

4.2. При приближении аппарата к торцу ротора ТСМ останавливается и извлекается из осевого канала.

4.3. При необходимости повторного контроля допускается его проведение при реверсном движении ТСМ.

4.4. При появлении сигнала от дефекта в процессе сканирования поверхности рекомендуется повторное сканирование участка, на котором произошло срабатывание средств регистрации дефекта. При подтверждении наличия дефекта проводится оценка его протяженности и глубины.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

5.1. Результаты контроля фиксируются в специальном Заключении с приложенной разверткой осевого канала (дефектограммой).

5.2. В Заключении указывается название электростанции, тип турбины, стационарный номер турбины, тип ротора, заводской номер ротора, марка стали ротора, время его наработки, дата проведения контроля, состав бригады, выполнявшей контроль, тип используемого средства контроля, описание качества подготовки поверхности канала к контролю. Указываются также направление отсчета линейных координат (со стороны котла или генератора) и "привязка" угловых координат азимутальной шкалы к отверстию на полумуфте.

5.3. На дефектограмме фиксируется месторасположение выявленных дефектов, указываются их количество, протяженность и глубина.

5.4. Дается сравнение выявленных дефектов с допустимыми по п. 6.1.2.5 настоящей Инструкции.

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Все лица, участвующие в проведении контроля, должны пройти соответствующий инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале.

6.2. Техника безопасности при производстве работ по вихретоковому контролю осевых каналов роторов должна удовлетворять нормативным документам.

6.3. Перед каждым включением аппаратуры оператор должен убедиться в наличии надежного заземления, выполненного из медного провода сечением не менее 2,5 мм².

Приложение Д

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ ЦЕЛЬНОКОВАННЫХ РОТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН СО СТОРОНЫ ОСЕВОГО КАНАЛА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Ультразвуковой контроль (УЗК) роторов проводят для обнаружения несплошностей и неоднородностей металла.

Ультразвук вводят в металл (и принимают эхо-сигналы от несплошностей в металле) с помощью специальных ультразвуковых пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП), в контактном или иммерсионном варианте (альтернативно).

1.2. Для обнаружения дефектов, ориентированных поперек оси ротора, ультразвук вводят в осевой плоскости ротора. Для обнаружения дефектов, ориентированных вдоль оси ротора, ультразвук вводят в азимутальной плоскости ротора, расположенной перпендикулярно оси.

1.3. Ультразвук вводят в металл ротора с помощью ПЭП, размещаемых в полости осевого канала.

1.4. Для проведения УЗК ротора в условиях электростанции необходимо демонтировать ротор и обеспечить свободный доступ к полости осевого канала.

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Для УЗК используют следующее оборудование (см. приложение Д.1-Д.8).

2.1.1. Испытательные образцы.

2.1.2. Отраслевые стандартные образцы — стандартный образец предприятия (СОП).

2.1.3. Специальные ПЭП.

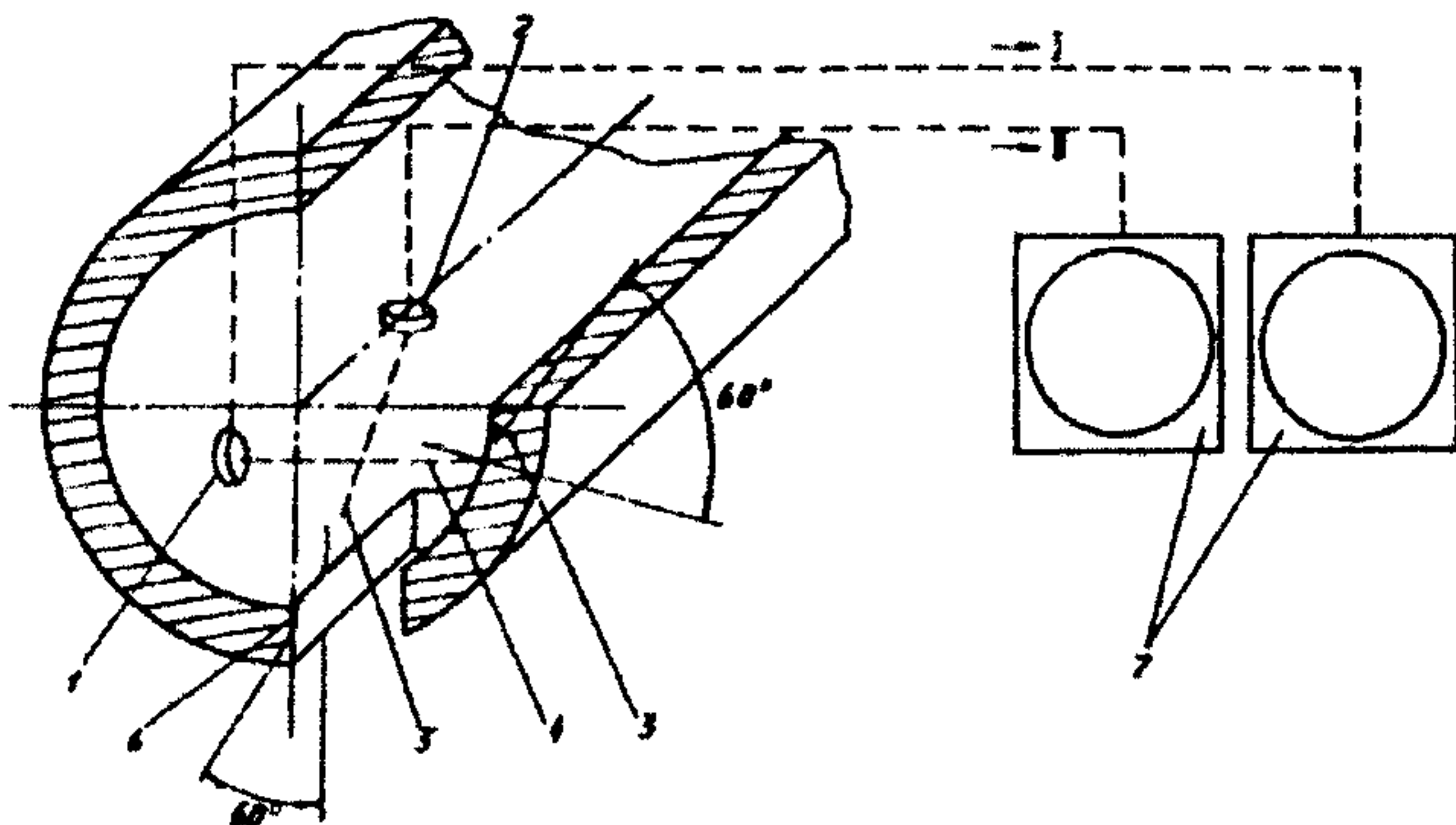
2.1.4. Радиочастотный кабель (длина 8—16 м), снабженный специальным герметичным электрическим разъемом для присоединения к ПЭП и соответствующим разъемом для присоединения к электронному блоку дефектоскопа.

2.1.5. Электронный блок серийного дефектоскопа. Рекомендуется применять дефектоскоп типа УД2-12. Допускается использовать другие серийные дефектоскопы, если они находятся в исправном состоянии и удовлетворяют требованиям настоящей Инструкции.

2.1.6. Механизмы (или приспособления) для ориентации и перемещения ПЭП в канале ротора.

2.2. Спецоснастка (пробки и козлы для ротора, подставки для дефектоскопов, ведро и лейки для иммерсионной жидкости, настил с ограждениями для дефектоскопистов).

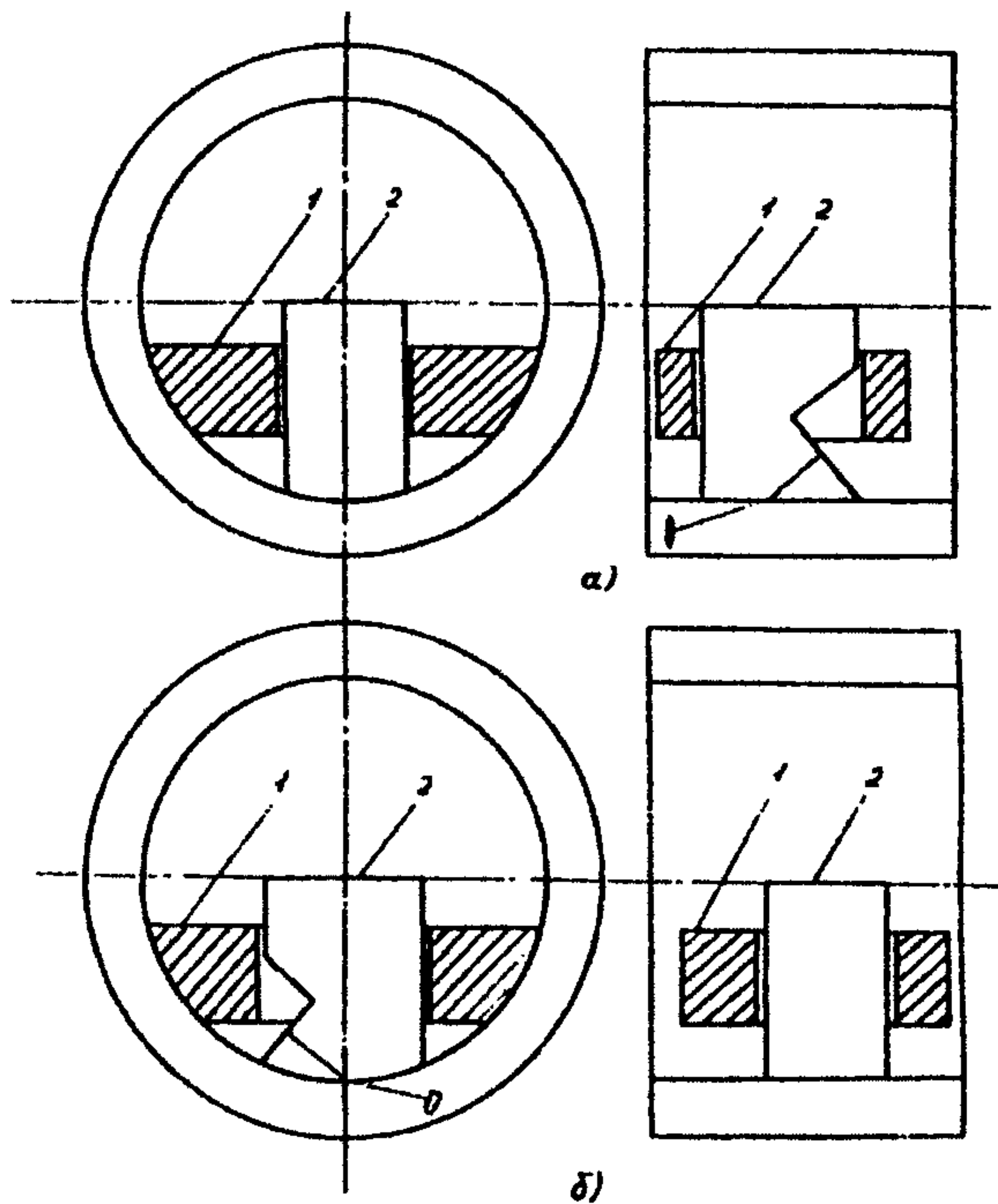
2.3. Иммерсионный вариант УЗК (схема на рисунке Д. 1) реализуют с помощью специального координатного механизма, описанного в разделе 4. Контактный вариант (рисунок Д.2) реализуют с помощью призматических ПЭП, перемещаемых в канале ротора с помощью ориентирующей рамки и легкой трубы диаметром 18 – 25 мм (см. раздел 5).



1 – ПЭП канала продольного обнаружения I; 2 – ПЭП канала поперечного обнаружения II; 3, 6 – дефекты; 4 – путь ультразвуковых колебаний канала I; 5 – путь ультразвуковых колебаний канала II; 7 – дефектоскопы

Рисунок Д.1 – Схема иммерсионного метода УЗК

2.4. Для создания акустического контакта ПЭП с металлом ротора применяют дегазированные жидкости (водопроводную воду или минеральное масло, например, турбинное). Для дегазации жидкости ее надо выдержать в открытом сосуде не менее 8 ч при комнатной температуре.



1 — ориентирующее устройство; 2 — ПЭП

Рисунок Д.2 — Схема контактного метода контроля ротора при вводе ультразвука в осевой (а) и азимутальной (б) плоскостях

2.5. Перед выполнением УЗК аппаратура (электронный блок и специальные ПЭП) должна быть проверена в соответствии с действующими отраслевыми нормативными актами.

3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Демонтировать ротор из турбины, установить его на козлы в горизонтальное положение, извлечь пробки из осевого канала и выполнить работы по хонингованию металла на поверхности осевого канала.

Осевой канал ротора должен находиться не выше 1,5 м над уровнем пола или прочного деревянного настила. Ротор следует разместить так, чтобы имелся свободный доступ к его торцам для присоединения заглушек, ввода штанги, размещения приборов и операторов.

Для проведения контроля необходимо выделить две непрерывные рабочие смены (кроме времени, необходимого для установки ротора и зачистки поверхности осевого канала). В этот период выполнение работ по ремонту ротора не допускается.

3.2. Подготовительные работы по контролю роторов рекомендуется проводить в такой последовательности:

- шлифовать хонинговальной головкой поверхность осевого канала ротора (требуется чистота поверхности $R_z = 10$ мкм по действующей нормативной документации. Визуальная оценка качества шлифовки проводится с помощью перископа типа РВП-456 или эндоскопа);

- установить ротор на козлах так, чтобы торец ротора, со стороны которого вводят ПЭП, был расположен на 100 – 150 мм выше противоположного торца (при установке ротора с наклоном необходимо учесть требования безопасности);

- закрыть глухой пробкой осевой канал ротора со стороны сниженного торца);

- подключить к ПЭП радиочастотный соединительный кабель (во избежание обрыва провода при подсоединении кабеля следует вращать только накидную гайку разъема, придерживая ПЭП и кабель);

- присоединить колена штанги (составной) к каретке (ориентирующей рамке), при этом соединительный кабель должен быть пропущен через центраторы, шарнир и колена штанги;

- совместить продольную риску на штанге с риской на кардане и каретке и зафиксировать это положение контргайкой;

- вставить каретку (рамку) с центраторами и первым коленом штанги в осевой канал ротора;

- пропустить штангу с кабелем через отверстие резиновой манжеты заглушки конца ротора и прижать заглушку к фланцу ротора;

- разместить на штанге азимутальный диск (фиксируется на штанге пружинами) и рукоятку;
- смонтировать штангу до полной длины, пропуская через нее кабель и совмещая риски. Подставить треногу (козлы), поддерживающую штангу;
- налить в осевой канал воду (или турбинное масло в случае контактного варианта УЗК) через лейку (патрубок);
- подключить дефектоскопы.

4. ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ

4.1. Контроль ведут при следующих параметрах:

4.1.1. Частота ультразвуковых колебаний 2,5 МГц;

4.1.2. Диаметр пьезопластины 12 мм;

4.1.3. Контрольный уровень чувствительности должен быть на 6 дБ выше уровня чувствительности, соответствующего амплитуде сигнала от плоскодонного отражателя в испытательном образце на заданной глубине (тарировочный уровень — сплошная линия);

4.1.4. Поисковый уровень чувствительности должен быть выше контрольного уровня не менее чем на 6 дБ. При недостаточной чувствительности дефектоскопа допускается устанавливать поисковый уровень чувствительности на контрольном уровне, относящемся к глубине 80 мм (рисунок Д.6).

4.2. Размер угла ввода и значение частоты должны быть подтверждены путем прямых измерений согласно нормативным документам.

4.3. Для настройки дефектоскопов служит испытательный образец, приведенный на рисунке Д.3, выполненный в виде кольца с внутренним диаметром, равным диаметру осевого канала контролируемого ротора.

Настройку чувствительности проводят по плоскодонным отражателям, размеры которых, с учетом выявляемости реальных дефектов, соответствуют требованиям действующей нормативной документации.

Плоскодонные отражатели диаметром 2 мм располагают перпендикулярно вводимому ультразвуковому лучу (ось плоскодонного сверления образует с нормалью к внутренней по-

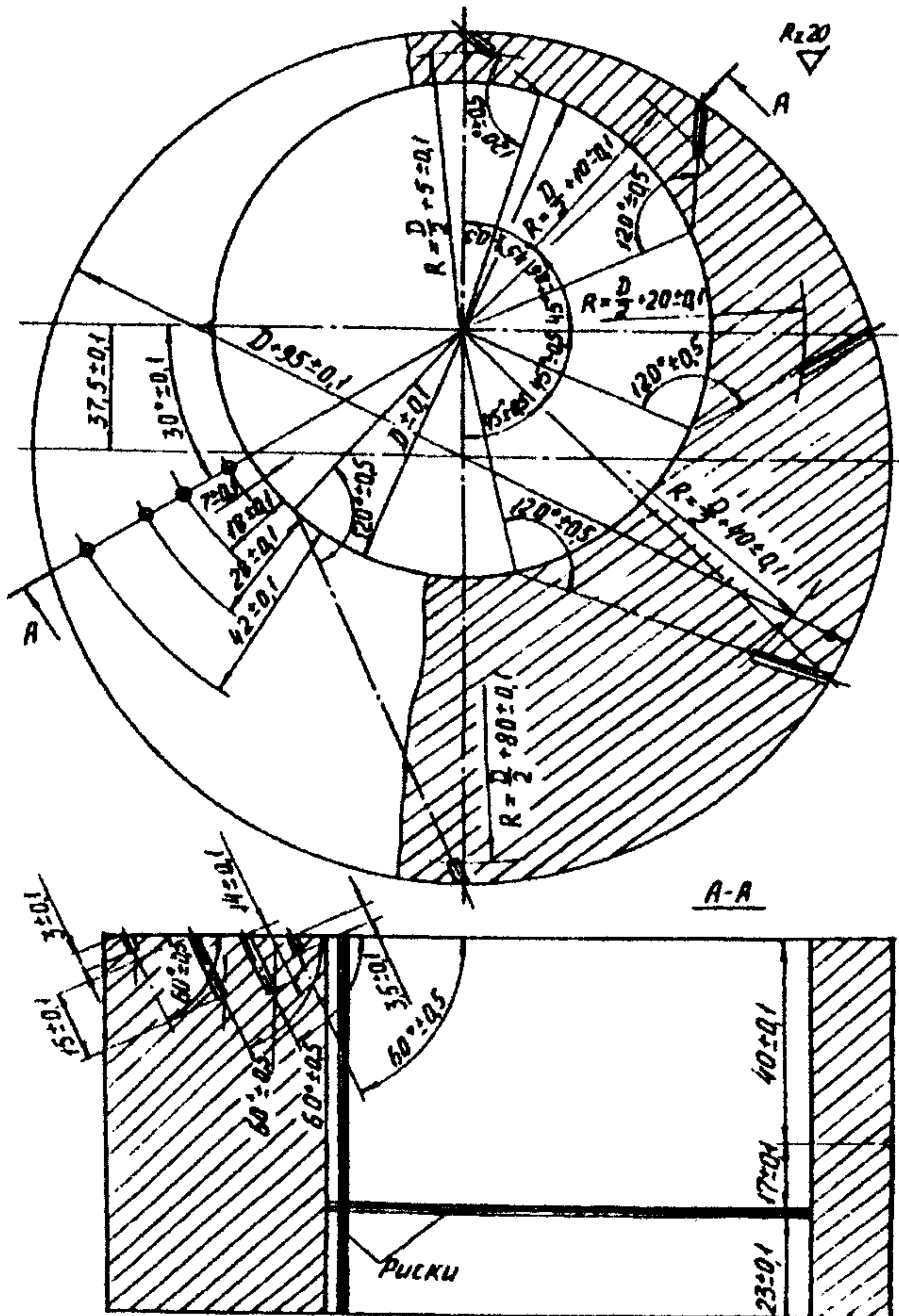


Рисунок Д.3 – Испытательный образец

верхности образца угол 60° , равный углу ввода). Пять искусственных отражателей для настройки канала продольного обнаружения располагают в плоскости образца перпендикулярно его оси на глубине 5, 10, 20, 40 и 80 мм от внутренней поверхности и четыре отражателя – для настройки канала поперечного обнаружения – в осевой плоскости на глубине 5, 10, 20 и 40 мм от внутренней поверхности. Для получения

