4
DAC –10 дБ	DAC +6 дБ	DAC –6 дБ	9 дБ/15 дБ

В процедуре выполнения алгоритма 5 этапов, каждый из которых имеет четкую цель:

- первый этап: не допустить классификации индикаций со слишком малыми амплитудами эхо-сигналов;
- второй этап: классифицировать все индикации с большой амплитудой эхо-сигналов как плоскостные;
- третий этап: предварительно классифицировать отсутствие сплавления;
- четвертый этап: предварительно классифицировать включения инородных материалов;
- пятый этап: предварительно классифицировать трещины.

Примечание. «Гибридные» индикации, возникающие из наличия как включения, так и отсутствия сплавления, классифицируются как плоскостные процедурой выполнения алгоритма. Пример этого типа дефекта дан на рис. А.3.

3.2. Принятые условности

Эталонные эхо-сигналы должны приниматься от боковых просверленных отверстий диаметром 3 мм.

Принято, что:

отрицательные значения уровня означают, что индикация имеет амплитуду эхо-сигнала меньшую, чем амплитуда эталонного эхо-сигнала;

положительные значения уровня означают, что индикация имеет амплитуду эхо-сигнала большую, чем амплитуда эталонного эхо-сигнала.

3.3. Критерии величины амплитуды эхо-сигнала

3.3.1. Малые амплитуды (этап 1)

Принято считать, что индикация с амплитудой эхо-сигнала, меньшей, чем уровень $S1$ (DAC-кривая -10 дБ), пренебрежима. Для специальных применений это значение может быть уменьшено по согласованию договорных сторон.

3.3.2. Большие амплитуды (этап 2)

Принято считать, что индикация с амплитудой эхо-сигнала, по меньшей мере равная уровню $S2$ (DAC-кривая $+6$ дБ), связана с плоскостной индикацией.

3.4. Критерии направленной отражательной способности (этап 3)

Этот этап процедуры выполнения алгоритма должен применяться либо ко всем индикациям, либо по согласованию договорных сторон только к индикациям, превышающим конкретную длину. Для диапазона толщин $8 \text{ мм} \leq t \leq 15 \text{ мм}$ — это длина t , а для толщин свыше 15 мм — это $t/2$ или 20 мм (брать наибольшую из этих величин). Для индикаций, не превышающих указанную длину, переходить к этапу 4.

Для нижеуказанных критериев угол ввода, используемый при контроле и дающий максимальную амплитуду эхо-сигнала по отношению к DAC-кривой, считается отсчетным углом $H_{d\max}$. Минимальная амплитуда эхо-сигнала по отношению к DAC-кривой, полученная при других углах ввода $H_{d\min}$, сравнивается с $H_{d\max}$.

Для удовлетворения критерия направленной отражательной способности должны одновременно выполняться следующие условия:

1) амплитуда эхо-сигнала индикации по меньшей мере для одного из углов ввода больше или равна $S3$ (DAC-кривая -6 дБ);

2) направленная отражательная способность считается большой, если:

а) имеется разность по меньшей мере в 9 дБ амплитуд эхо-сигналов при двух углах ввода, если контроль выполняется поперечными волнами:

$$|H_{d\max} - H_{d\min}| \geq 9 \text{ дБ};$$

б) имеется разность по меньшей мере в 15 дБ амплитуд эхо-сигналов при двух углах ввода, если контроль выполняется продольными волнами:

$$|H_{d\max} - H_{d\min}| \geq 15 \text{ дБ}.$$

Угол ввода при контроле определяется углом преломления и условиями контроля (с отражением от стенок и без отражения). Некоторые примеры даны в приложении Б.

Пример применения данного критерия дан на рис. А.2.

Следует принимать во внимание затухание в сварном шве.

Условия применения:

а) обычно длина волны при различных углах ввода при контроле должна быть почти одинаковой (пример: 4 МГц для продольных волн и 2 МГц для поперечных волн);

б) во всех случаях разность сравниваемых углов ввода равна или больше чем 10° (принимается во внимание номинальные углы преломления);

- в) сравнение отраженных способностей должно производиться в положении индикации, которая соответствует максимальной отражательной способности;
- г) такое сравнение имеет смысл, если только известно, что сравниваемые эхо-сигналы идут от одного и того же отражателя;
- д) перед применением данных критериев необходимо убедиться в том, что:
 - в основном металле нет расслоений;
 - нет коррозии и обе стороны параллельны, если используется отражение от стенок;
 - материал является изотропным.

3.5. Критерии формы эхо-сигнала при неподвижном преобразователе (этап 4)

На этом этапе рассматривается форма эхо-сигнала при неподвижном преобразователе (например, А-сканирование).

Если выполняются требования по амплитуде эхо-сигнала (которая не слишком велика, но и не слишком мала), а направленная отражательная способность мала и если при неподвижном преобразователе эхо-сигнал одиночный и имеет гладкую форму, то индикация дефекта классифицируется как неплоскостная.