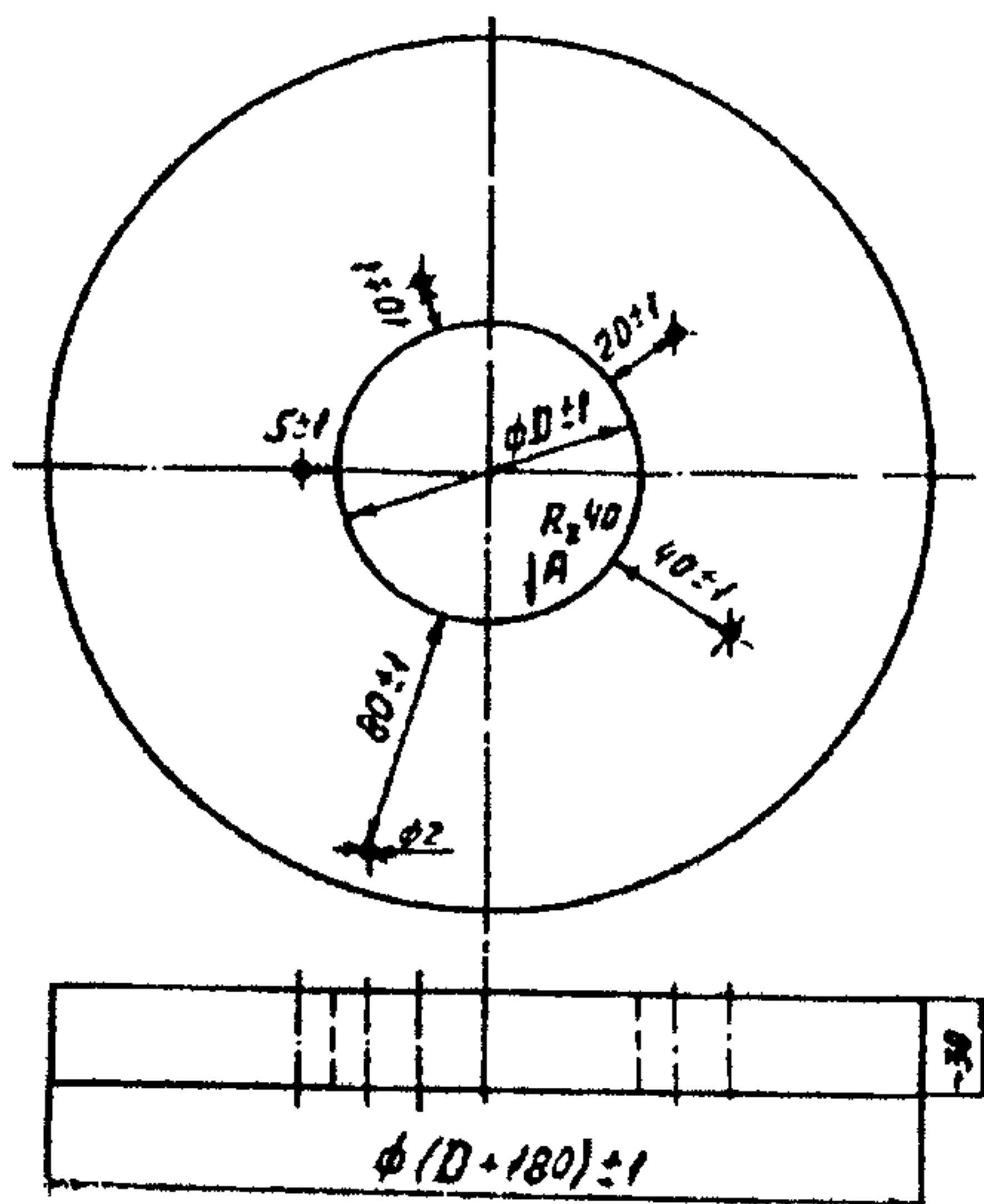
четкого сигнала от поверхности канала на внутренней поверхности образца выполняют две риски.

Для изготовления образца следует использовать сталь той же марки, из которой изготовлен ротор. Допускается изготавливать образец из стали 20, по действующей нормативной документации, в нормализованном состоянии.

Требования к изготовлению испытательного образца приведены в приложении 1 к настоящим Методическим рекомендациям.

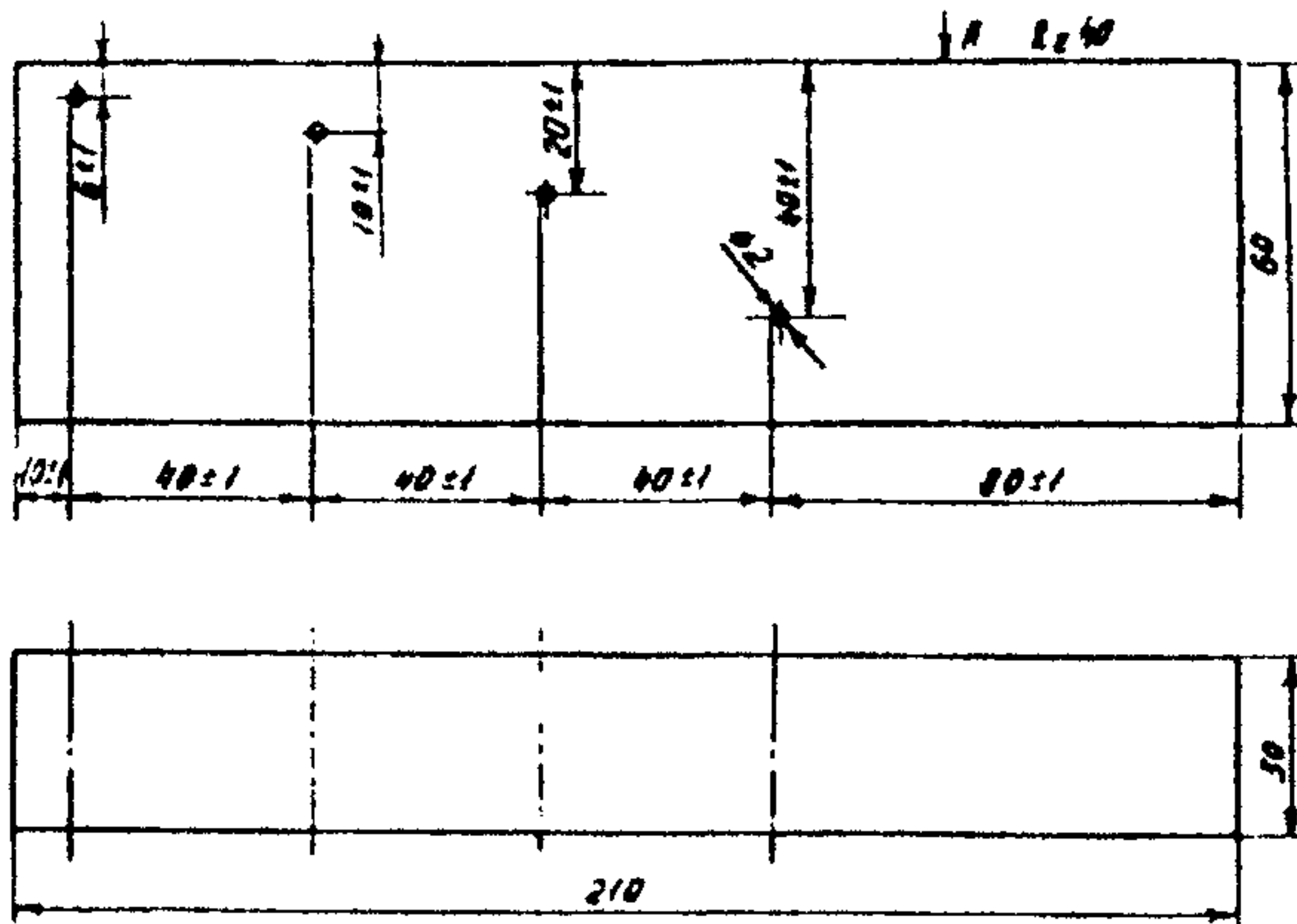
4.4. Допускается для настройки дефектоскопов применять упрощенные испытательные образцы уменьшенного размера с цилиндрическими отражателями, расположенные на глубине 5, 10, 20, 40 и 80 мм (рисунки Д.4 и Д.5), с последующим пересчетом в плоскодонные отражатели по следующим данным:

Глубина залегания, мм	10	20	40	60	80
Показания аттенюатора, дБ:					
для отражателя типа «боковая поверхность»	52	49	43	39	35
для плоскодонного отражателя	41	39	34	29	29



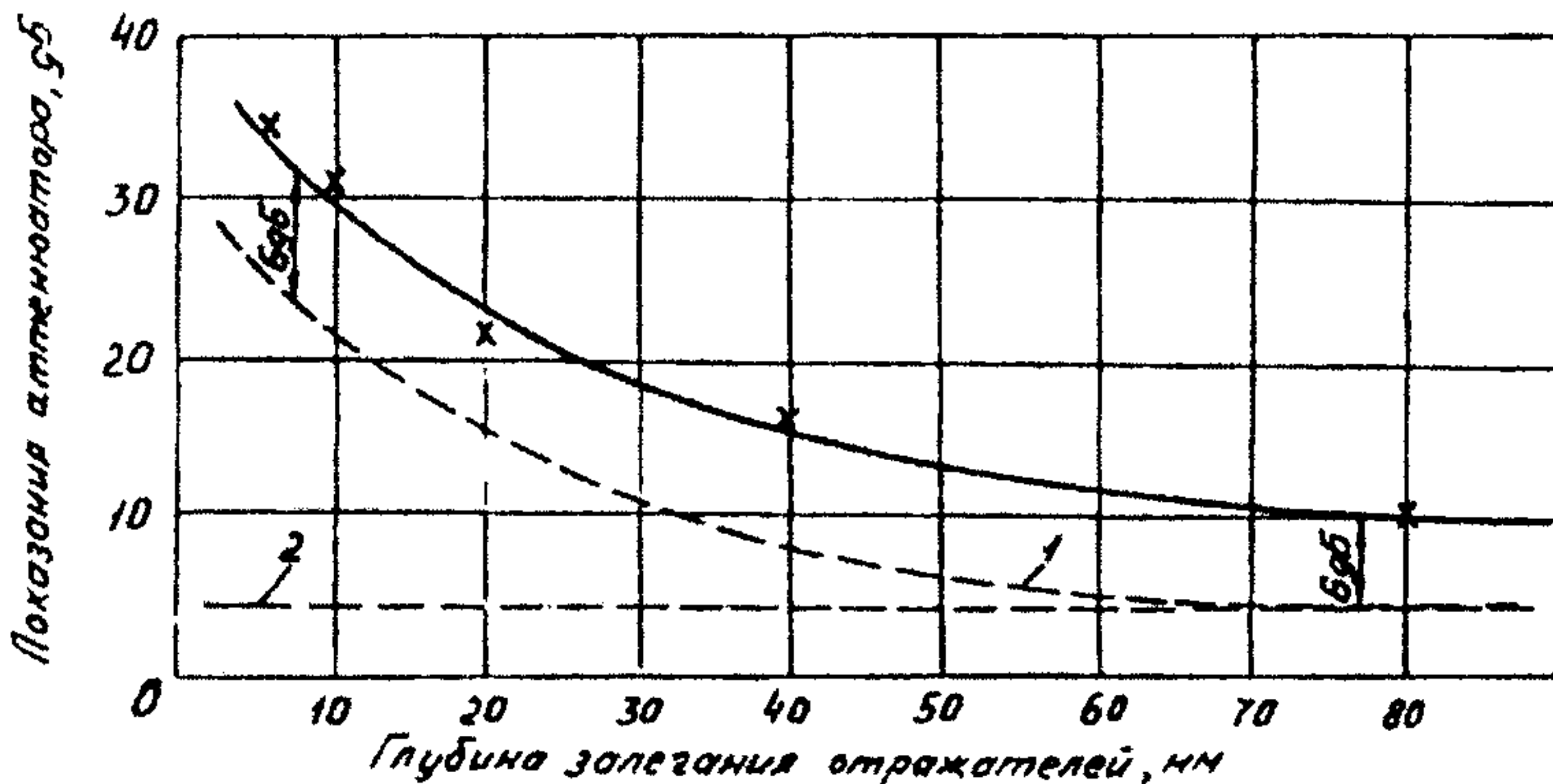
А — поверхность для установки ПЭП; D — диаметр осевого канала

Рисунок Д.4 — Упрощенный испытательный образец



A — поверхность для установки ПЭП

Рисунок Д.5 — Упрощенный испытательный образец



1 — контрольный уровень; 2 — поисковый уровень

Рисунок Д.6 — Примерный тарировочный график

4.5. Для периодической проверки стабильности уровня чувствительности дефектоскопов допускается применять прямой ПЭП на частоту 2,5 МГц и стандартный образец № 2 по утвержденному нормативному документу.

5. ИММЕРСИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

5.1. При иммерсионном методе ПЭП погружают в контактную жидкость, которая заполняет осевой канал ротора. В качестве пьезоэлемента ПЭП используют пьезопластину, например из цирконата-титаната свинца ЦТС-19 диаметром 12 мм, непосредственно соприкасающуюся своей рабочей поверхностью с водой. Частота ультразвуковых колебаний 2,5 МГц.

5.2. Иммерсионный метод предусматривает использование двух каналов обнаружения.

Канал I (см. рисунок Д.1) предназначен для обнаружения дефектов, ориентированных вдоль оси ротора. В этом случае пьезопластину смещают относительно осевой линии ротора параллельно осевой плоскости, а ультразвуковые волны распространяются в азимутальной плоскости (перпендикулярно оси ротора).

Смещение центра пластины ПЭП m (в метрах, рисунок Д.7) рассчитывают по формуле

$$m = \frac{D}{2} \cdot \frac{c_{1t}}{c_{2t}} \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где D — диаметр осевого канала ротора, м;

c_{1t} — скорость продольной волны в воде, м/с;

c_{2t} — скорость поперечной волны в стали, м/с;

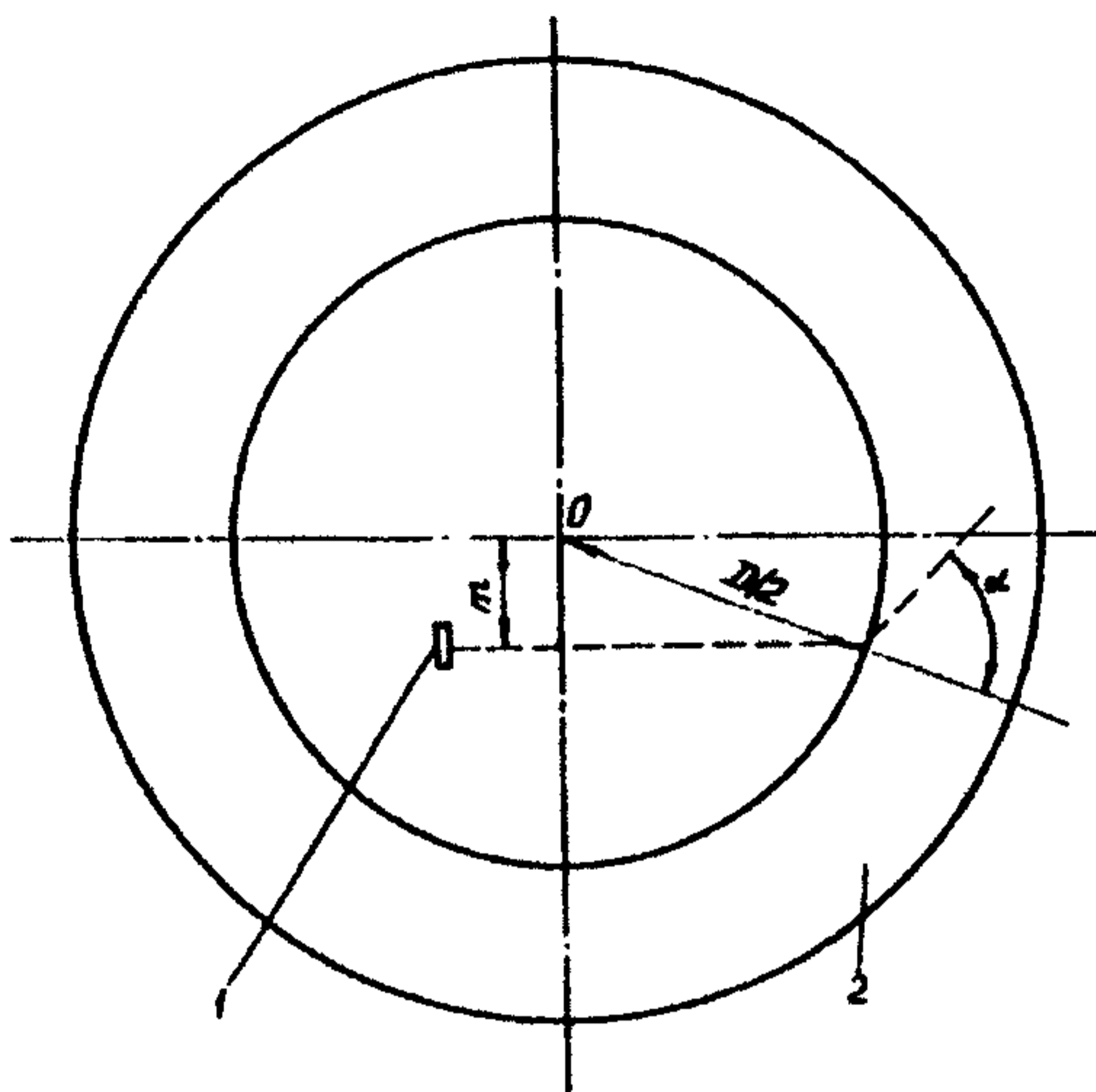
α — угол ввода ультразвуковых колебаний в сталь, градус.

Канал II (см. рисунок Д.1) предназначен для обнаружения дефектов, ориентированных поперек оси ротора. Угол ввода ультразвуковых волн, распространяющихся в осевой плоскости ротора, должен составлять $60^\circ \pm 30'$.

5.3. Для проведения иммерсионного метода контроля используют приспособления, предназначенные для перемещения и ориентации ПЭП в осевом канале ротора и уплотнения осевого канала при заполнении его водой (приложения 2—6 к настоящим Методическим рекомендациям).

5.4. Настройка дефектоскопа

5.4.1. Настройку чувствительности дефектоскопа ведут по плоскодонным отражателям.

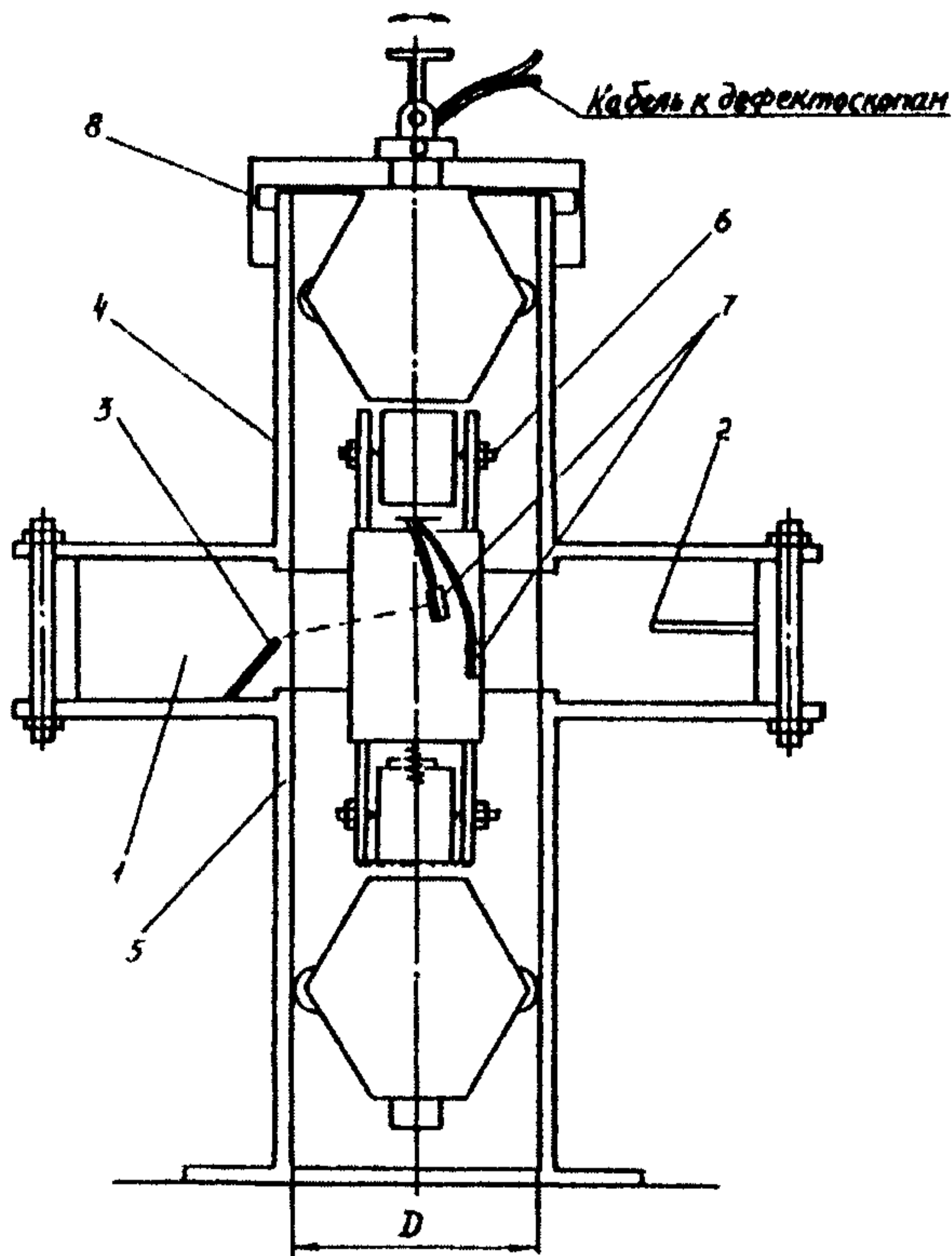


1 – ПЭП; 2 – ротор

Рисунок Д.7 – Схема обнаружения продольных дефектов

5.4.2. Настройку ультразвуковых дефектоскопов рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- а) установите испытательный образец 1 (рисунок Д.8) в сборе с удлинительными приспособлениями (трубами) 4, 5 в вертикальное положение;
- б) заполните испытательный образец водой;
- в) поместите в испытательный образец каретку 6 с ПЭП 7;
- г) подключите дефектоскопы;
- д) установите регуляторы канала обнаружения продольных дефектов (на примере дефектоскопа УД-10П) в следующие положения:
 - регулятор "Мощность" – в среднее;
 - кнопки переключателя "Мощность" – отпущены;
 - кнопка переключателя рода работы – отпущена;
 - регулятор отсечки – в крайнее левое;
 - кнопки (длительности) "Ослабление ЭБ" – отпущены;
 - регулятор длительности стробирующего импульса – в крайнее левое;



1 — образец; 2, 3 — контрольные отражатели; 4, 5 — удлинительные приспособления; 6 — каретка; 7 — ПЭП; 8 — приспособление для перемещения каретки

Рисунок Д.8 — Установка каретки в испытательном образце при настройке дефектоскопов

- регулятор задержки стробирующего импульса — в крайнее левое;
- кнопка "Внешняя синхронизация" (на верхней панели прибора) — отпущена;
- регулятор длительности развертки и переключатель диапазонов контроля — в положение, соответствующее толщине испытательного образца (эхо-сигнал от наружной по-

верхности образца должен располагаться в крайнем правом положении);

е) наклейте на экран дефектоскопа под линией развертки полоску бумаги для нанесения делений шкалы глубиномера;

ж) добейтесь изменением положения каретки максимальной амплитуды эхо-сигнала от риски на внутренней поверхности испытательного образца. Для плавного перемещения каретки при настройке служит приспособление 8;

з) отметьте положение импульса на шкале глубиномера и обозначьте его глубину — 0;

и) совместите регулятором ВРЧ начало ВРЧ с эхо-сигналом от внутренней поверхности;

к) добейтесь изменением положения каретки максимальной амплитуды эхо-сигнала от продольного контрольного отражателя 2, расположенного на глубине 20 мм;

л) отметьте положение импульса на шкале глубиномера и обозначьте соответствующую ему глубину — 20 мм;

м) измерьте амплитуду эхо-сигнала, установив кнопками "Ослабление ЭБ" высоту импульса 10 мм по экрану дефектоскопа;

н) выполните аналогичные операции (пп. 4.4.2к — 4.4.2м) для искусственных отражателей, расположенных на глубине 5, 10, 40 и 80 мм;

о) постройте по полученным значениям амплитуды тарировочный график (в качестве примера тарировочный график — сплошная линия на рисунке Д.6).

Тарировочный график строят для каждого дефектоскопа и ПЭП отдельно при заданном положении регуляторов и проверяют по образцу перед проведением контроля;

п) выполните аналогичные операции (пп. 5.4.2д — 5.4.2о) при настройке дефектоскопа, предназначенного для выявления поперечных дефектов.

При построении тарировочного графика канала обнаружения поперечных дефектов показание аттенюатора для глубины залегания 80 мм принимается на 10 дБ (25 ед. $N_{имп}$ при использовании дефектоскопов типа УДМ) ниже, чем для глубины 40 мм.

5.4.3. При использовании дефектоскопов ДУК-66П регуляторы следует установить в следующие положения:

- "Координаты дефекта" — в крайнее правое;
- " $x_1 - x_2$ " — в " x_1 ";
- "Задержка" — в "Откл.";
- "Развертка I-II" — в II;
- "Развертка плавно" — в крайнее левое;
- "Зона АСД" — в крайнее левое;
- "I-II" — в "I+II";
- "Ампл" — в крайнее левое;
- "Время" — в крайнее левое;
- "Ослабление, дБ" — "0".

Далее выполняют операции по пп. 5.4.2е — 5.4.2о и 5.4.2к — 5.4.2о.

5.4.4. После настройки дефектоскопа временно отключите ПЭП для контроля и включите прямой ПЭП, который следует установить на стандартный образец № 2, чтобы получить сигнал от отверстия диаметром 6 мм, расположенного на расстоянии 44 мм от контактной поверхности. Амплитуда сигнала от искусственного отражателя фиксируется. ПЭП для контроля вновь подключите к дефектоскопу. В процессе контроля периодически производите проверку уровня чувствительности дефектоскопа посредством подключения прямого ПЭП и сравнением амплитуды от искусственного отражателя с первоначальной.

В случае отличия амплитуд на 2 дБ и более следует проводить повторную настройку уровня чувствительности дефектоскопа по испытательному образцу.

5.5. Проведение контроля

Контроль выполняется в два приема со сменой направления ввода ультразвука на противоположное в целях повышения надежности контроля.

5.6. Операции по контролю рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- установите регуляторы дефектоскопов по пп. 5.4.2-5.4.3;
- установите чувствительность дефектоскопа в режим поиска на 6 дБ выше по сравнению с тарировочным значением для глубины 80 мм (согласно тарировочному графику);

— осуществляйте сканирование всей поверхности осевого канала поступательно-вращательным движением штанги с помощью рукоятки подачи. Через каждые 6 мм поступательного (вдоль оси ротора) движения производятся один полный оборот штанги в одну сторону и возврат в прежнее положение;

— при дефектоскопировании ротора, имеющего расточку поверхности осевого канала диаметром бóльшим, чем основной, необходимо провести повторное сканирование после прокручивания ротора на 180° в целях исключения влияния зеркала воды в расточке. Переходные участки расточки, имеющие коническую поверхность, контролировать не следует;

— проверьте чувствительность дефектоскопов через 1 ч работы, подключая дополнительный ПЭП и используя образец № 2;

— производите смену направления озвучивания в следующем порядке: снимите приспособление для заглушки рабочего торца ротора, извлеките каретку с центраторами, отсоедините высокочастотный кабель от ПЭП, отсоедините шарнир от транспортирующего устройства, поверните транспортирующее устройство на 180° , присоедините шарнир к транспортирующему устройству, подсоедините кабель к ПЭП, введите транспортирующее устройство в канал ротора, прижмите приспособление для заглушки к фланцу ротора, долейте воду.

5.7. По окончании контроля следует извлечь из осевого канала каретку и отсоединить ПЭП; приспособление разобрать, очистить от грязи и насухо протереть, смазать трущиеся детали каретки густой смазкой; промыть рабочую поверхность ПЭП уайт-спиритом, не касаясь при этом поверхности пьезопластины руками; поместить комплект в сухое место.

6. КОНТАКТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

6.1. При контактном методе применяют наклонные ультразвуковые ПЭП, снабженные приспособлениями для их ориентации и перемещения в осевом канале ротора (приложения

4–6 к настоящим Методическим рекомендациям). Частота ультразвуковых колебаний – 2,5 МГц, диаметр пьезопластины – 12 мм, угол призмы – $46^\circ \pm 1^\circ$ (угол ввода – 60°) и $56^\circ \pm 1^\circ$ (ввод поверхностных и поперечных волн под углом $60–90^\circ$). Для подключения ПЭП применяется высокочастотный кабель длиной 8–14 м.

6.2. Настройка аппаратуры. Для настройки аппаратуры следует:

– подключить ПЭП с помощью соединительного радиочастотного кабеля к дефектоскопу и вставить его в ориентирующую рамку;

– поместить ПЭП вместе с ориентирующей рамкой на внутреннюю поверхность испытательного образца;

– установить регуляторы дефектоскопа в положение согласно пп. 5.2-5.4.

Примечание – Для дефектоскопов типа УДМ регуляторы установить в следующие положения:

- "I-I+II" – в "I";
- "Частота" – "2,5";
- "Вид измерений" – " $N_{имп}$ ".

Остальные регуляторы установить в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации приборов.

Далее выполнить операции аналогично пп. 5.2–5.5.

При измерении амплитуды эхо-сигналов и построении тарировочного графика в качестве единицы измерения используйте единицы шкалы $N_{имп}$:

– изменением положения ПЭП получить максимальную амплитуду эхо-сигнала от риски на внутренней поверхности образца (используется призма с углом падения центрального луча 46°);

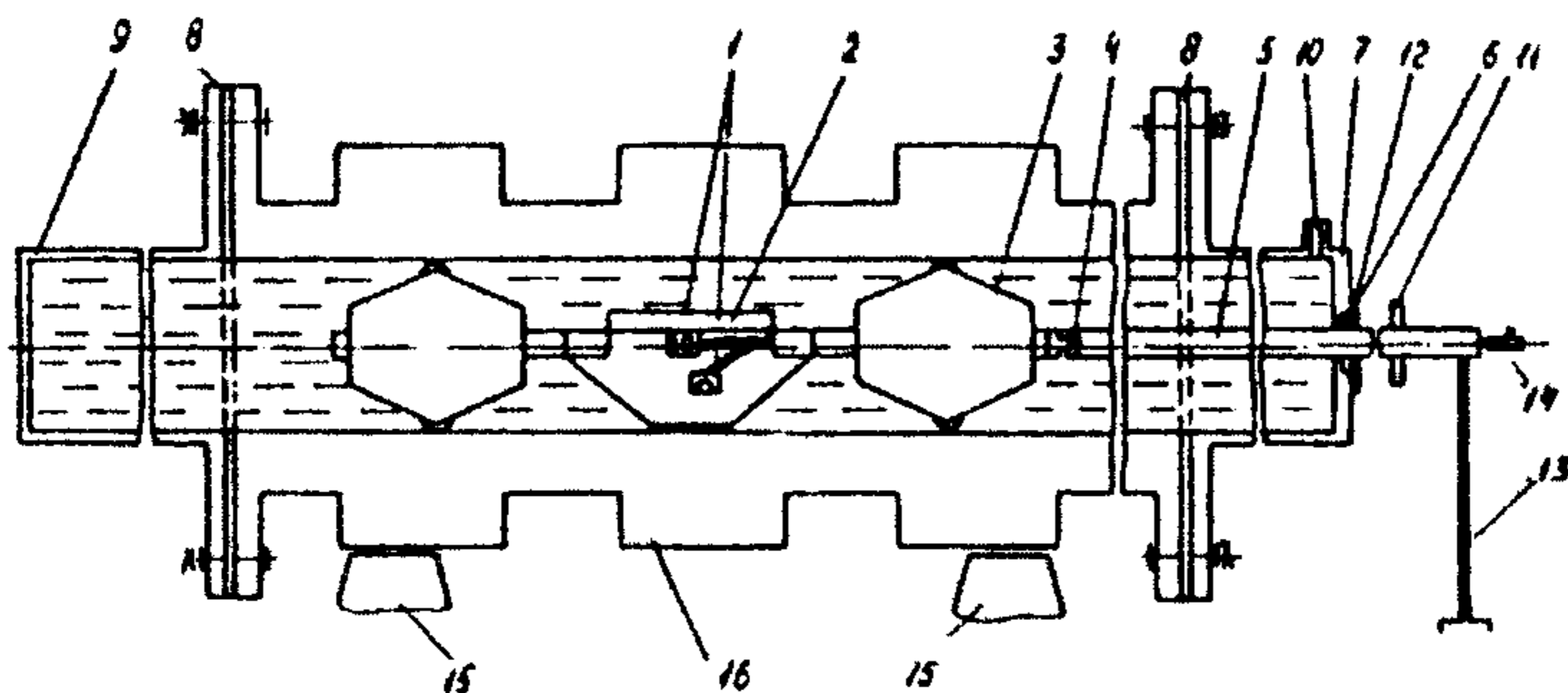
– отметить положение импульса на шкале глубиномера и обозначить соответствующую ему глубину 0 (для $\alpha = 46^\circ$);

– построить тарировочные кривые для искусственных отражателей, расположенных на глубине 5, 10, 40 и 80 мм. Тарировочные кривые построить для выявления продольных и поперечных дефектов согласно пп. 5.4.2о и 5.4.2п;

— настроить чувствительность ПЭП (призма с углом 56°) по риску на испытательном образце (см. рисунок Д.4) при установке передней грани призмы на уровне риски.

6.3. Подготовка к контролю.

Общий вид устройства для УЗК ротора представлен на рисунке Д.9.

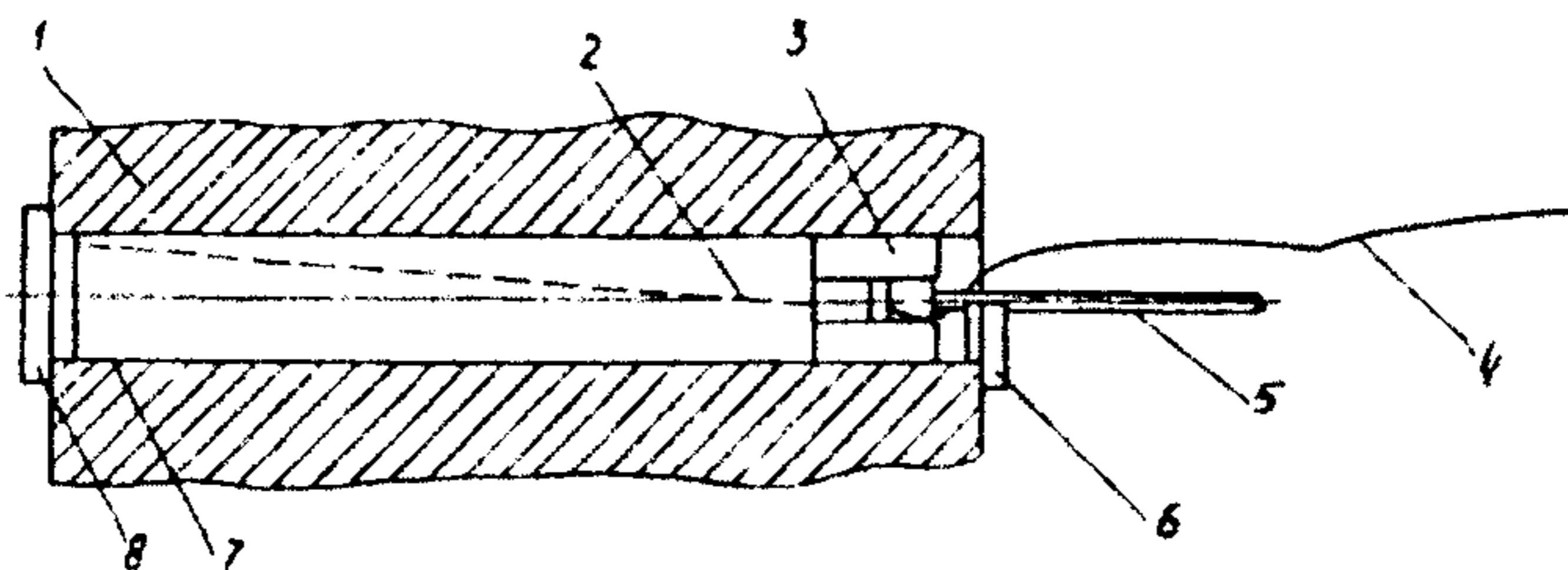


- 1 — ПЭП; 2 — каретка; 3 — центраторы; 4 — шарнир;
 5 — штанга; 6 — резиновая манжета; 7 — проходное доньшко;
 8 — резиновые прокладки; 9 — глухое доньшко; 10 — патрубок;
 11 — рукоятка подачи; 12 — азимутальный диск; 13 — тренога;
 14 — кабель к дефектоскопам; 15 — опоры; 16 — ротор

Рисунок Д.9 — Общий вид устройства для УЗК ротора

Подготовка к контролю (рисунок Д.10) производится в следующей последовательности:

- вставить в канал ориентирующее приспособление с ультразвуковым ПЭП, закрыть нижний конец канала пробкой, наполнить канал приготовленной по п. 2.2 водой (маслом) до максимально возможного уровня;
- подключить ПЭП кабелем к дефектоскопу;
- присоединить первое звено штанги к ориентирующему приспособлению, поставить вторую заглушку с окном (рисунок Д.11);
- совместите продольную метку на штанге с меткой на торце ротора (наносится мелом);
- долейте воду в канал ротора до предельного уровня.



1 — ротор; 2 — уровень жидкости; 3 — ориентирующее приспособление с ПЭП; 4 — высокочастотный кабель; 5 — штанга; 6 — пробка с окном; 7 — поверхность канала; 8 — пробка

Рисунок Д.10 — Схема УЗК ротора с погружением призматического ПЭП в жидкость

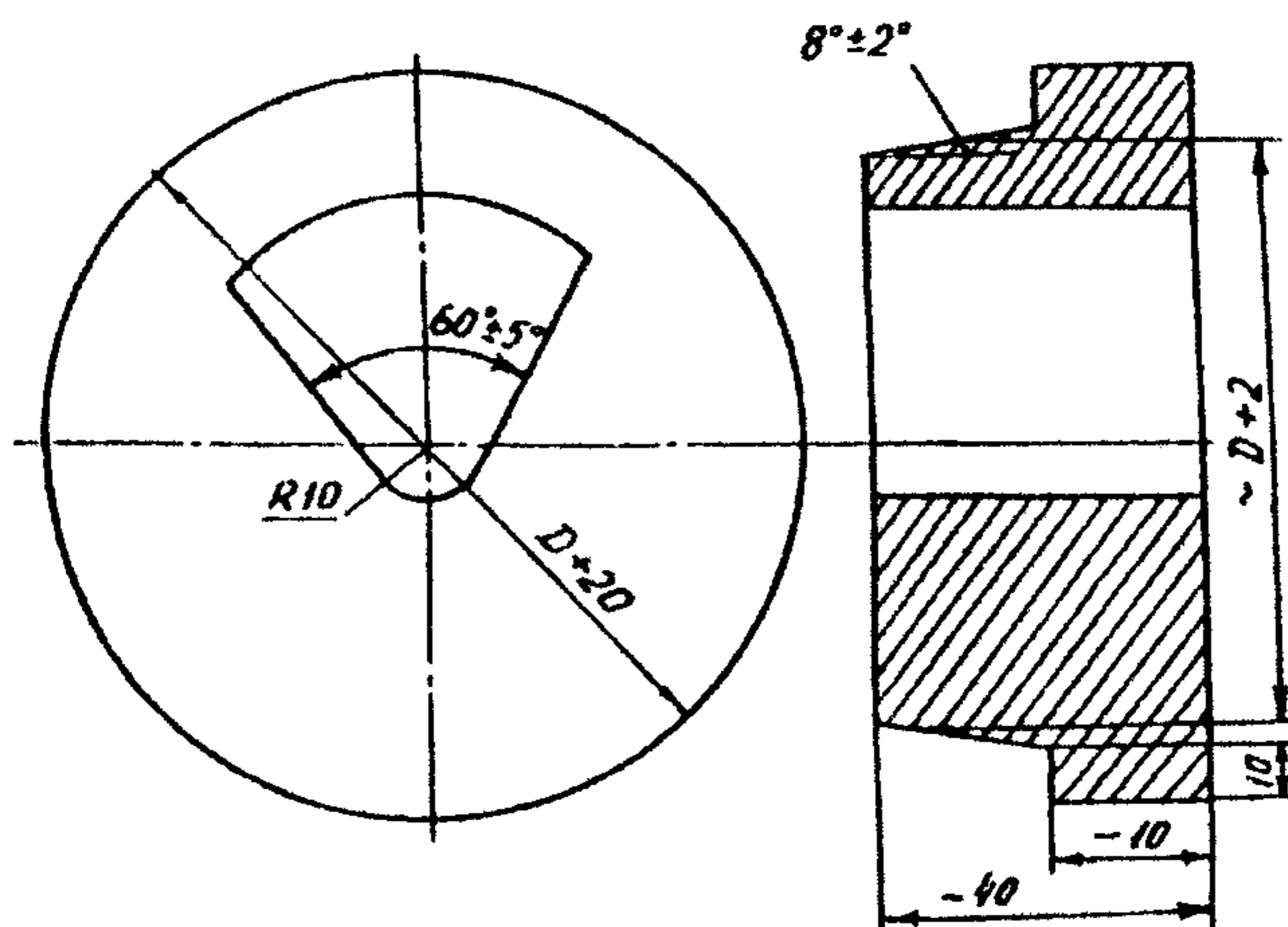


Рисунок Д.11 — Опорно-уплотняющая заглушка с окном

6.4. Проведение контроля.