Если при неподвижном преобразователе эхо-сигнал неодионый и имеет гладкую форму, то нужно переходить к следующему этапу алгоритма.

Форма эхо-сигнала при неподвижном преобразователе зависит от используемого ультразвукового преобразователя и оборудования. Таким образом, настоятельно необходимо сравнить форму эхо-сигнала с формой эхо-сигнала, полученного от эталонного отражателя (бокового высверленного отверстия диаметром 3 мм).

3.6. Критерии формы эхо-сигнала при движущемся преобразователе (этап 5)

Если эхо-сигнал при неподвижном преобразователе неодионый и гладкий, то он должен быть классифицирован как одиночный и зубчатый или как множественный. Здесь используется пятый этап алгоритма.

Форма эхо-сигнала отражателя при движущемся преобразователе и поперечной волне является огибающей результирующих эхо-сигналов. При анализе принимают во внимание не только огибающую кривой, но и вид эхо-сигналов внутри нее.

Форма эхо-сигнала может быть классифицирована четырьмя типами, как указано в приложении В.

Если форма эхо-сигнала при движущемся преобразователе и поперечной волне соответствует форме 3 при не менее чем двух углах ввода, то индикация классифицируется как плоскостная.

Обычно выбранные два угла ввода являются углами с наибольшим отражением.

Если форма 3 эхо-сигнала при движущемся преобразователе наблюдается только при одном угле ввода, то можно использовать третий угол ввода или прибегнуть к дополнительному контролю (см. п. 3.7).

Другие типы форм эхо-сигналов при движущемся преобразователе указывают на индикации неплоскостных дефектов:

форма 1: одиночный неплоскостной дефект;

форма 4: скопление неплоскостных дефектов.

На этом этапе процедуры выполнения алгоритма форма 2 эхо-сигнала не может быть получена, поскольку такие индикации были бы классифицированы как плоскостные на более ранних этапах (большая отражательная способность).

3.7. Дополнительный контроль

В случае какого-либо сомнения должен быть выполнен следующий контроль:

анализ формы эхо-сигнала при преобразователе, движущемся сбоку от сварного шва;

использование дополнительных ультразвуковых преобразователей;
другой тип неразрушающего контроля (например, радиография).
Данный перечень можно продолжить.

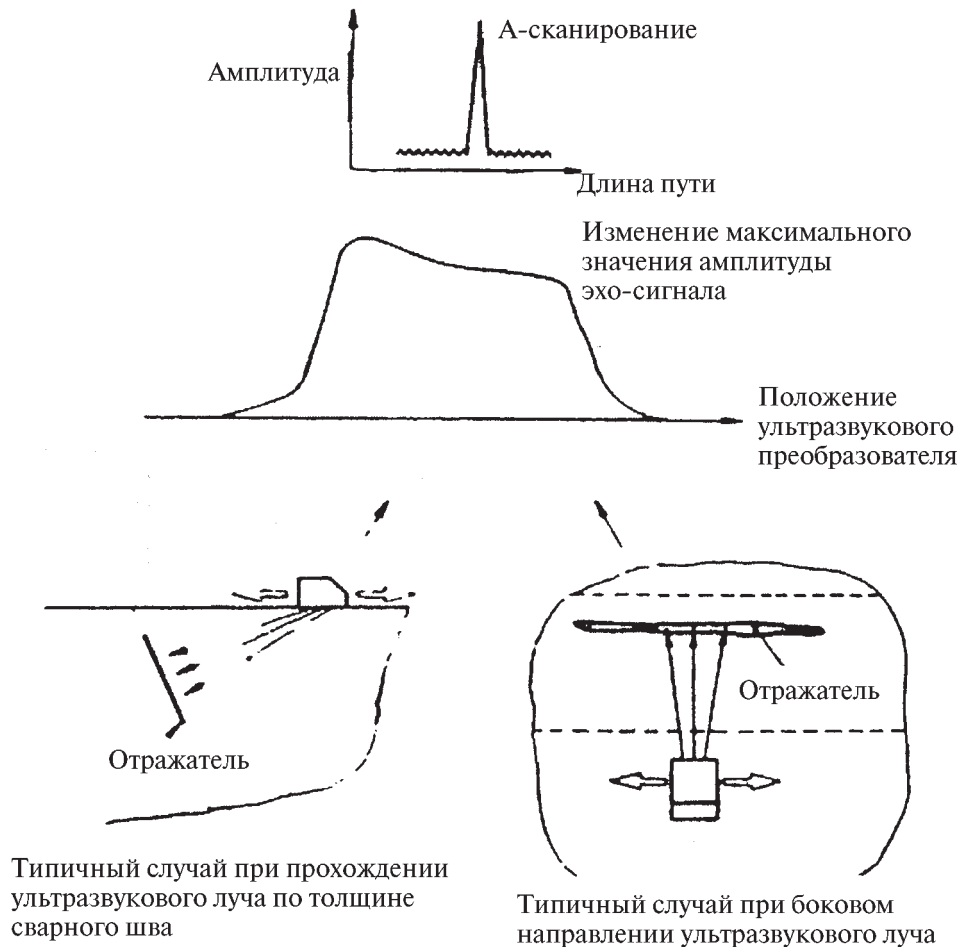


Рис. 2. Форма 2 ультразвукового эхо-сигнала

Классификация индикаций внутренних дефектов в сварных швах — Алгоритм.
Процедура выполнения алгоритма

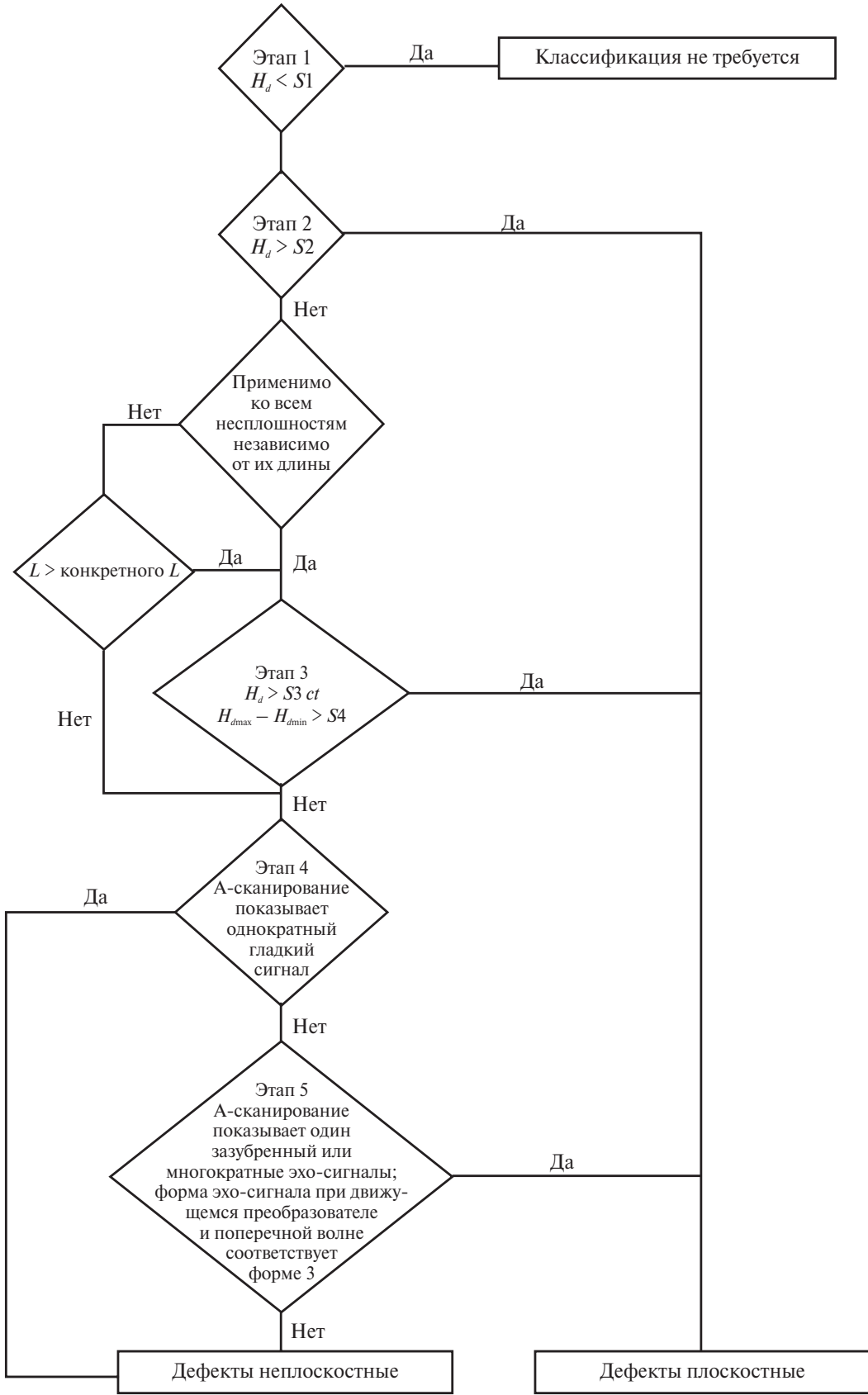


Рис. А.1. Процедура выполнения алгоритма

Таблица А.1

Процедура выполнения алгоритма

S1	S2	S3	S4
DAC -10 дБ	DAC +6 дБ	DAC -6 дБ	9 дБ/15 дБ

H_d — амплитуда эхо-сигнала дефекта.

1) ($S1 = DAC - 10 \text{ дБ}$): это означает, что все индикации ниже этого уровня не классифицируются.