6.4.1. Контроль ротора проводите в четыре приема: два положения ПЭП (отличаются направлением излучения, — для выявления продольных дефектов и два — для выявления поперечных дефектов.

6.4.2. После контроля части, заполненной водой (маслом), ротор поворачивают вокруг оси на угол, обеспечивающий заполнение жидкостью и создание акустического контакта по поверхности, не подвергавшейся сканированию. После этого проводится контроль по п. 6.4.1. Число поворотов ро-

тора определяется созданием надежного акустического контакта по всему периметру осевого канала и включает в себя не менее двух положений ротора.

6.4.3. Сканирование осуществляют поворотом штанги на угол, обеспечивающий контроль по поверхности, покрытой иммерсионной жидкостью, с шагом поступательного перемещения штанги не более 6 мм.

6.4.4. При обнаружении сигнала измеряют амплитуду эхосигнала, условные размеры дефекта, положение эхосигнала на развертке экрана дефектоскопа и координаты ПЭП.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТОВ

Для обнаруженного дефекта определяют расстояние от торца ротора (линейную координату), азимут (угловую координату), эквивалентный диаметр (площадь), условную протяженность, условную высоту, глубину залегания дефекта, а также указывают амплитуду сигнала.

Способы определения характеристик дефектов приведены в приложении Д.7 к настоящим Методическим рекомендациям.

8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

Результаты контроля записывают в протокол (приложение Д.8 к настоящим Методическим рекомендациям) и наносят на схему развертки (дефектограмму) осевого канала ротора. В протоколе указывают название электростанции, тип ротора (ВД, СД), тип турбины, стационарный номер турбины, заводской номер ротора (выбит на торце), дату проведения контроля, состав бригады, проводящей контроль, направление отсчета координат (по ходу или против хода пара) и угловые координаты (координату "0" "привязывают" к какому-то номеру отверстия под болт на полумуфте). Протокол подписывается всеми членами бригады с указанием должности.

На рисунке Д.12 приведен пример дефектограммы осевого канала.

Обнаруженный линейный дефект расположен на расстоянии 1250 мм от торца ротора против хода пара (со стороны генератора), имеет азимут 270° по отношению к крепежному

отверстия № 1 на полумуфте ротора и условную протяженность 250 мм.

Числа над условным обозначением дефекта указывают глубину его залегания (20 мм), эквивалентный диаметр (2 мм), условную высоту (3 мм).

На рисунке Д.12 угловая координата 0° совпадает с крепежным отверстием № 1 на полумуфте ротора.

9. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. При эксплуатации ультразвуковых дефектоскопов следует выполнять требования безопасности и производственной санитарии в соответствии с действующими нормативными актами.

9.2. Перед допуском к проведению контроля все лица, участвующие в его выполнении, должны пройти инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале.

9.3. Лица, участвующие в выполнении контроля, должны знать и выполнять общие правила техники безопасности, установленные для работников цехов и участков, в которых проводят контроль.

9.4. При отсутствии на рабочем месте розеток, подключение и отключение дефектоскопа к электрической цепи должны производить дежурные электрики.

9.5. Перед включением в электрическую сеть дефектоскоп должен быть надежно заземлен голым гибким медным проводом сечением не менее 2,5 мм².

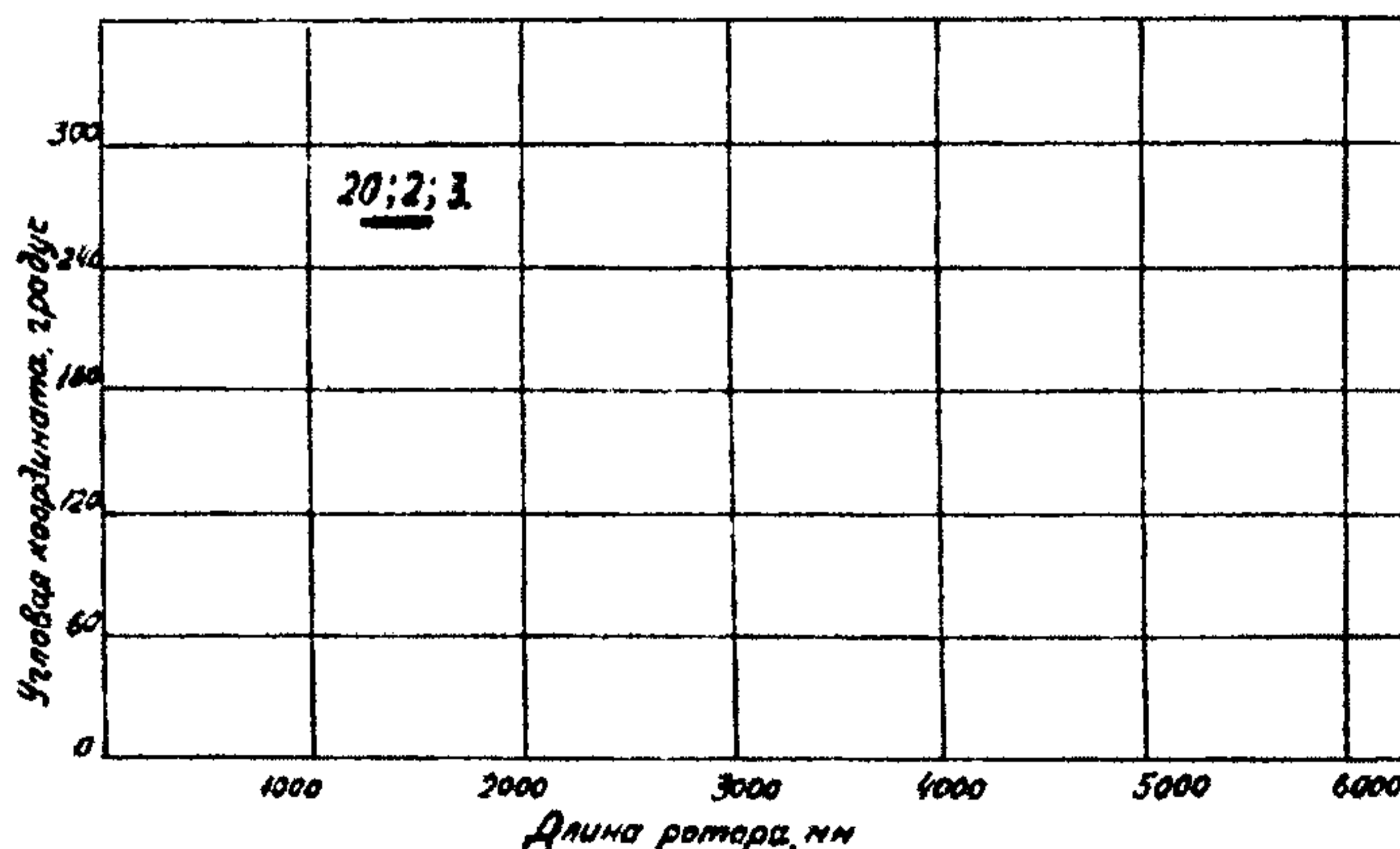


Рисунок Д.12 – Пример дефектограммы осевого канала ротора

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБРАЗЦА

В испытательном образце изготавливаются искусственные отражатели типа сверлений с плоским дном диаметром 2 мм и риски.

Разметку для изготовления сверлений, начинающихся на цилиндрической поверхности образца, ведут следующим образом.

Согласно рисунку Д.3 отмечают точки начала сверлений. Определяют глубину, на которую изготавливается сверление. Направление сверления определяется с помощью шаблона, представляющего собой угольник с углом при вершине 120° . Шаблон накладывается так, чтобы угол при вершине находился на окружности, соответствующей внутренней поверхности образца, и при этом одна грань пересекала центр внутренней окружности, а другая — точку выхода оси сверления на внешнюю окружность. Таким образом, размечают пять направлений сверлений на внешней цилиндрической поверхности образца. Четыре сверления на торцевой поверхности выполняются согласно рисунку Д.12. Шероховатость плоской поверхности сверлений не должна превышать $R_z = 8$ мкм. Глубина риски на внутренней поверхности 0,1 мм. Одна риска изготавливается путем проточки на токарном станке, другая — строганием. Форма риски — треугольная с углом 15° .

ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ИММЕРСИОННОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ

В состав комплекта приспособлений ИДЦ-18 (ИДЦ-19) входят:

- каретка в сборе с двумя ПЭП и двумя центраторами 1 шт.
- штанга составная из трех колен 1 шт.

- заглушка-поперечина 1 шт.
- рукоятка подачи 1 шт.
- диск азимутальный 1 шт.
- кабель коаксиальный для соединения ПЭП
с дефектоскопом 2 шт.
- образец испытательный в сборе с удлини-
тельными приспособлениями (трубами) 1 шт.
- устройство плавного перемещения
каретки при настройке 1 шт.
- заглушка деревянная (изготавливается
на месте) 1 шт.
- тренога для поддержания штанги 1 шт.

Технические данные:

- диаметр осевого канала контролируемого ротора
90 — 160 мм;
- диапазон контролируемых глубин 3-80 мм от поверх-
ности осевого канала;
- минимальный диаметр плоского отражателя, выявляе-
мого на глубине 80 мм — 2 мм;
- частота ультразвуковых колебаний 2,5 МГц.

Рабочая документация на комплект приспособлений для иммерсионного контроля (включая чертежи, технологию изготовления ПЭП и испытательного образца) или сам комплект могут быть заказаны в НПО ЦНИИТМАШ.

П р и л о ж е н и е Д.3

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАГЛУШКИ ТОРЦОВ

Приспособление для заглушки торцов изготавливают в соответствии с рисунком Д.3.1.

На рисунке показаны: удлинитель 1; фланцы 2; диаметр и разметку отверстий для крепежа определяют по фланцам ротора; резиновые прокладки 3; болты 4; патрубков для заливки воды 5; проходное доньшко 6; глухое доньшко 7; резиновая армированная манжета 8 40×24×10 мм (размеры ман-

жеты и отверстия в доньшке уточняются по фактическому диаметру штанги); крышка манжеты 9; винт 8×146 — 4 шт. 10; D — диаметр осевого канала ротора.

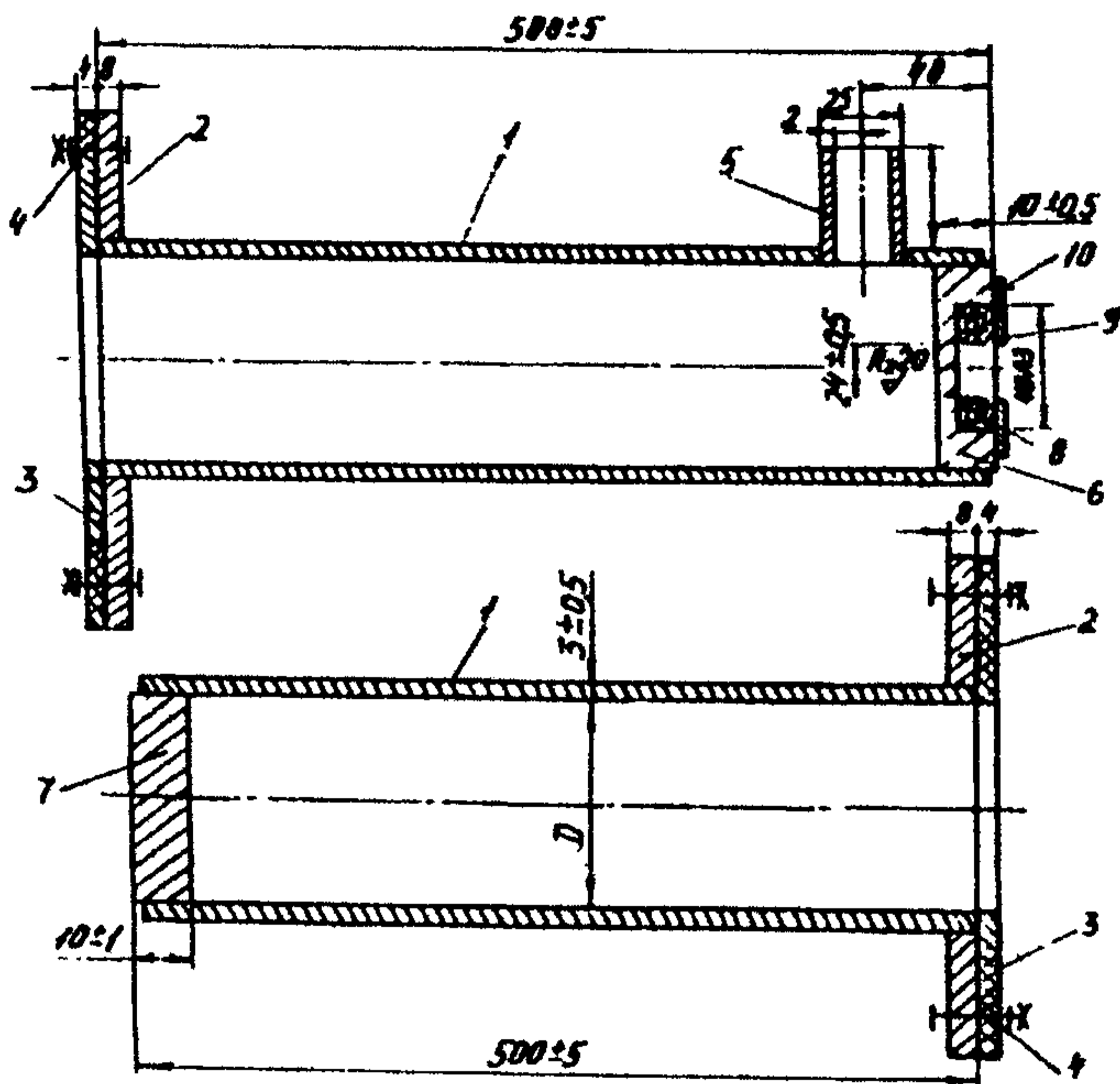
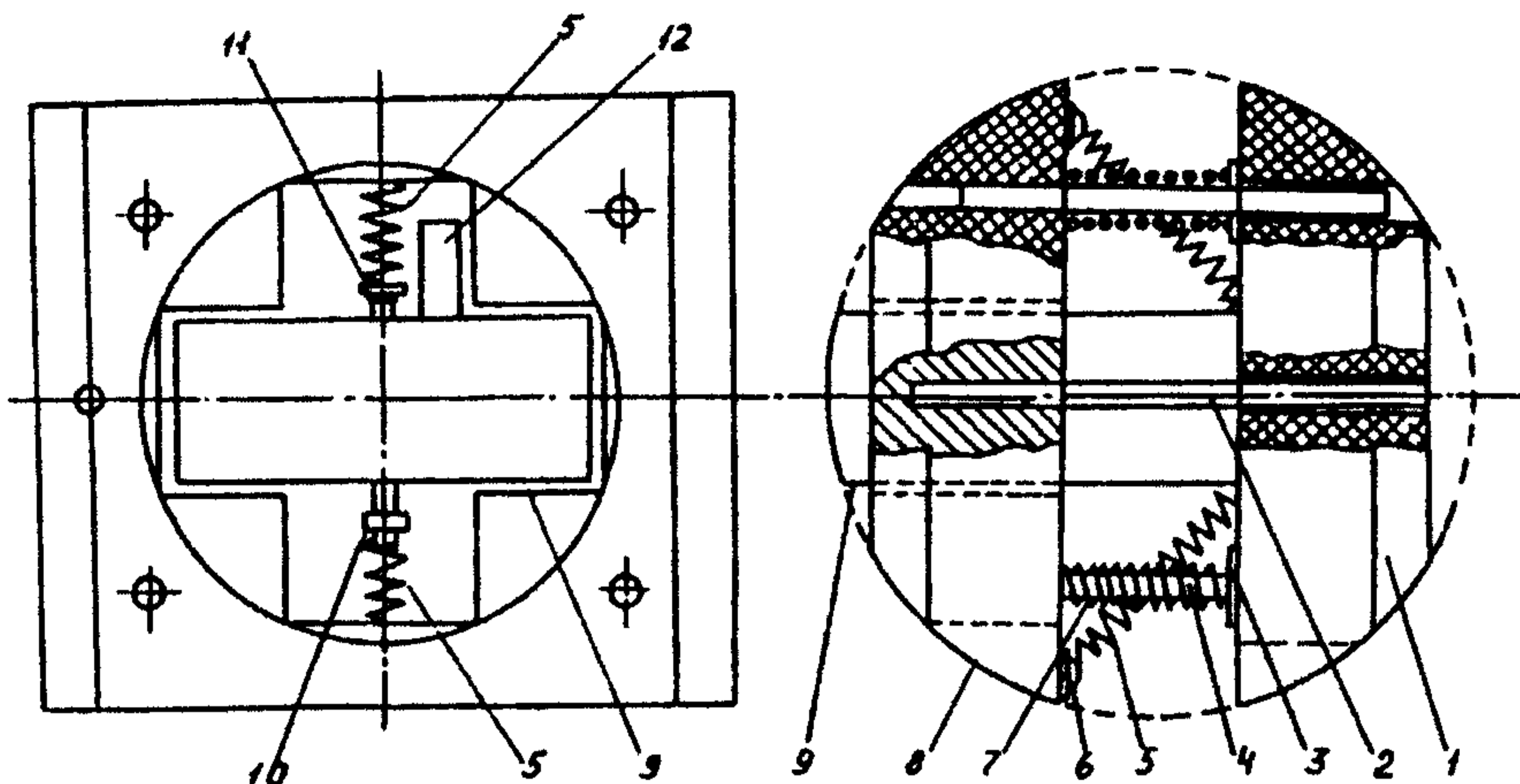


Рисунок Д.3.1 — Приспособление для заделки торцов

Приложение Д.4

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И СБОРКА ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Приспособление для ориентации ПЭП (рисунок Д.4.1) состоит из прижимной (рисунок 4.2) и ориентирующей (рисунок Д.4.3) рамок, четырех штифтов, служащих направляющими, двух пружин-растяжек и четырех пружин сжатия.