2) ($S2 = DAC + 6 \text{ дБ}$): индикация, которая по меньшей мере вдвое превышает эталонный отраженный сигнал, классифицируется как плоскостная.

3) ($S3 = DAC - 6 \text{ дБ}$): если амплитуда индикации эхо-сигнала по меньшей мере равна половине эталонного отраженного сигнала и если разность отраженных сигналов больше или равна $S4$, то индикация классифицируется как индикация плоскостного дефекта:

при $S4 = 9 \text{ дБ}$ для поперечных волн;

при $S4 = 15 \text{ дБ}$ между отражениями, полученными при поперечных и продольных волнах.

Углы, при которых ультразвуковой луч падает на дефект, должны отличаться не менее чем на 10° . Сравнение должно производиться на одной и той же площади дефекта.

4) и 5) Эти критерии должны выполняться по меньшей мере для двух углов контроля.

5) Если движение преобразователя не создает эхо-сигналов формы 3, то индикация классифицируется как индикация неплоскостного дефекта.

Формы эхо-сигналов являются такими же, как и формы, приведенные в приложении В.

Примечание. Эталонные эхо-сигналы должны быть получены от боковых просверленных отверстий диаметром 3 мм.

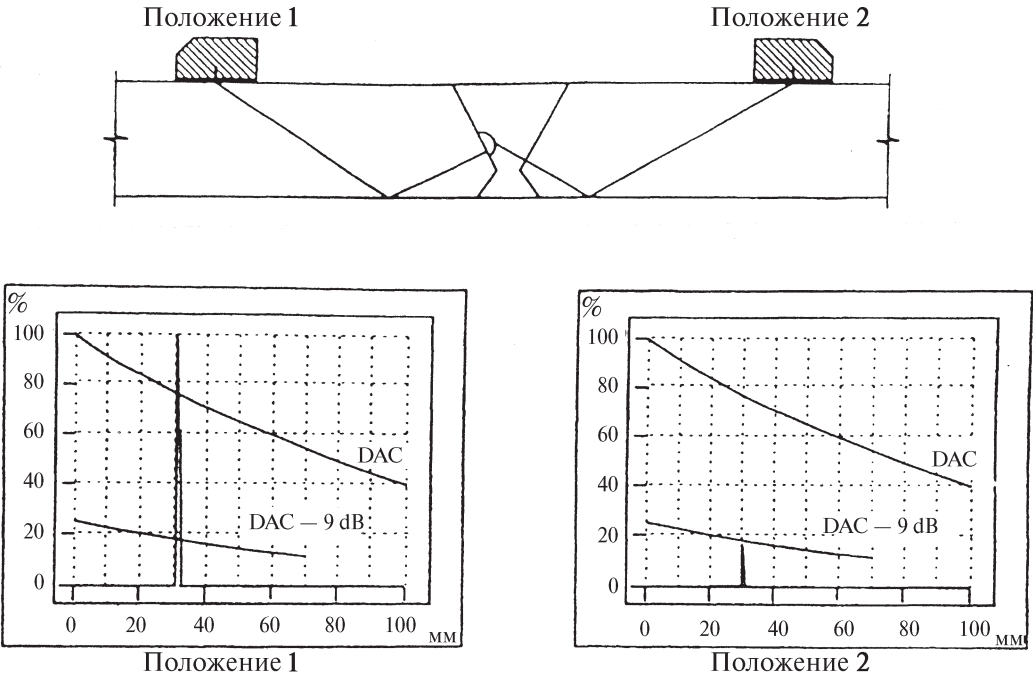


Рис. А.2. Пример применения критерия направленной отражательной способности

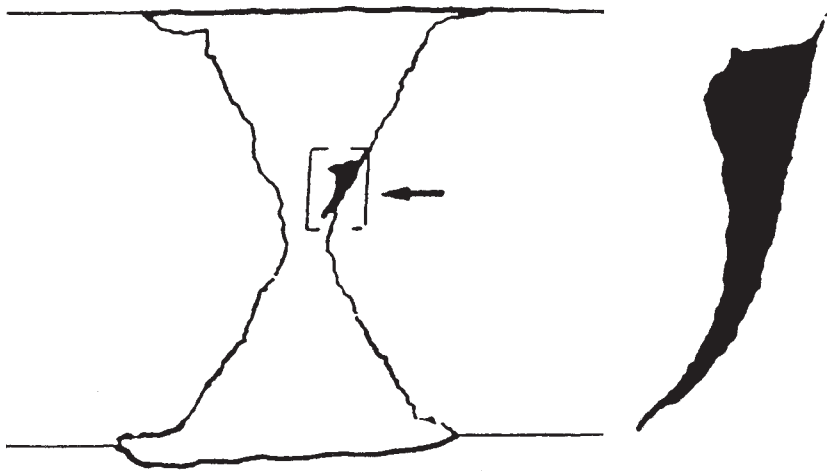


Рис. А.3. Пример гибридной индикации. Включение инородного материала и отсутствие сплавления

Угол ввода при контроле

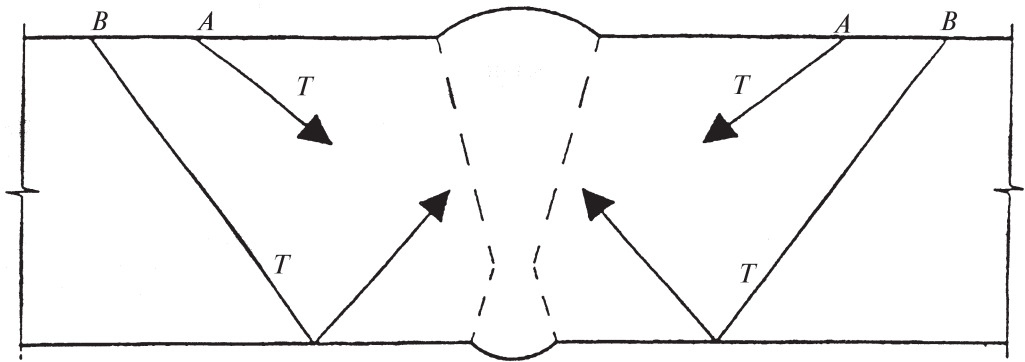


Рис. Б.1а. Поперечная волна, *T*

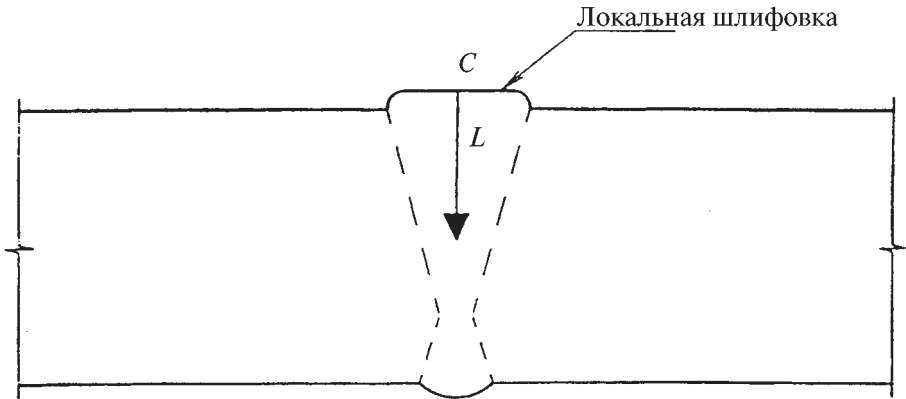


Рис. Б.1б. Продольная волна, *L*

Основные формы эхо-сигналов от отражателя при движущемся преобразователе**С.1. Форма 1 эхо-сигнала.**

Эхо-сигнал от точечного отражателя (рис. С.1). При любом положении ультразвукового преобразователя А-сканирование дает один-единственный четкий эхо-сигнал. При движении ультразвукового преобразователя амплитуда постепенно увеличивается до единственного максимального значения, а затем спадает до уровня шума.

С.2. Форма 2 эхо-сигнала.

Эхо-сигнал от вытянутого гладкого отражателя (рис. С.2). При любом положении ультразвукового преобразователя А-сканирование дает один-единственный четкий эхо-сигнал.

При движении ультразвукового преобразователя над отражателем амплитуда эхо-сигнала постепенно увеличивается до некоторого значения, которое удерживается с колебаниями до 4 дБ, а затем при удалении преобразователя от отражателя амплитуда плавно спадает до уровня шума.

С.3. Форма 3 эхо-сигнала.

Эхо-сигнал от отражателя с грубой поверхностью. Имеются два варианта изображения в зависимости от угла ввода ультразвукового луча, попадающего на отражатель.

С.4. Форма 3а эхо-сигнала.

На рис. С.3а показан случай падения ультразвукового пучка почти под углом 90° на отражатель. В любом положении ультразвукового преобразователя А-сканирование дает единственный, но зубчатый эхо-сигнал. При движении преобразователя возможны большие случайные флуктуации амплитуды ($> \pm 6$ дБ). Эти флуктуации обусловлены отражением от различных граней отражателя и наложением ультразвуковых волн, рассеянных от нескольких граней.

С.5. Форма 3б эхо-сигнала.

При косом угле падения ультразвукового пучка на отражатель с грубой поверхностью возникает эхо-сигнал меняющейся формы (рис. С.3б). В любом положении ультразвукового преобразователя А-сканирование дает последовательность следующих друг за другом сигналов с колоколообразной огибающей. При движении преобразователя каждый сигнал перемещается внутри огибающей, имея свой максимум в центре колокола и затем спадая. Суммарный сигнал может случайным образом меняться в большом диапазоне по величине амплитуды ($> \pm 6$ дБ).

С.6. Форма 4 эхо-сигнала.