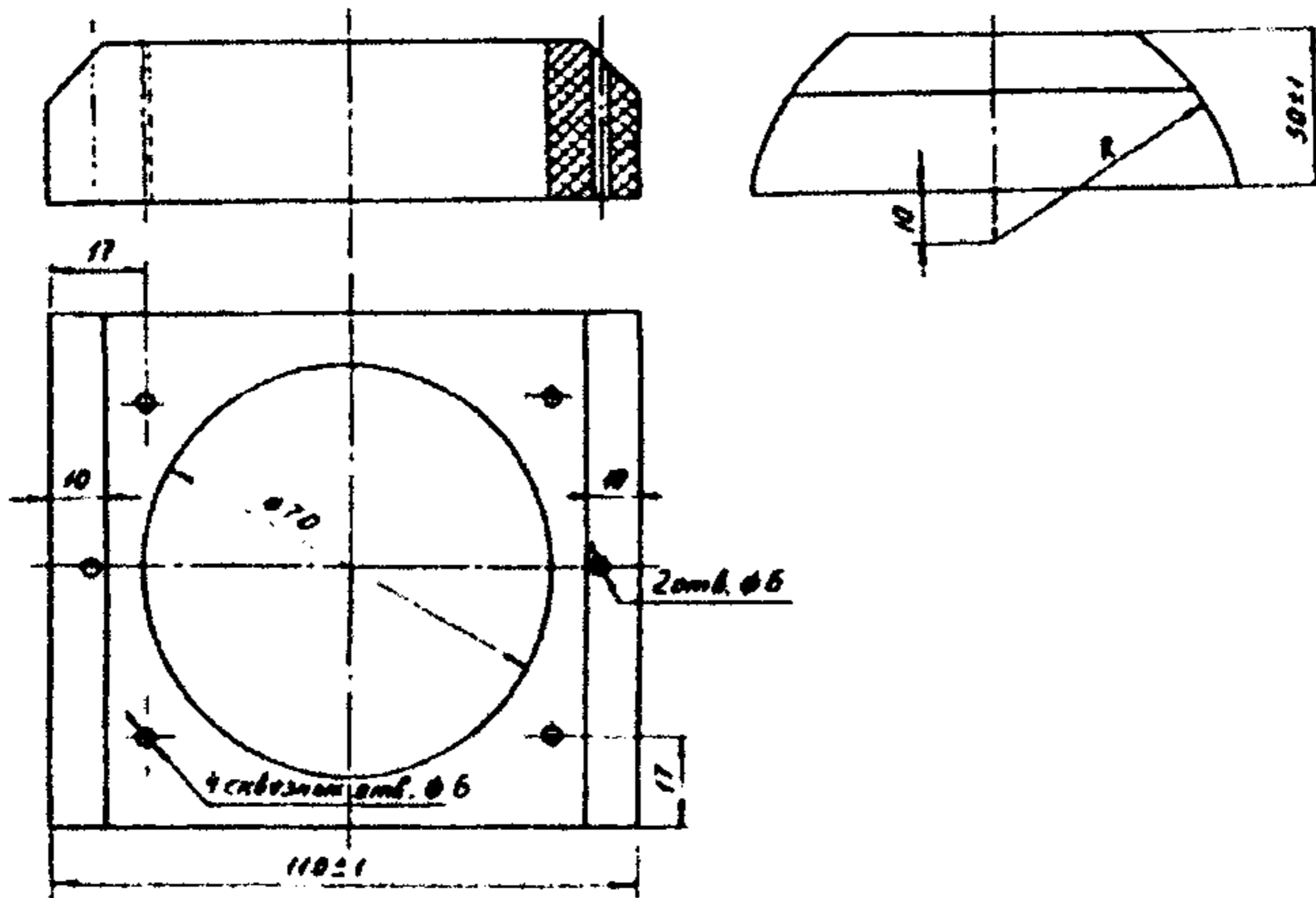


1 — прижимная рамка; 2, 4 — штифты 4×90 из стали с резьбой на одном конце (длина 30 мм); 3 — латунная шайба 4,5; 5 — пружина растяжения диаметром 8 мм из проволоки диаметром 1 мм; 6 — винт 15×144 и шайба; 7 — пружина сжатия диаметром 8 мм из проволоки диаметром 1 мм; 8 — ориентирующая рамка; 9 — искатель; 10 — гайка диаметром М3; 11 — винт 40×143; 12 — штуцер

Рисунок Д.4.1 — Разъемное приспособление для ориентации ПЭП в азимутальной и осевой плоскостях

В ориентирующую рамку 8 (см. рисунок Д.4.1) вворачивают штифты 4, на них надевают пружины сжатия 7 с шайбами 3. Сверху устанавливают прижимную рамку 1 и вставляют искатель, соединяют его с рамой пружинами.

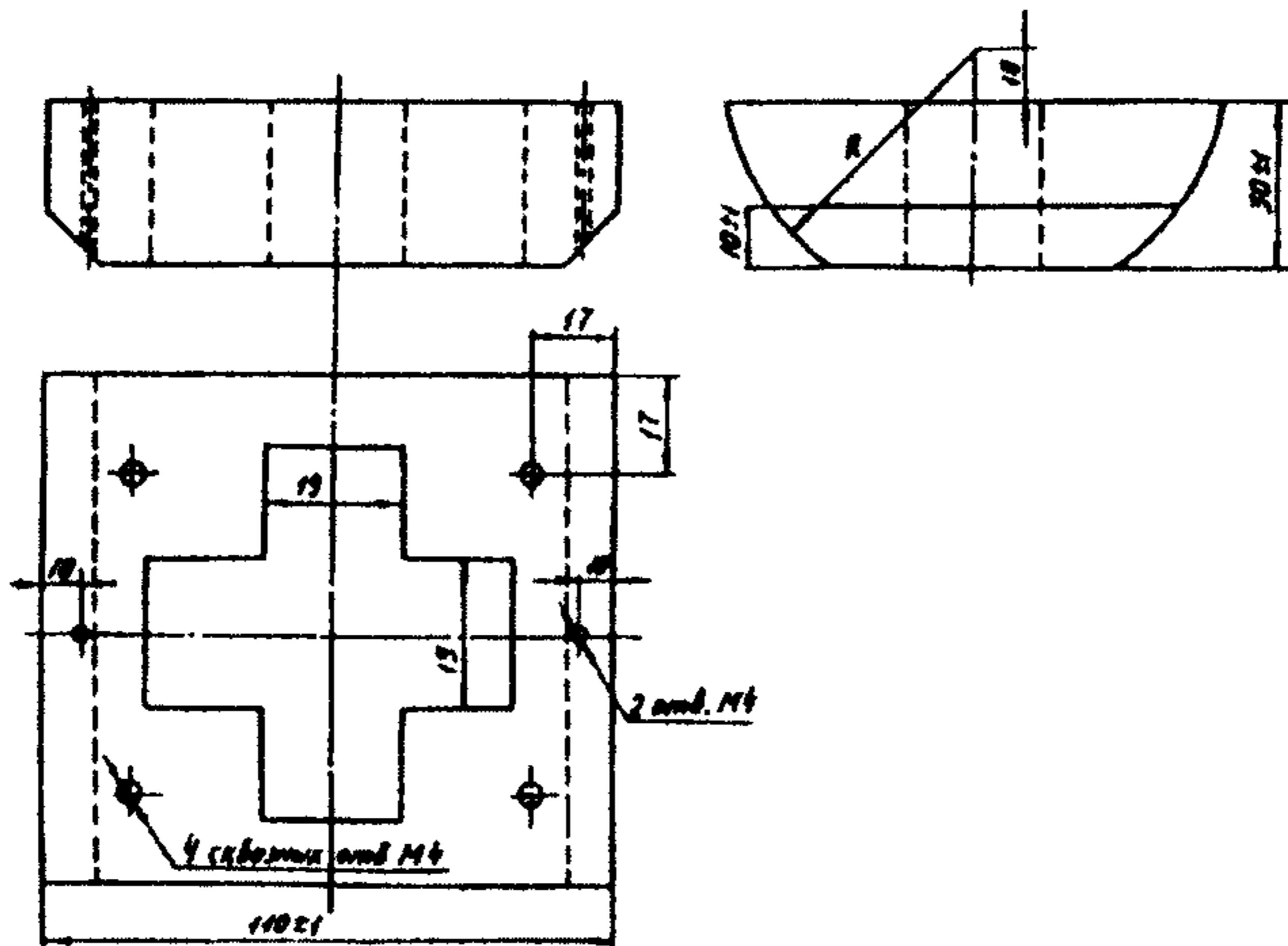
Для перемещения искателя вдоль канала ротора применяется составная штанга, изготовленная из одной или нескольких металлических трубок диаметром около 18 мм (рисунок Д.4.4). Первое звено штанги с помощью штифта 2 (см. рисунок Д.4.1) соединяют с ориентирующей и прижимной рамками (в первом звене штанги просверливают дополнительное отверстие диаметром 4,5 мм на расстоянии 7 мм от края для соединения с ориентирующим устройством). На звеньях штанги через 100 мм просверлены отверстия для определения координат датчика в канале ротора.



R – радиус осевого канала

Рисунок Д.4.2 – Прижимная рамка

Примечание – Отверстия диаметром 6 мм сверлить по листу по отверстиям под М4 в ориентирующей рамке.



R – по рисунку 4.2

Рисунок Д.4.3 – Ориентирующая рамка

Примечание – Отверстия М4 сверлить в двух рамках в сборе

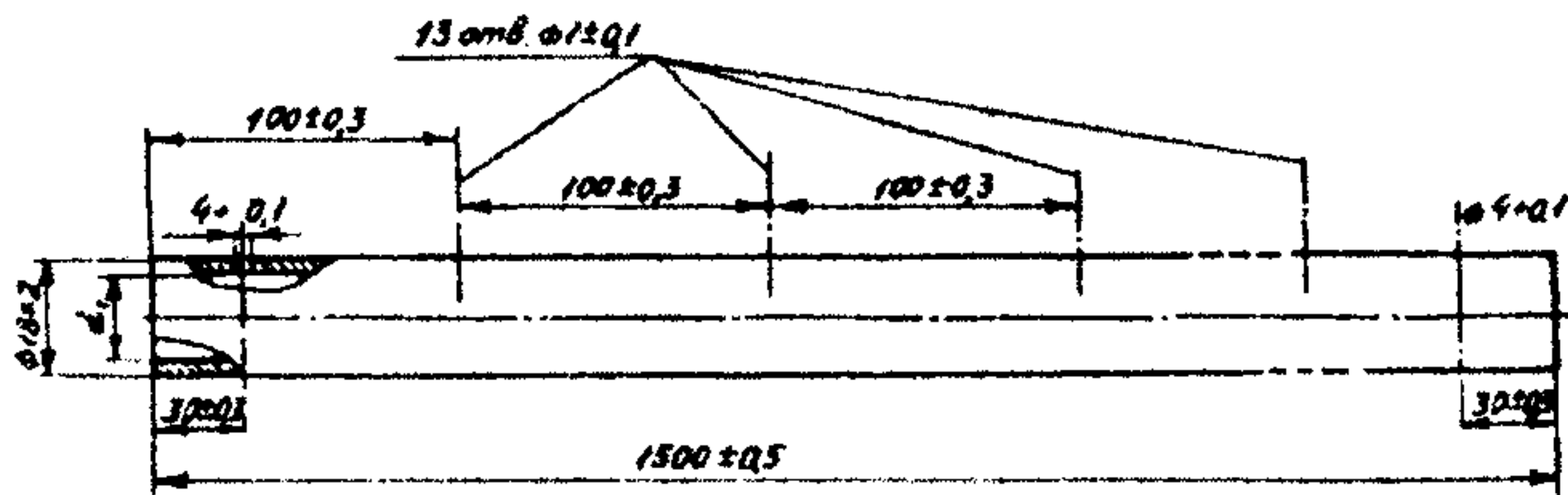


Рисунок Д.4.4 – Звено штанги

Примечание – Диаметр трубки и толщина ее стенки указаны ориентировочно

Допускается выполнение в звеньях штанги дополнительных отверстий диаметром 4 мм. Дополнительные отверстия располагают на расстоянии примерно 50 см одно от другого.

Эти отверстия применяют для присоединения к штанге штыря диаметром 4 мм и длиной 20 см. Штырь используют (при необходимости) для вращения вручную ориентирующего приспособления внутри канала ротора.

Рабочая документация на ориентирующее приспособление (включая чертежи, технологию изготовления) или сам комплект могут быть заказаны в ОАО "ВТИ" отделение измерительной техники (ОИТ).

Приложение Д.5

ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАКЛОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВВОДА УЛЬТРАЗВУКА В АЗИМУТАЛЬНУЮ И ОСЕВУЮ ПЛОСКОСТИ РОТОРА

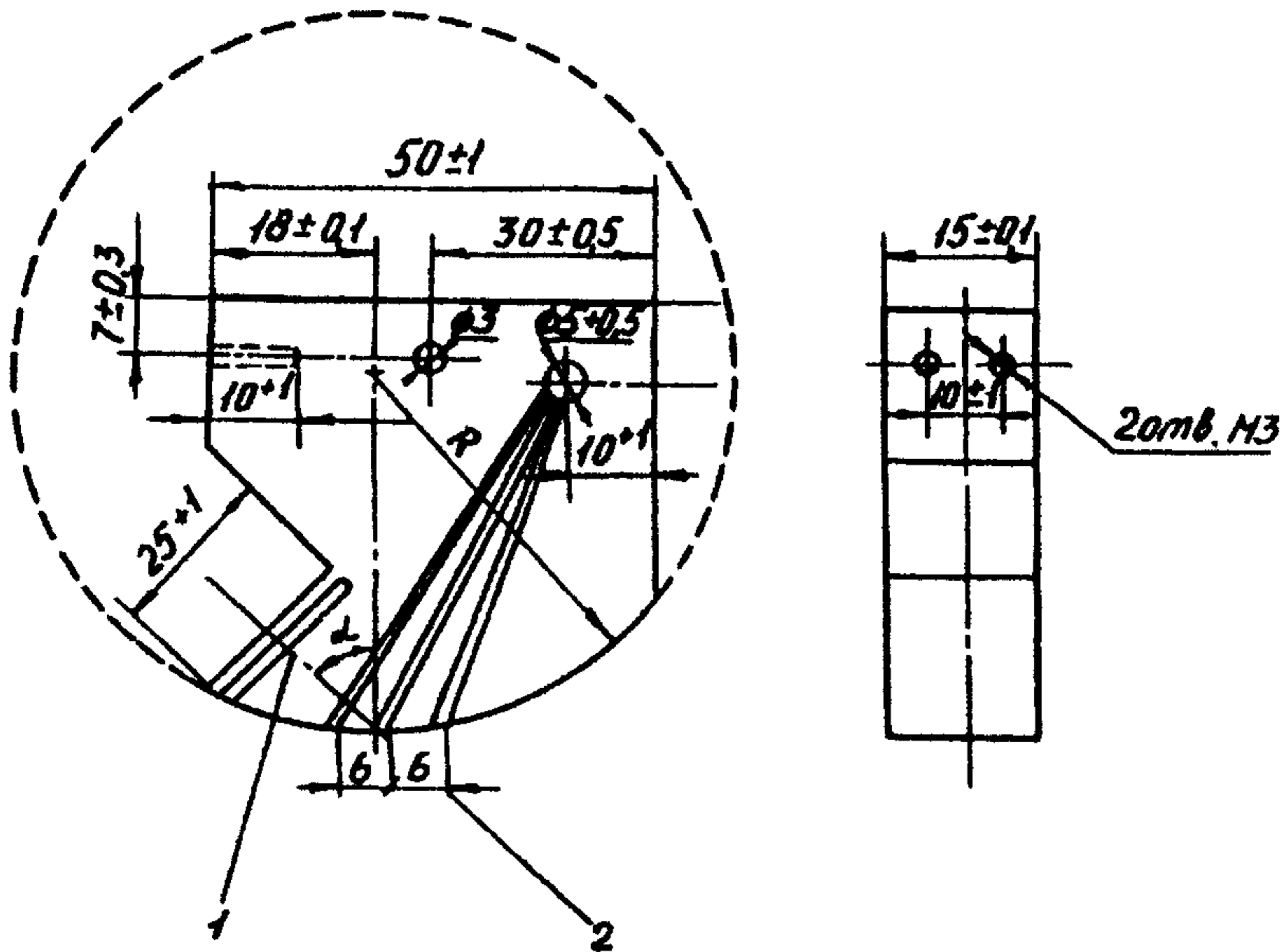
1. ПЭП для азимутальной плоскости

ПЭП собирают из стандартных деталей серийных разборных призматических искателей на частоту 2,5 МГц и специальных деталей (см. рисунки Д.4.1, Д.4.2, Д.4.3).

Используют следующие детали серийных искателей: пьезоэлемент из керамики ЦТС-19, арматуру для крепления пьезопластины (салазки с зажимной гайкой, демпфер, поршень).

Демпфер в серийных призматических искателях, как правило, изготовлен из асбеста. Рекомендуется заменить его демпфером из микропористой резины, что обеспечит постоянство давления на пьезопластину и герметизацию пространства между демпфером и прилегающей гранью призмы искателя.

Призма искателя для ввода ультразвука в азимутальной плоскости приведена на рисунке 5.1.



1 — ось пучка лучей; 2 — три канавки с каждой стороны глубиной и шириной 1 мм

Рисунок Д.5.1 — Призма искателя для ввода ультразвука в азимутальной плоскости

Для возбуждения поперечных волн применяют призму с углом $46^\circ \pm 0,5^\circ$.

Сборка искателя: на призму устанавливают арматуру с пьезоэлементом, призму устанавливают между боковыми

накладками так, чтобы она со всех сторон выходила за пределы накладок; в отверстие диаметром 5 мм вставляют шуцер и стягивают пакет гайкой М5, при этом боковые отверстия шуцера должны быть направлены к канавкам призмы, через которые поступает к контактной поверхности призмы искателя.

Накладки служат также для улучшения скольжения искателя в проеме ориентирующей рамки ориентирующего приспособления.

Собранный искатель присоединяют кабелем к дефектоскопу, регулируют демпфирование пьезоэлемента зажимной гайкой, проверяют чувствительность по испытательному образцу. При необходимости уменьшить реверберационные шумы наносят на поверхность призмы (кроме контактной) треугольный профиль (как у серийных искателей).

Допускается изготавливать искатель без использования арматуры для крепления путем приклейки пьезопластины к призме эпоксидной смолой с последующей заливкой выреза призм.

Для обеспечения стабильности чувствительности искателя следует перед склейкой (сборкой) для снятия остаточных напряжений в материале призмы нагреть ее до температуры начала размягчения плексигласа и медленно охладить (например, выдержать в кипящей воде в течение полчаса, охладить вместе с водой на воздухе), при этом снижаются шумы искателя.

2. ПЭП для осевой плоскости

ПЭП собирают из стандартных деталей разборных призматических искателей на частоту 2,5 МГц и специальных деталей: призмы (рисунок Д.5.4), двух накладок из латуни (рисунок Д.5.2), шуцера (рисунок Д.5.3) и гайки М5.

Для возбуждения поперечных волн применяют призму с углом $46^\circ \pm 0,5^\circ$.

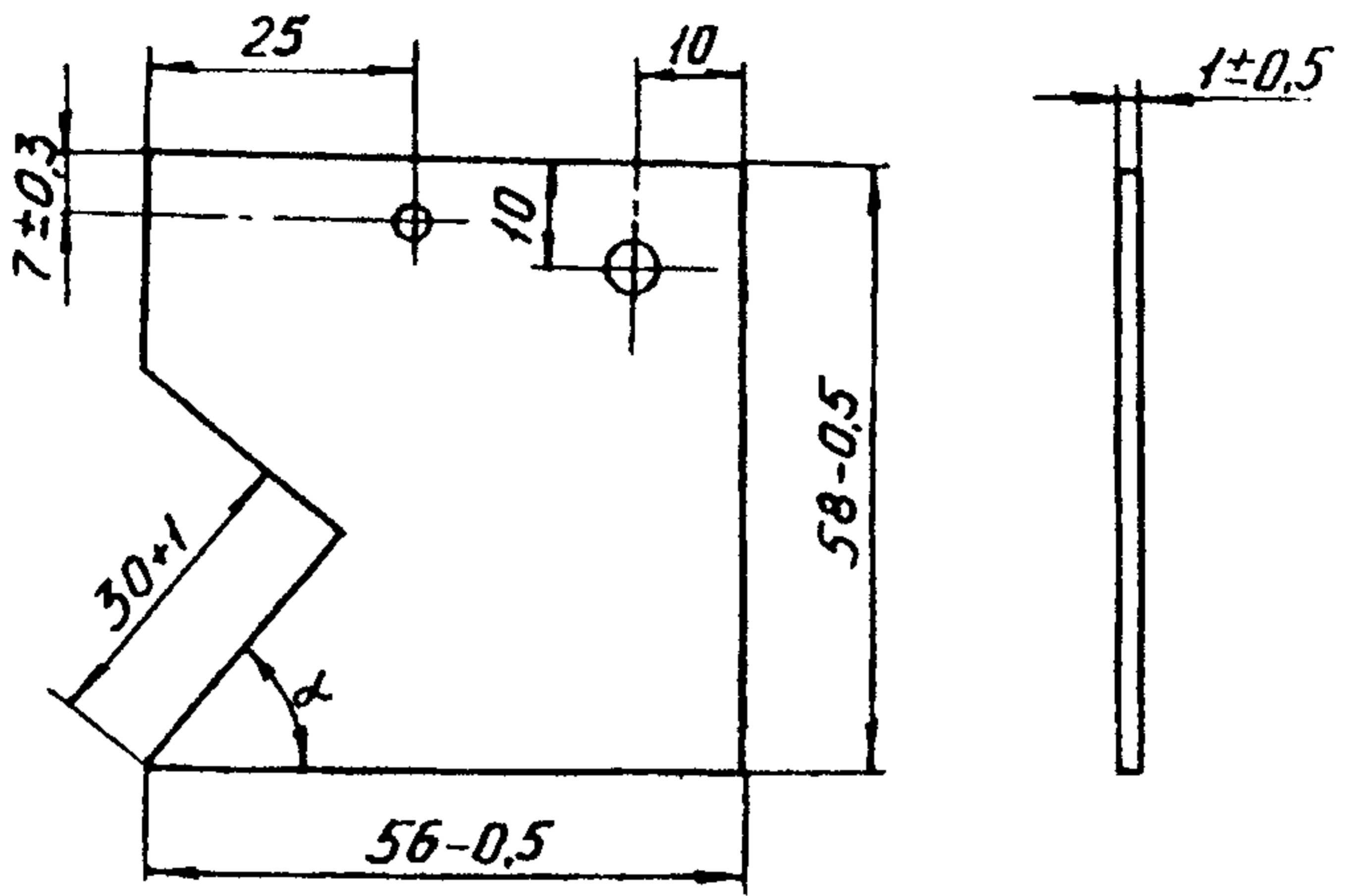


Рисунок Д.5.2 – Накладка

Примечание – Отверстия сверлятся в сборе с призмой

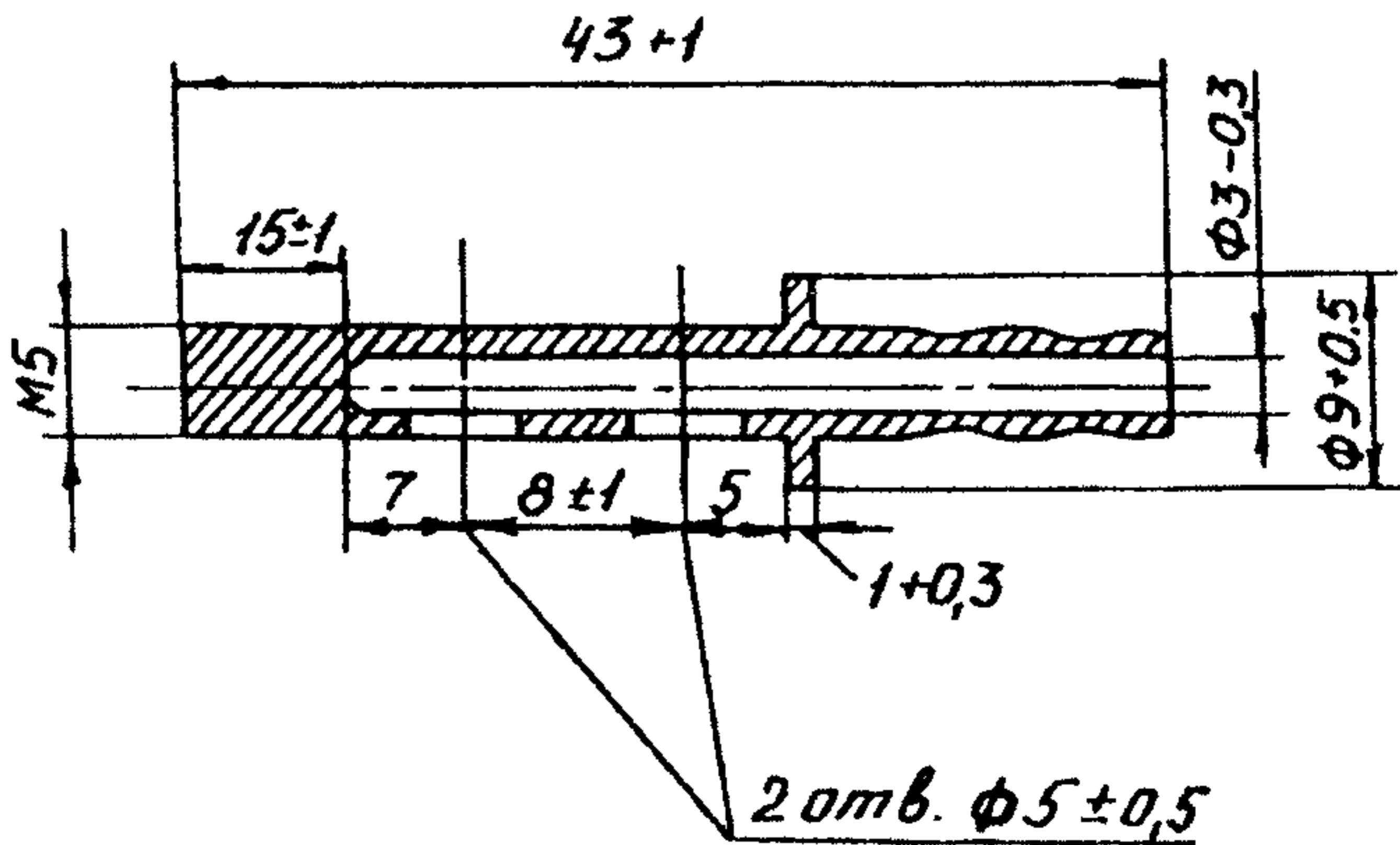
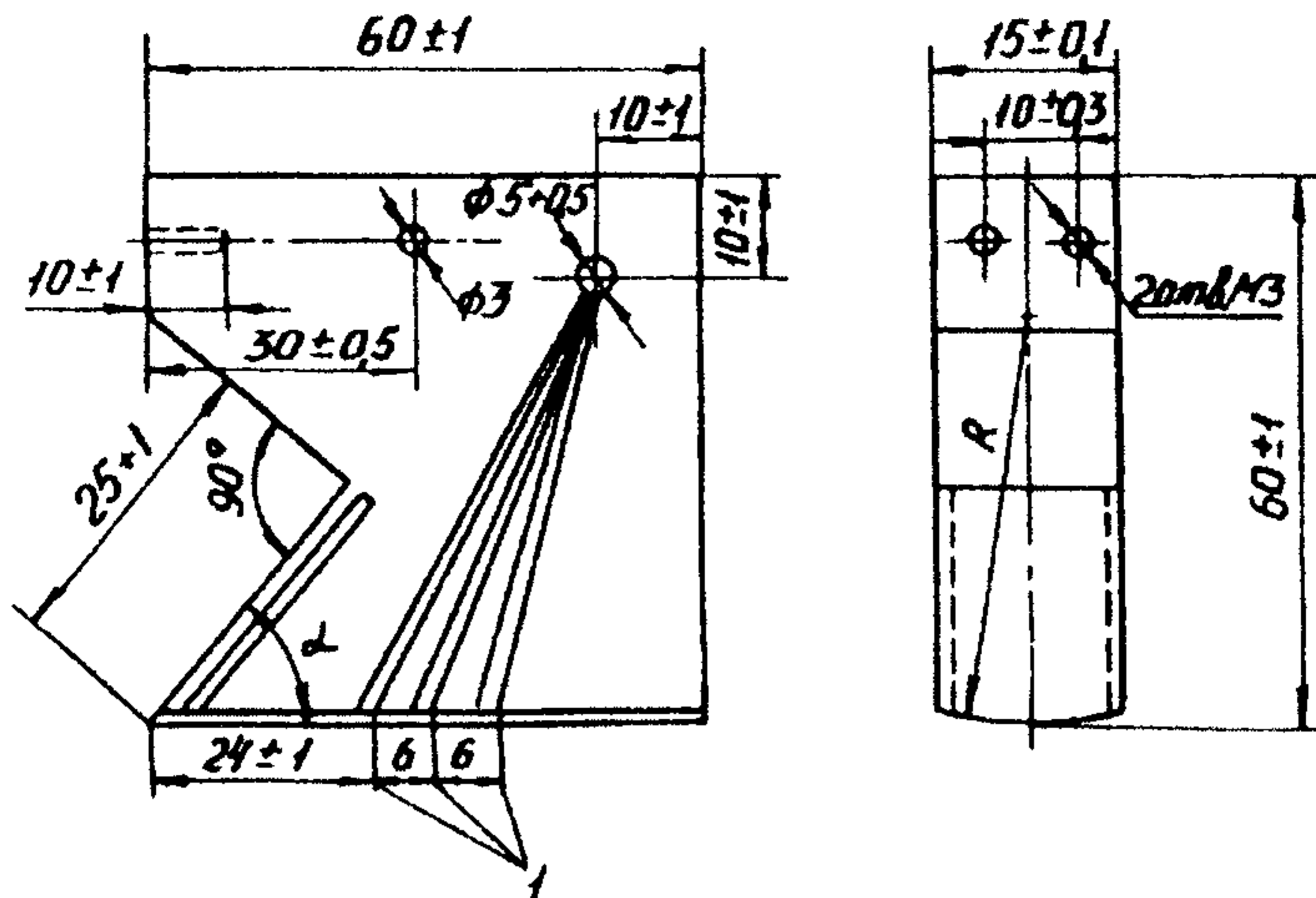


Рисунок Д.5.3 – Штуцер



1 — три канавки с каждой стороны глубиной и шириной 1 мм

Рисунок Д.5.4 — Призма искателя для ввода ультразвука в осевой плоскости

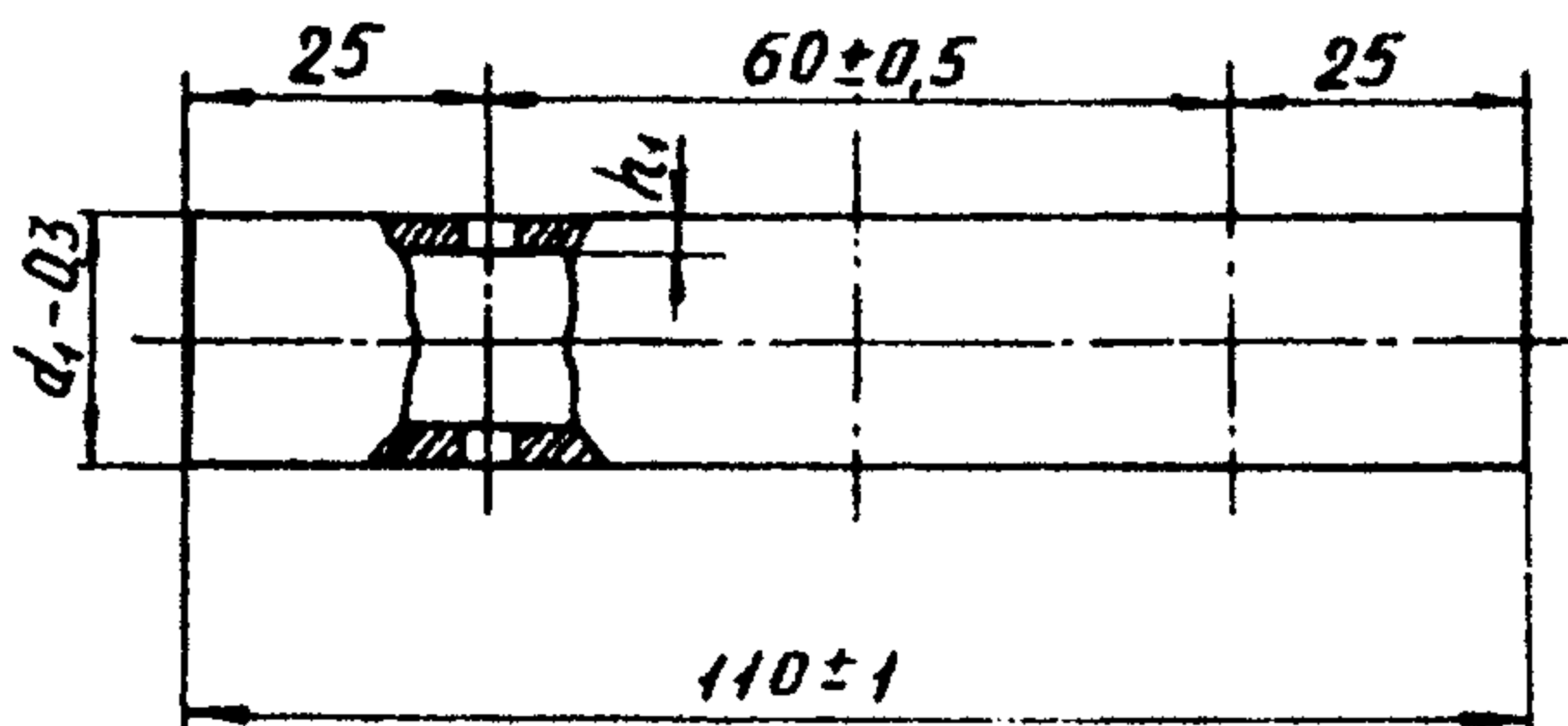
Приложение Д.6

СБОРКА ОРИЕНТИРУЮЩЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

В ориентирующую рамку (в одно из двух положений в зависимости от расположения обнаруживаемых дефектов) помещают искатель 9 (см. рисунок Д.4.1). В искатель вставляют винт 11 с закрепленными пружинами растяжения 5. С другой стороны пружину с помощью винтов 6 закрепляют в направляющей рамке. Сверху вставляют прижимную рамку. С искателя присоединяют высокочастотный кабель и резиновый шланг для подачи контактной жидкости. К приспособлению с помощью штифта присоединяют штангу (см. рисунок Д.4.4).

Сжатые рамки помещают в полость осевого канала. Пружины обеспечивают надежный контакт искателя с ротором.

Отдельные звенья штанги соединяют с помощью соединителя (рисунок Д.6.1) и винтов М4×30 с гайками.



d_1 – внутренний диаметр звена;
 h_1 – толщина стенки (более 1 мм)

Рисунок Д.6.1 – Соединитель

Приложение Д.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТОВ

1. Расстояние от торца ротора до искателя (линейную координату) определяют по делениям, нанесенным на штанге через каждые 10 мм. Промежуточные значения измеряют линейкой.

Линейная координата поперечного дефекта (мм) определяется по формуле

$$K = L_0 - \Delta l \pm \Delta x_1 \pm \Delta x_2,$$

где L_0 – расстояние от торца ротора до дефекта по линейке на штанге, мм;

Δl – длина арматуры, прикрепленной к торцу ротора, мм;

$\pm \Delta x_1$ – поправка, зависящая от диаметра канала ротора, мм;

$\pm \Delta x_2$ – поправка, зависящая от глубины залегания дефекта, мм;

Ниже приведены значения Δx_1 и Δx_2 .

Диаметр канала, мм	90	100	110	120	130	140	150	160
Δx_1 , мм	23	30	32	34	37	39	41	44
Глубина залегания дефекта, мм	4	8	12	15	19	22	26	30
Δx_2 , мм	9	19	29	37	46	56	65	75
	35	40	45	50	55	60	70	80
	86	92	110	121	133	148	172	197

Примечание — Знак "+", если ось ультразвукового пучка составляет со штангой тупой угол и "-", если острый угол.

2. Угловую координату (азимут) продольного дефекта определяют следующим образом. Сканированием добиваются максимальной амплитуды эхо-сигнала от дефекта. Совмещают риски азимутального диска с риской на штанге, после чего фиксируют показание азимута (в градусах) против нулевой отметки на роторе. Цена деления шкалы азимутального диска 5° . По шкале экрана определяют глубину залегания дефекта, а по приведенным ниже данным — соответствующую этой глубине поправку $\pm \Delta \varphi$.

Глубина залегания, мм	10	20	30	40	50	60	70	80
$\pm \Delta \varphi$, градус	10	20	25	25	30	30	35	35

Сумма φ и $\pm \Delta \varphi$ является угловой координатой дефекта.

Примечание — Знак "+" ставится при контроле по часовой стрелке, знак "-" — против часовой стрелки.

3. Эквивалентный диаметр дефекта (площадь) определяют только в том случае, если амплитуда эхо-сигнала от дефекта равна или превышает уровень тарировочной кривой при измеренной глубине залегания дефекта. Превышение амплитуды эхо-сигнала на 6 дБ по сравнению с тарировочным означает, что эквивалентная площадь дефекта превышает площадь искусственного отражателя диаметром 2 мм в 2 раза, на 12 дБ — в 4 раза, на 18 дБ — в 8 раз и т.д.

4. Условную протяженность дефекта определяют по двум крайним положениям ПЭП, в которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается от максимума до контрольного уровня. Кон-

контрольный уровень устанавливается на 6 дБ ниже тарировочного уровня для соответствующей глубины (см. п. 3 приложения 7 к настоящим Методическим рекомендациям). Для продольного дефекта условная протяженность соответствует разнице двух линейных координат, соответствующих указанным положениям ПЭП. Условная протяженность поперечного дефекта соответствует разнице двух угловых координат с учетом глубины залегания дефекта и определяется по номограмме (рисунок Д.7.1)

5. Условную высоту дефекта определяют на контрольном уровне как ширину основания огибающей последовательности эхо-сигналов на экране дефектоскопа с помощью наложенной на него миллиметровой сетки в миллиметрах. Условную высоту протяженного дефекта измеряют в том месте, где эхо-сигнал имеет максимальную амплитуду.

6. Глубину залегания дефекта и амплитуду определяют согласно указаниям технических описаний и инструкций по эксплуатации дефектоскопов.

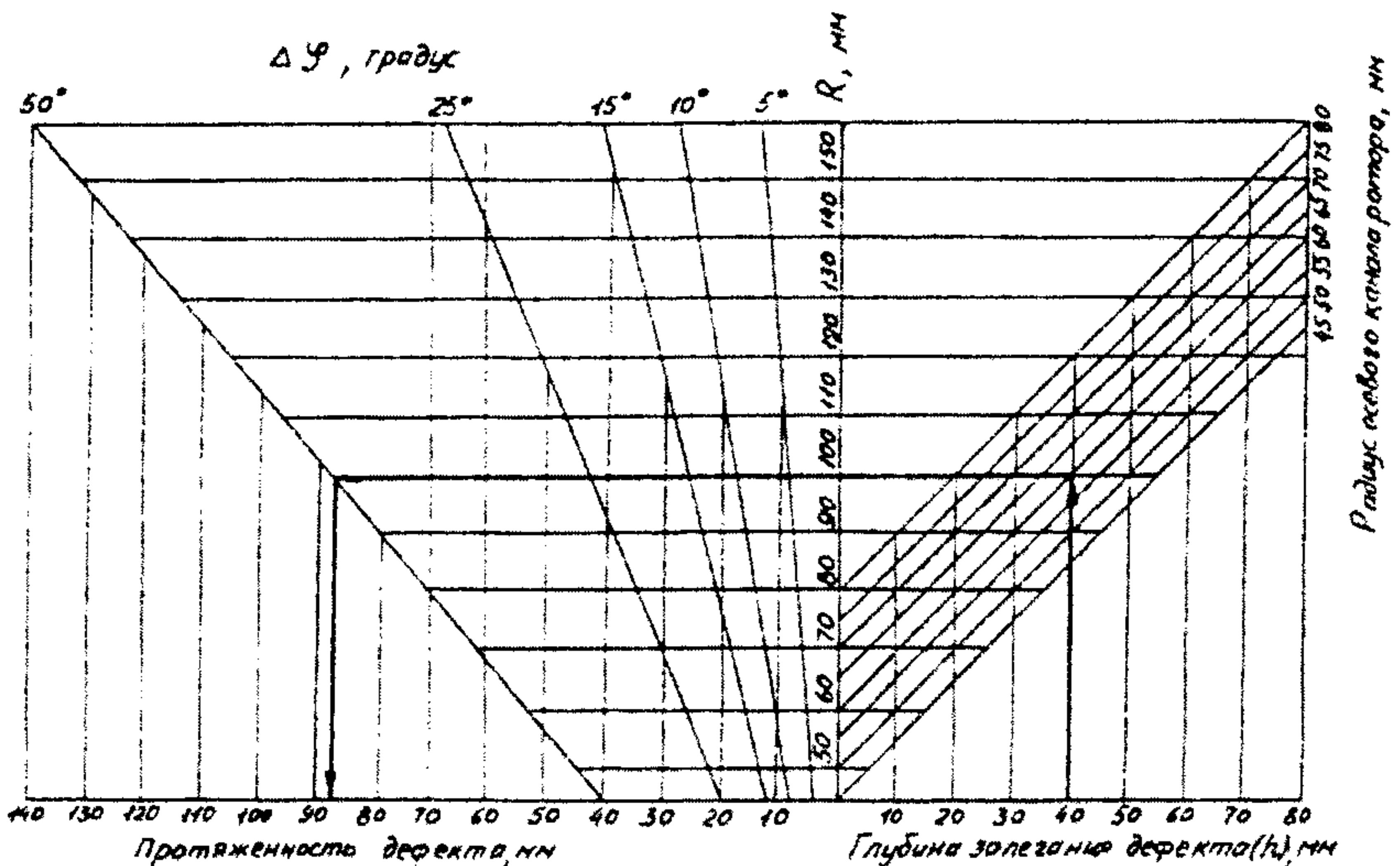
7. Пример определения условных размеров дефекта

При контроле качества металла ротора диаметром осевого канала $D = 120$ мм дефектоскопом ДУК-66П обнаружен поперечный дефект на глубине $h = 40$ мм с максимальной амплитудой 20 дБ.