Многочисленные эхо-сигналы от отражателя (рис. С.4). При любом положении ультразвукового преобразователя А-сканирование дает группу сигналов, которые можно или нельзя различить друг от друга. При движении преобразователя сигналы возникают и исчезают случайным образом, но эхо-сигнал от каждого отдельного элемента отражается, если его можно выделить из других сигналов, имеет форму 1.

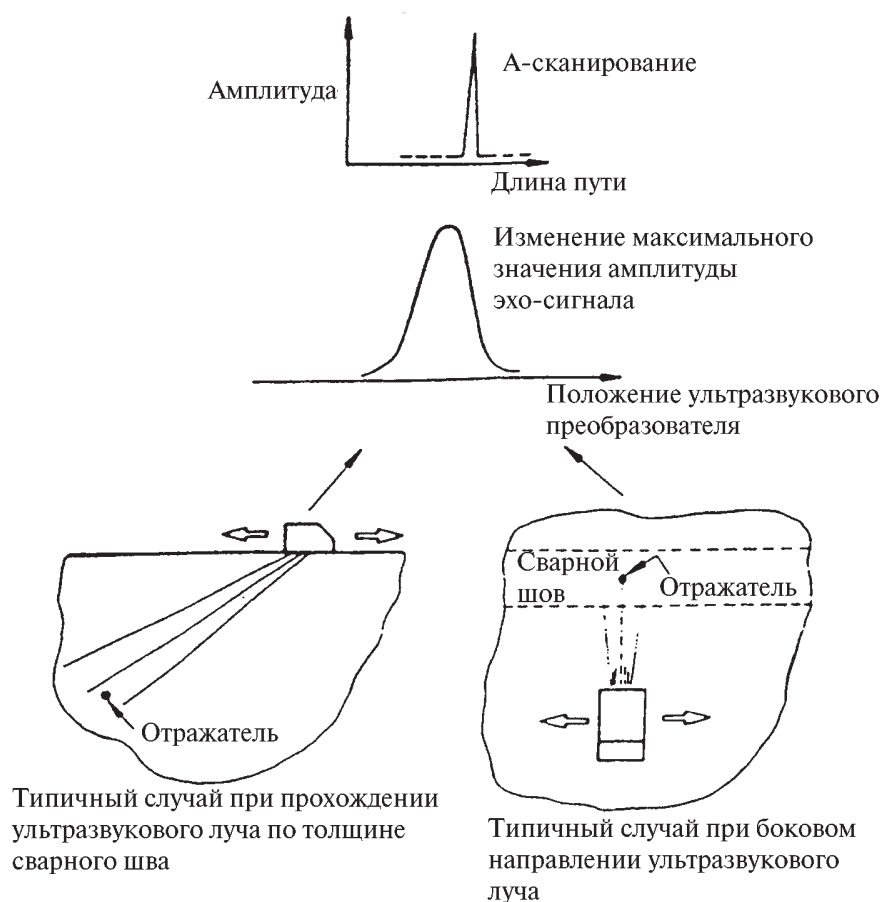


Рис. С.1. Форма 1 ультразвукового эхо-сигнала

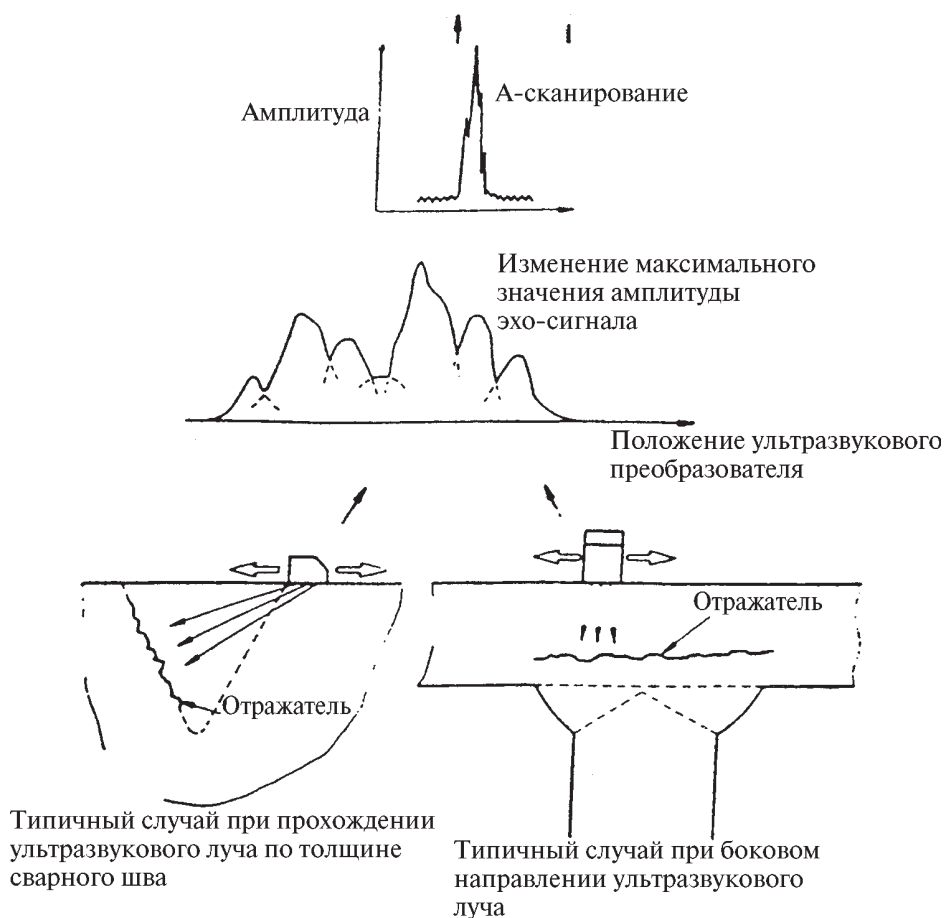


Рис. С.2. Форма 2 ультразвукового эхо-сигнала