Согласно тарировочному графику уровень чувствительности для дефекта на глубине 40 мм соответствует 15 дБ. Рукоятки аттенюатора ставят в положение 9 дБ, что соответствует завышению чувствительности дефектоскопа до контрольного уровня. Вращением штанги относительно ротора добиваются уменьшения значения эхо-сигнала до уровня 10 мм над линией развертки и определяют угол φ_1 (в градусах). Вращением штанги в противоположную сторону с одновременным уменьшением амплитуды до уровня 10 мм определяют φ_2 . При $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 50^\circ$ по номограмме (см. рисунок Д.7.1) определяют условную протяженность дефекта (последовательность определения показана стрелками), равную 87 мм.

Для определения условной высоты дефекта штангу следует установить в положение, которое соответствовало бы

амплитуде эхо-сигнала 20 дБ. Продольным перемещением штанги уменьшают сигнал до уровня 10 мм на экране дефектоскопа. Разница (в миллиметрах по экрану) между положениями сигналов на уровне 10 мм будет соответствовать условной высоте дефекта.



$\Delta \varphi$ — угол, в пределах которого выявляется дефект (разность угловых координат) $R = h + D/2$

Рисунок Д.7.1 – Номограмма для определения протяженности поперечных дефектов

ПРОТОКОЛ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

Название электростанции _____
 Тип турбины, стационарный номер турбины _____
 Тип ротора, заводской номер ротора _____
 Нарботка, ч _____
 Марка стали (по чертежу) _____
 Диаметр осевого канала _____
 Сторона, с которой производился контроль _____
 Методика проведения УЗК (обозначение документа) _____
 Аппаратура _____
 ПЭП и их характеристика _____
 Испытательные образцы _____

Результаты испытаний

Расстояние дефекта от торца ротора, мм	Азимут, ч	Глубина залегания дефекта, мм	Амплитуда сигнала, дБ	Условная протяженность, мм
Условная высота дефекта, мм		Эквивалентный диаметр дефекта (площадь), мм		

Оценка качества (состояния) _____ соответствует требованиям
 _____ не соответствует требованиям

Дата предыдущей проверки _____
 Дата проведения контроля _____

Приложение. Дефектограмма ротора

Проверку провели: _____
 (подписи всех членов бригады с указанием должности и фамилии)

Приложение Е

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ОСТАТОЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ РОТОРА СО СТОРОНЫ ОСЕВОГО КАНАЛА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Измерения остаточных деформаций в осевых расточках роторов паровых турбин производятся в период капитальных ремонтов турбин на роторах высокого и среднего давления, работающих при температуре пара перед цилиндрами 450 °С и выше, с целью получения данных для оценки технического состояния роторов и прогнозирования их остаточного ресурса.

1.2. Периодичность контроля устанавливается согласно нормативным документам.

1.3. Не проводится контроль роторов производства НПО "Турбоатом", а также роторов других заводов с диаметром осевого канала менее 80 мм и более 140 мм или имеющих на поверхности осевого канала локальные расточки, выборки, уступы, препятствующие перемещению нутромера по поверхности канала.

1.4. Измерение накопленной деформации осуществляется до зачистки поверхности канала от окалины хонинговальной головкой. В том случае, если на контролируемом роторе до измерения накопленной деформации производилась зачистка поверхности, дважды проводится измерение диаметра канала: первый раз — после зачистки канала, второй — через определенный период эксплуатации ротора до повторной зачистки канала. Оценка надежности эксплуатации ротора проводится путем сравнения фактической скорости накопления остаточной деформации ползучести за этот отрезок времени с допустимой скоростью, в соответствии с критерием, приведенным в п. 6.1.2.2 настоящей Инструкции.

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

2.1. Измерения рекомендуется проводить нутромерами ИВД-2 (механический нутромер) или ИВД-3 (электронный нутромер) производства НПО ЦКТИ. Порядок работы с нутромерами устанавливается инструкциями, прилагаемыми к приборам при передаче их заказчику. Рекомендуется привлекать для инструктажа и производства измерений специалистов НПО ЦКТИ.

2.2. Допускается применение других приборов, обеспечивающих точность измерения диаметра канала не менее 0,01 мм на расстоянии от торца ротора не менее 4 м и позволяющих фиксировать положение датчика по длине ротора с точностью не менее 5 мм.

3. ПОДГОТОВКА РОТОРА К ИЗМЕРЕНИЯМ

3.1. Ротор устанавливается на козлах на высоте 1,0–1,5 м со свободным доступом к обоим торцам на расстоянии 3–4 м.

3.2. Удаляются пробки, закрывающие осевой канал.

3.3. Из осевого канала удаляются посторонние предметы; канал очищается ветошью и металлическими щетками до металлического блеска, продувается сжатым воздухом, обезжиривается ацетоном или другим растворителем.

3.4. Производится подготовка прибора к работе.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Исходный торец ротора, от которого ведется отсчет глубин, выбирается так, чтобы продвижение прибора в глубь расточки при измерениях совпадало с направлением хода пара. В двухпоточных роторах с подводом пара к середине ротора выбор исходного торца является произвольным. Глубина замера должна быть такой, чтобы она охватывала первый и три последующих по ходу пара дисков.

4.2. Расстояние в глубь канала отсчитывается от струны, натянутой в плоскости исходного торца ротора между противоположными болтовыми отверстиями на его полумуфте. Номера отверстий записываются в протокол результатов испытаний.

4.3. Все измерения проводятся дважды: первый раз — при движении прибора в глубь канала до четвертой ступени включительно, второй раз — при движении прибора в обратном направлении.

4.4. Показания прибора снимаются через каждые 100 мм осевого перемещения и заносятся в протокол. Там же указывается наработка ротора в часах к моменту измерений и данные о предыдущих замерах.

4.5. После измерений, указанных в п. 4.3, ротор поворачивают на 90° , вновь натягивают струну на торце в вертикальном положении, записывают в протоколе номера отверстий, через которые натянута струна, и повторяют измерения согласно пп. 4.3, 4.4.

4.6. В каждом положении ротора измеряется минимальный диаметр осевого канала штихмассом с точностью 0,01 мм. Измерения производятся на расстоянии 50—60 мм от торца ротора.

4.7. Если запланировано хонингование расточки, все измерения, предусмотренные пп. 4.4—4.6, производятся как до хонингования, так и после него.

4.8. При производстве измерений на роторе, подвергавшемся данному виду контроля ранее при предыдущих ремонтах, все операции измерения повторяются, причем замеры должны быть проведены в тех же плоскостях (определяемых номерами отверстий), в каких проводились предыдущие замеры.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Обработка результатов измерений производится на основании данных, записанных в протоколе.

5.2. Рекомендуется производить обработку по специальной программе при помощи персонального компьютера типа РС/АТ 486 и др. Программа разработана НПО ЦКТИ и передается заинтересованным организациям на магнитных носителях вместе с инструкцией по пользованию прибором. В программу заложены необходимые исходные данные по роторам, позволяющим производить обработку результатов

измерений для турбин К-200-130 ЛМЗ (ВД и СД), К-300-240 ЛМЗ (ВД и СД), ПТ-60-130 и др.

При проведении контроля на роторе, не включенном в банк данных компьютера, существует возможность дополнить программу соответствующими новыми данными.

5.3. Программа выдает в графической форме распределение остаточных деформаций ползучести по длине ротора, а также максимальную деформацию для двух взаимно перпендикулярных сечений, использованных при замерах.

5.4. Критерии надежности для оценки результатов измерений приведены в п. 6.1.2.2 настоящей Инструкции.

5.5. В том случае, если измерения остаточной деформации ползучести проводились до зачистки поверхности осевого канала хонинговальной головкой, для оценки надежности роторов используются оба критерия: по значению накопленной деформации ползучести и скорости накопления остаточной деформации. Решение о работоспособности ротора принимается по более консервативному из двух критериев. Если измерение остаточной деформации осуществляется после зачистки поверхности канала, для оценки эксплуатационной надежности ротора используется только критерий по допустимой скорости ползучести.

5.6. Результаты контроля могут быть использованы для экспериментальной оценки значения накопленной в роторе поврежденности от ползучести. При этом накопленная поврежденность соответствует отношению значения измеренной деформации ползучести к предельно допустимой для данной марки стали.

**ПОРЯДОК ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ
НА ПОВЕРХНОСТИ ОСЕВОГО КАНАЛА РОТОРА**

1. При обнаружении на поверхности осевого канала при визуальном осмотре или МПД недопустимых дефектов их фотографируют.

2. Фотографирование выявленных дефектов производится либо фотосистемой эндоскопа, либо через перископ (РВП-456) с помощью фотонасадки к зеркальному фотоаппарату типов "Зенит" или непосредственно фотоаппаратами типов "Зенит", "Салют", "Киев-10" и др.

3. Фотографирование через перископ РВП-456 производится с применением фотонасадки (рисунок Ж.1). Фотонасадка резьбовой частью вкручивается в зеркальный фотоаппарат вместо фотообъектива и надевается на окуляр перископа. Наведение на резкость производится окуляром перископа. Освещение дефекта для фотографирования производится штатной осветительной системой перископа РВП-456.

4. Для фотографирования дефектов непосредственно фотоаппаратами типов "Зенит", "Салют" или "Киев-10" применяются длиннофокусные объективы "Гелиос-40", "Юпитер-9" (фокусное расстояние $F = 85$ мм), "Юпитер-11" ($F = 135$ мм), "Таир-11" ($F = 133$ мм), "Юпитер-6" ($F = 180$ мм), "Таир-3" ($F = 300$ мм), "МТО-500" ($F = 500$ мм). При выборе объектива необходимо учитывать, что с увеличением фокусного расстояния возрастает нижний предел фокусировки изображения.

Объективы "Таир-3" и "МТО-500" позволяют сфокусировать изображение, расположенное не ближе 3 и 4 м соответственно.

5. Для фотографирования дефектов непосредственно фотоаппаратом ротор поворачивается вокруг оси так, чтобы выявленный дефект оказался в крайнем верхнем положении. В канал ротора с помощью штанги диаметром 4—6 мм вводится зеркало под углом 45° к оси ротора. Зеркало устанавливается так, чтобы в нем наблюдалось освещенное изображение дефекта. Дефект освещается специальной лампой

или осветительной головкой перископа, укрепленной в нижней части зеркала. Положение зеркала контролируется через видоискатель фотоаппарата, укрепленного на штативе со стороны ближайшего к дефекту конца канала ротора.

6. Экспозиция при съемке зависит от ряда факторов (тип, размеры и освещенность дефекта, чувствительность пленки и др.) и определяется опытным путем.

Рекомендуется: 1. Для фотографирования использовать мелкозернистую пленку типа "Микрат", допускающую значительное увеличение изображения при репродукции негативов.

2. Для освещения дефекта при фотографировании использовать лампу мощностью не менее 100 Вт.

7. Фотографии дефектов прикладываются к протоколу с указанием координат дефектов.

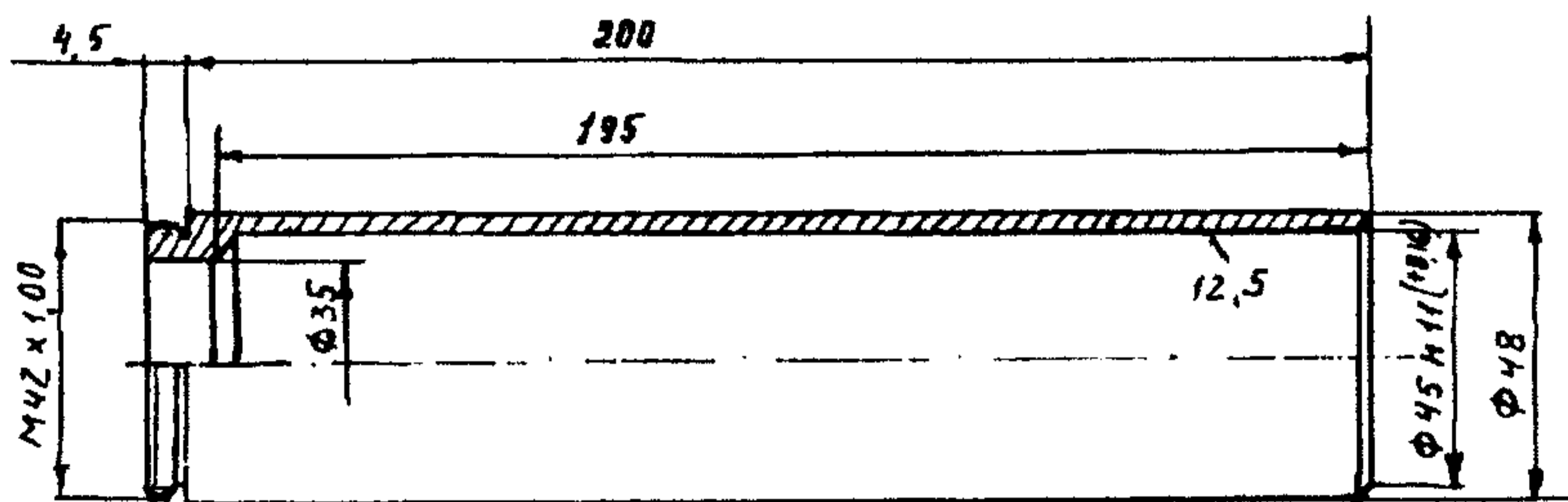


Рисунок Ж.1 – Фотонасадка к перископу РВП-456

П р и л о ж е н и е И

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ Т-ОБРАЗНЫХ ЛОПАТОЧНЫХ ПАЗОВ ОБОДОВ ДИСКОВ БЕЗ РАЗЛОПАЧИВАНИЯ

1. Настоящие Методические рекомендации устанавливают порядок проведения ультразвукового контроля (УЗК) без разлопачивания ободов дисков роторов в районе Т-образного паза под хвостовики лопаток с толщиной щеки обода H от 10 до 50 мм с целью выявления дефектов типа трещин глубиной более 0,5 мм, развивающихся от верхнего концентратора на внутренней стороне паза как в передней, так и в задней щеках обода относительно хода пара.

2. УЗК обода диска проводится ультразвуковым импульсным дефектоскопом и наклонным преобразователем с частотой от 1,8 до 5,0 МГц и габаритными размерами не более 25×18×30 мм.

3. Настройка скорости развертки и чувствительности дефектоскопа проводится на стандартном образце предприятия (СОП), изготовленного из той же стали, что и контролируемый ротор, с искусственным отражателем в виде наклонного паза (рисунок И.1).

3.1. Настройка скорости развертки проводится следующим образом:

— преобразователь устанавливается на рабочую поверхность СОП;

— находится максимальный эхо-сигнал от искусственного отражателя, и устанавливается его высота на экране дефектоскопа;

— для определения зоны контроля подводится строб-импульс под максимальный эхо-сигнал, и устанавливается его ширина, равная 10 мм.

3.2. При настройке чувствительности дефектоскопа полученный по п. 3.1 максимальный эхо-сигнал от искусственного паза принимается за браковочный уровень.

4. Перед проведением контроля поверхность обода очищается от рыхлых отложений.

5. Проведение контроля проводится следующим образом:
- преобразователь устанавливается на боковую переднюю (по ходу пара) грань обода диска;
 - сканирование преобразователя производится вперед-назад вдоль акустического луча, перемещая преобразователь при этом по периметру обода;
 - после сканирования по всей окружности передней щеки обода подобная операция повторяется с противоположной стороны диска (задней щеки обода).

6. Качество металла обода оценивается следующим образом: обод диска бракуется, если амплитуда эхо-сигнала от верхнего концентратора Т-образного паза равна или превышает браковочный уровень (глубина дефекта равна или превышает 1 мм).

Примечания:

1 Параметры преобразователя (см. п. 2), размеры искусственного отражателя (см. п. 3) и порядок интерпретации эхо-сигналов на экране дефектоскопа при проведении контроля (см. п. 4) с описанием хода ультразвуковых лучей устанавливаются для каждого типоразмера обода.

2 Настоящие Методические рекомендации используются также при контроле замкового соединения обода с учетом его фактических размеров.

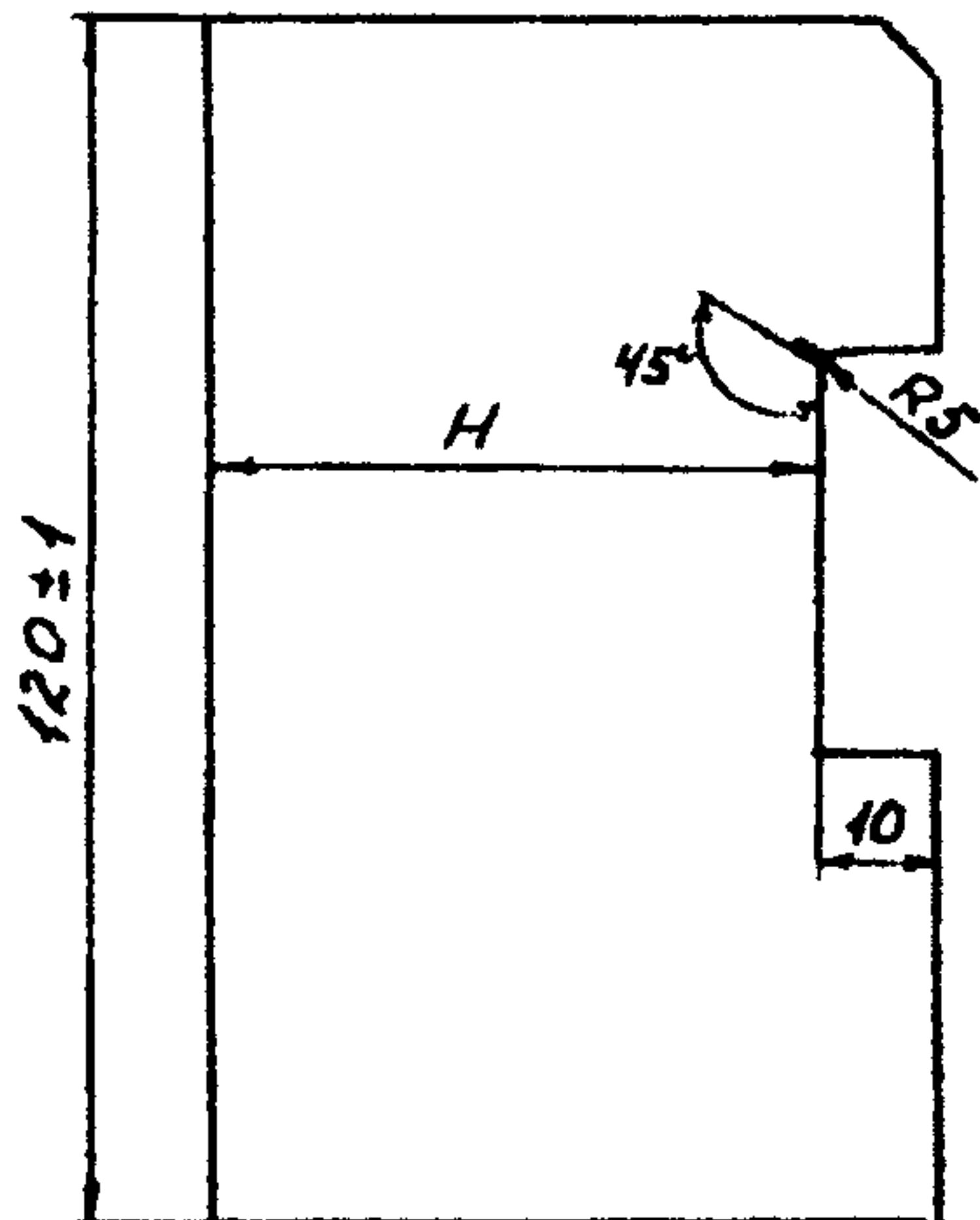


Рисунок И.1 – Стандартный образец предприятия для настройки скорости развертки и чувствительности дефектоскопа

П р и л о ж е н и е К

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛЮ ЦЕЛЬНОКОВАННЫХ РОТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН НА НАЛИЧИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИН НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Методические рекомендации предназначены для выявления поперечных (кольцевых) дефектов типа трещин, зарождающихся на наружной поверхности роторов паровых турбин в зонах радиусных переходов (галтелей дисков, тепловых канавок, на шейках валов), а также поперечных внутренних металлургических дефектов в поковке ротора.