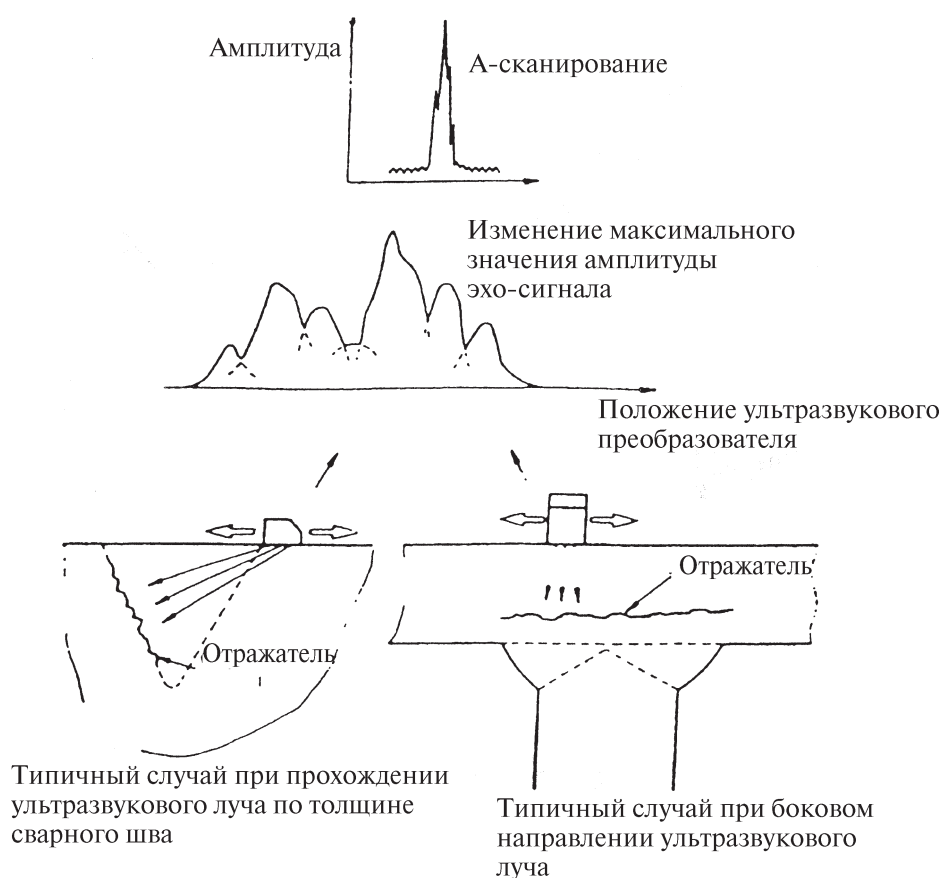


Рис. С.3а. Форма 3а ультразвукового эхо-сигнала

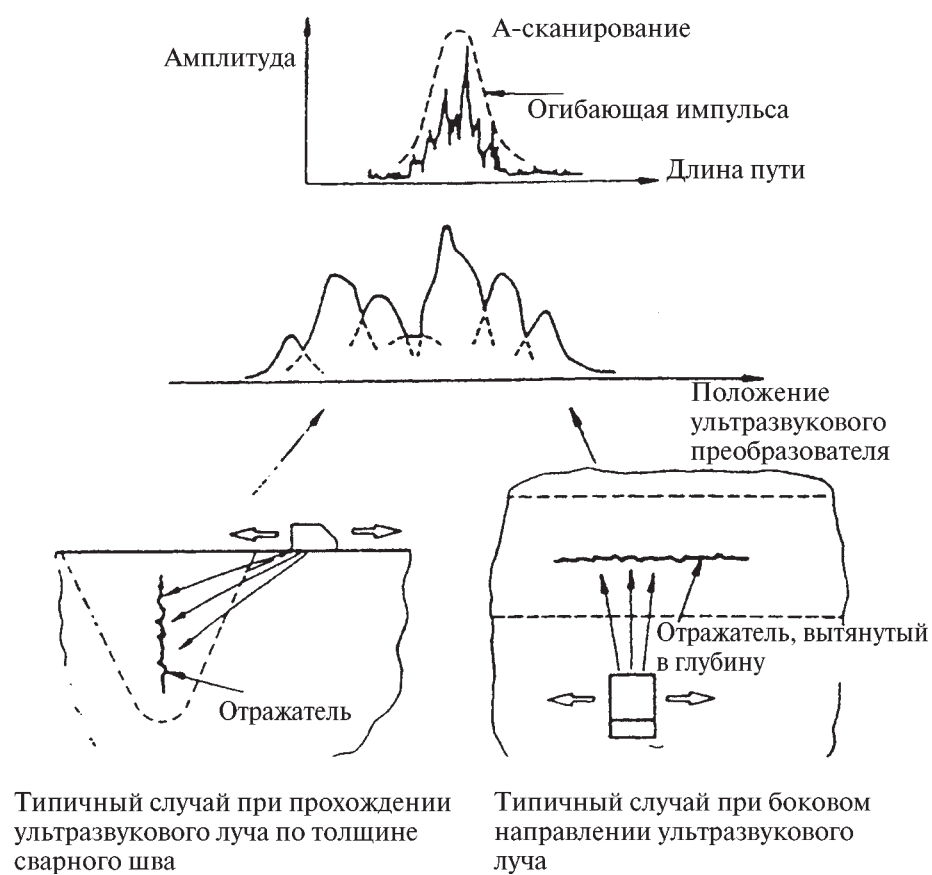


Рис. С.3б. Форма 3б ультразвукового эхо-сигнала

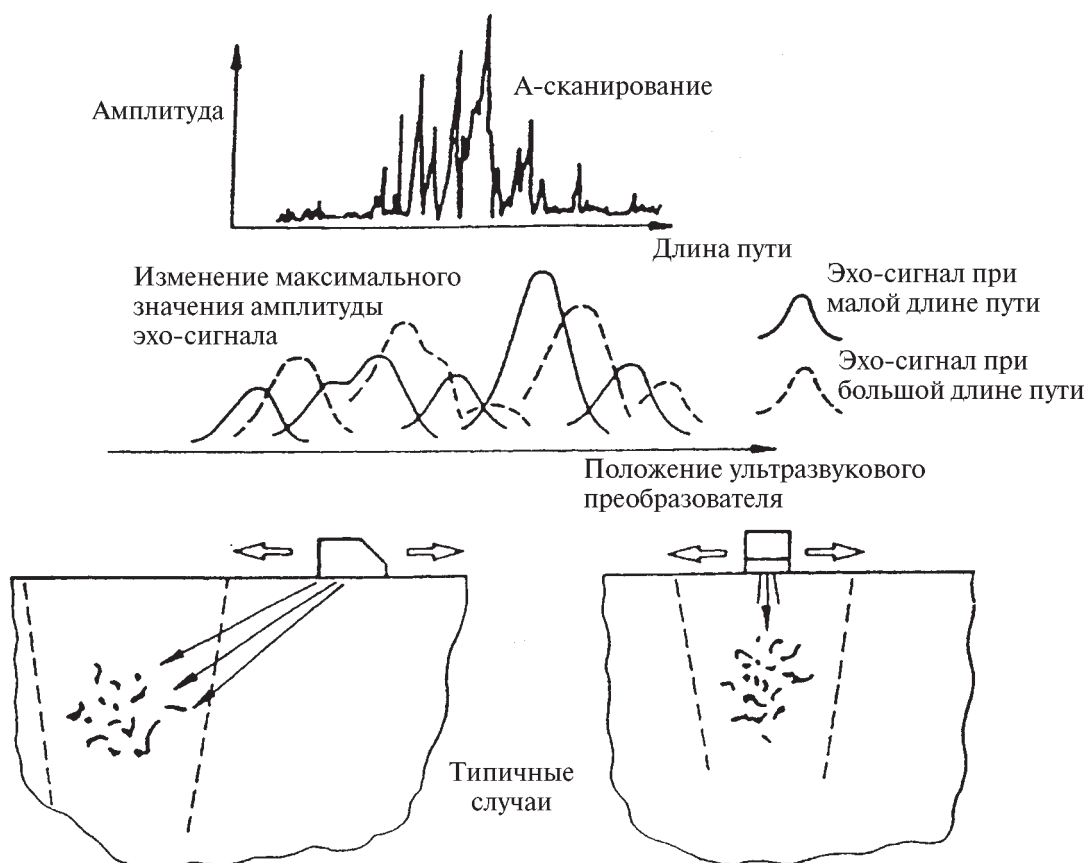


Рис. С.4. Форма 4 ультразвукового эхо-сигнала