1.2. Описанные ниже методы рекомендуется рассматривать как экспрессные и применять их перед уточняющим контролем ротора по методикам, приведенным в приложениях Б, В, Г, Д, Л.

1.3. Настоящие Методические рекомендации предполагают прозвучивание ротора (рисунок К.1):

- теневым методом с торцов (Т1/Т2);
- эхо-методом с торцов (Э1 и Э2);
- эхо-методом с цилиндрической поверхности, свободной для перемещения преобразователя (Ц);
- эхо-методом с поверхностями дисков (Д).

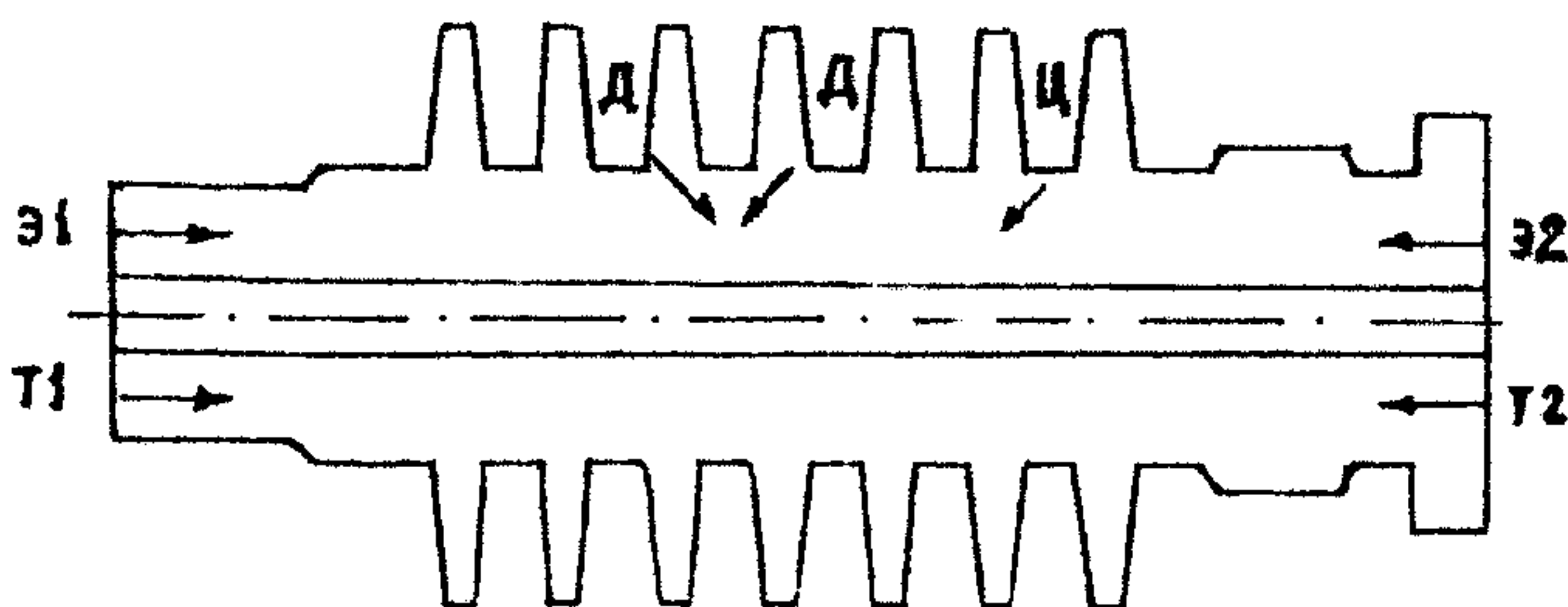


Рисунок К.1 – Схема прозвучивания ротора

1.4. Поверхность сканирования перед контролем должна быть очищена от окалины, загрязнений и иметь шероховатость не хуже четвертого класса ($R_z = 40$ мкм) по действующей нормативной документации.

1.5. Контроль рекомендуется проводить:

- в закрытом помещении при температуре окружающего воздуха и поверхности ротора от $+15$ до $+40$ °С;
- в светлое время суток;
- при экранировании постов электросварки, резки металла;
- при отсутствии вибрации, загрязнений, пыли, препятствующих проведению контроля.

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Для контроля, как базовый, применяется прошедший соответствующую проверку ультразвуковой дефектоскоп УД2-12. Рекомендуется использовать более совершенные дефектоскопы (типов УД2-17, *USIP-11*, *USIP-12*, *USD-10*, *Erosch III* и др.) с шириной развертки не менее 5 мм.

2.2. В качестве контактной жидкости применяются жидкие технические масла достаточной консистенции или другие используемые при УЗК смазки.

2.3. Для подключения преобразователей при теневом методе контроля применяется высокочастотный кабель длиной на 1–2 м превышающий длину ротора, но не более 10 м, а при контроле эхо-методом — высокочастотный кабель, входящий в комплект дефектоскопа.

2.4. При контроле теневым методом используется пара одинаковых по типу прямых преобразователей с частотой 2 МГц (1–4 МГц) и диаметром пьезоэлемента не менее 24 мм.

2.5. При контроле эхо-методом с торцевых поверхностей применяются прямые преобразователи с частотой 2–4 МГц, диаметром пьезоэлемента не менее 24 мм и имеющие АРД-диаграммы или другие возможности для расчета эквивалентной площади дефектов и условной чувствительности контроля.

2.6. При контроле эхо-методом с цилиндрической поверхности ротора и с поверхностями дисков применяются наклонные преобразователи с углами ввода $35 - 70^\circ$, частотой $2 - 5$ МГц и имеющие АРД-диаграммы или другие возможности для расчета эквивалентной площади дефектов и условной чувствительности контроля.

2.7. Все преобразователи должны пройти соответствующую метрологическую поверку (калибровку).

3. КОНТРОЛЬ ТЕНЕВЫМ МЕТОДОМ

3.1. При теневом контроле торцы ротора размечаются на 12 и более участков по аналогии с часовым циферблатом. Значения "0-12" привязывают к номеру болтового отверстия на полумуфте.

3.2. Ширина развертки дефектоскопа устанавливается максимальной.

3.3. После нанесения контрольной смазки, прямые преобразователи, подключенные к дефектоскопу по совмещенной или отдельно-совмещенной схеме, устанавливаются на торцевые поверхности ротора друг против друга на предполагаемый бездефектный участок (рисунок К.2).

3.4. Поочередными перемещениями преобразователей находится максимальный сигнал, и ручками аттенюатора, усилителя и мощности генератора он устанавливается на 80 % высоты экрана.

3.5. На полученной чувствительности проводится контроль попеременной установкой преобразователей друг против друга с нахождением максимальных амплитуд на 12-ти и более участках (дискретное сканирование).

3.6. Признаком наличия дефекта на пути ультразвукового луча является понижение амплитуды прошедшего сигнала до 40 % высоты экрана дефектоскопа и ниже.

3.7. При необходимости производится оконтуривание дефекта.

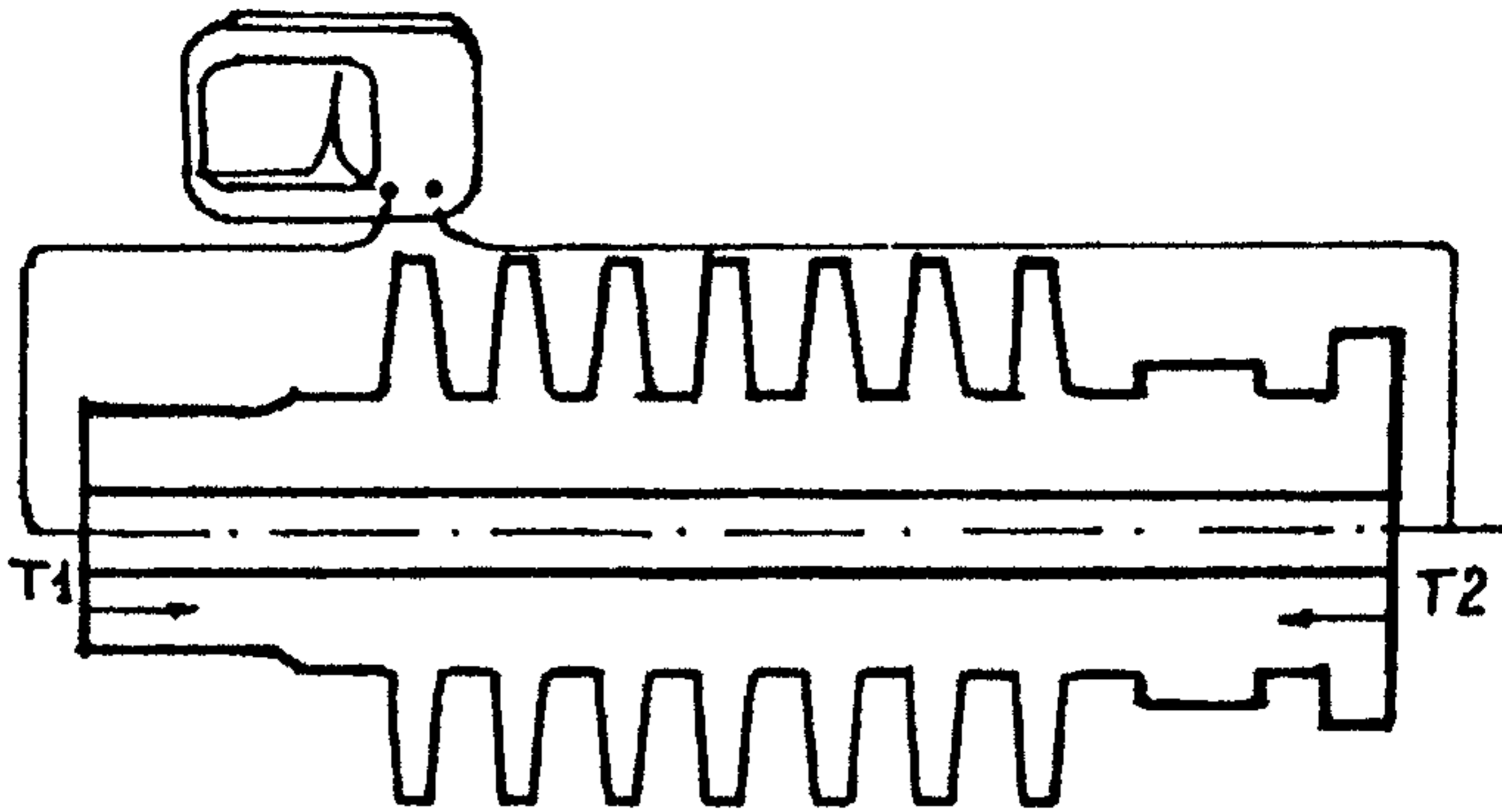


Рисунок К.2 – Схема установки преобразователей

3.8. Координаты дефекта по длине и сечению ротора, его условные размеры определяются и уточняются эхо-методом с торцевых и цилиндрических поверхностей и поверхностей дисков.

4. КОНТРОЛЬ ЭХО-МЕТОДОМ С ТОРЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРА

4.1. Значение амплитуды опорного сигнала снимается с цилиндрической поверхности ротора с учетом кривизны наружной поверхности и диаметра осевого канала.

4.2. Ширину развертки устанавливают не менее половины длины ротора.

4.3. Условная чувствительность контроля (мм^2), рассчитанная по АРД-диаграмме на половину длины ротора, не должна быть меньше площади пьезоэлемента преобразователя. В противном случае следует применять более мощный преобразователь, преобразователь с другой частотой, выбрать более мощный прибор.

4.4. Сканирование проводится по торцевым поверхностям ротора на максимально возможной чувствительности по траектории концентрических окружностей (рисунок К.3). В этом случае мешающие сигналы от концентраторов на поверхности ротора будут наблюдаться по всей выбранной

траектории перемещения преобразователя, а сигнал от дефекта будет появляться только на определенных ее участках (рисунок К.4). Шаг траектории сканирования должен составлять 1 – 1,5 диаметра пьезопластины.

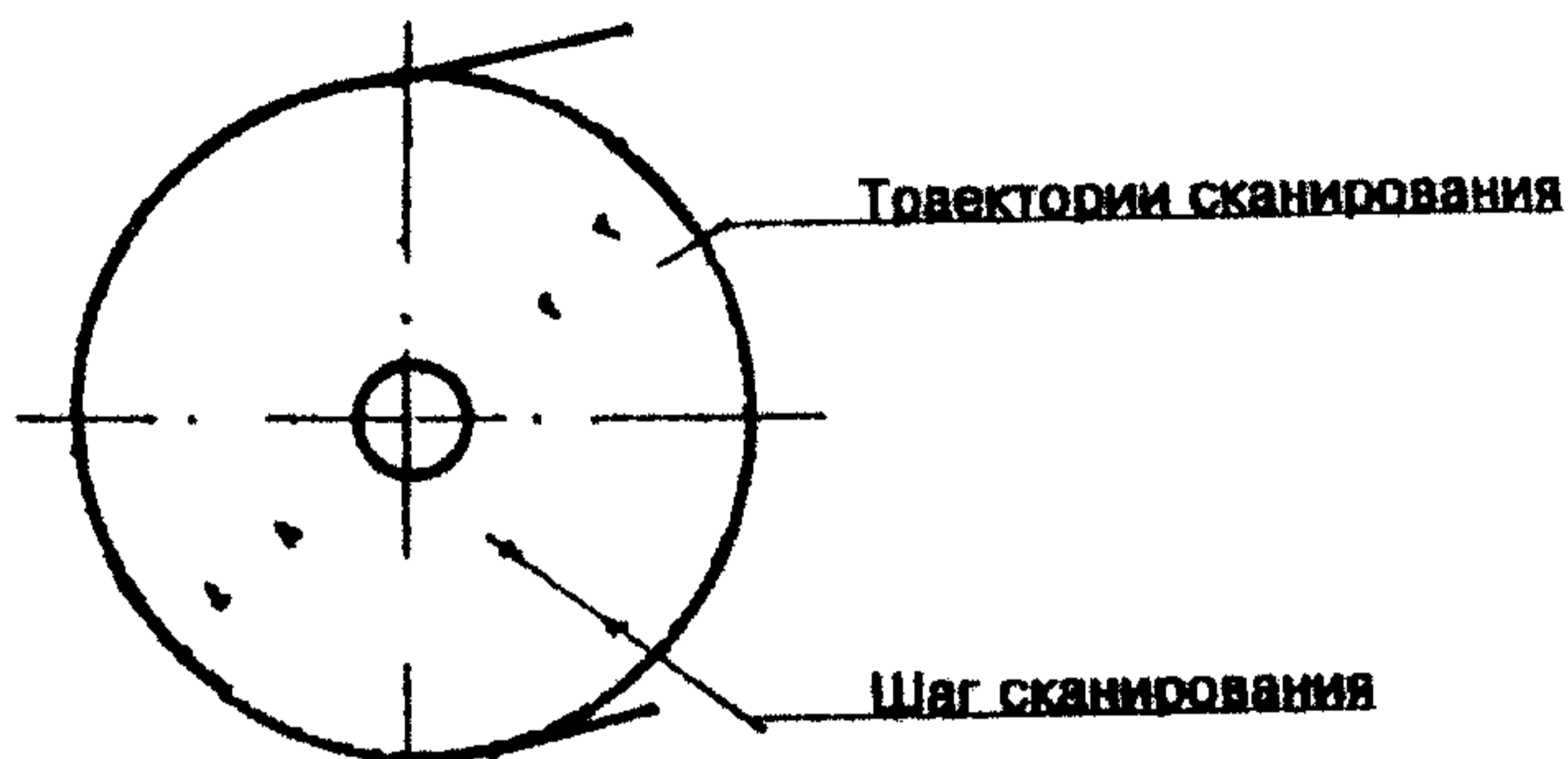


Рисунок К.3 – Траектории сканирования торцевой поверхности

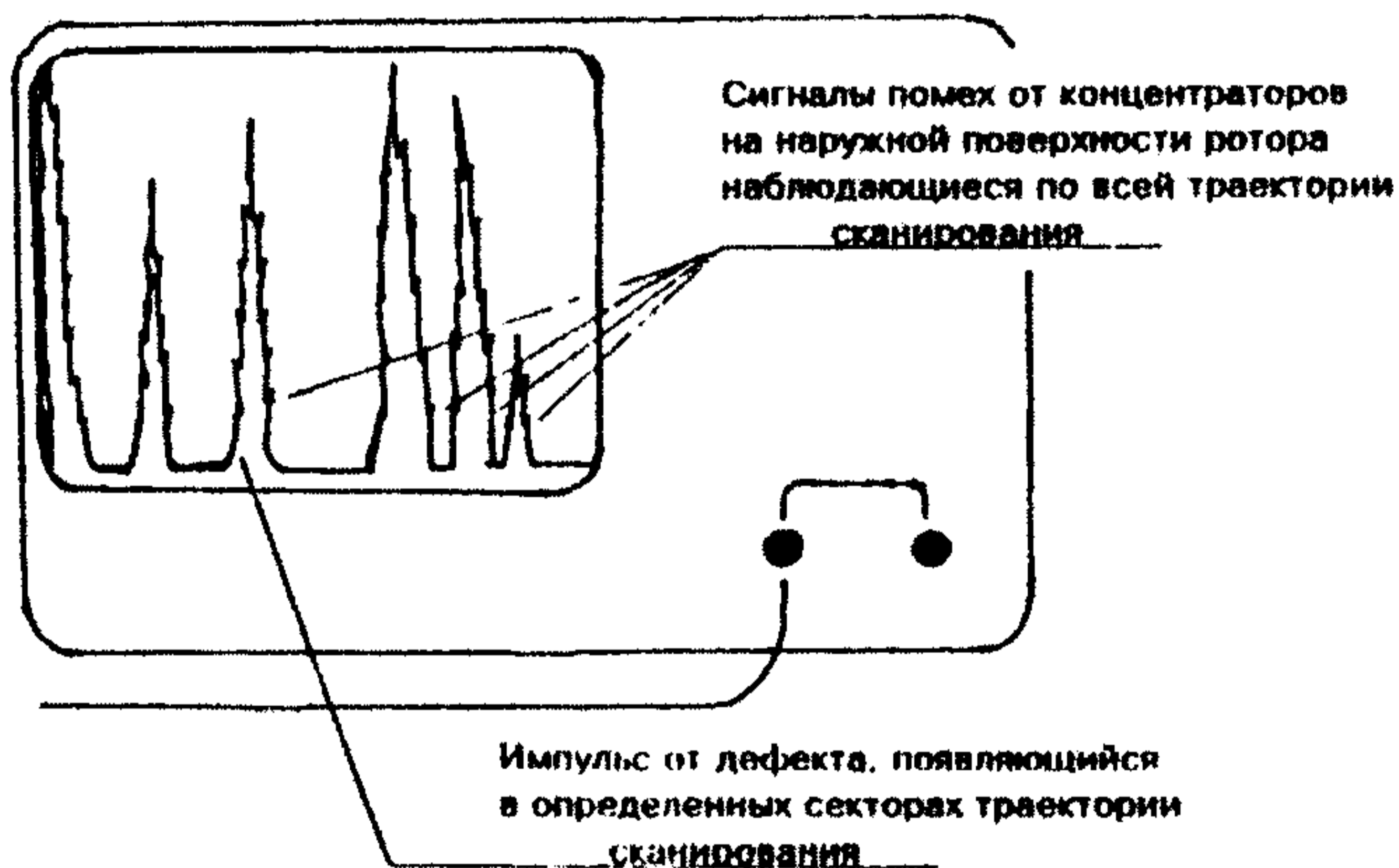


Рисунок К.4 – Вид сигналов от дефекта, полученных при сканировании торцевой поверхности ротора

4.5. Обнаруженный с одного из торцов дефект при возможностях аппаратуры по ширине развертки должен быть подтвержден с другого торца (рисунок К.5). При этом ориентировочные координаты дефекта по длине ротора определяются по формуле

$$h1 = L \times H1 / (H1 + H2),$$

где $h1$ — искомое расстояние до дефекта от начального торца;

$H1$ — расстояние в делениях шкалы экрана дефектоскопа от начального торца;

$H2$ — расстояние в делениях шкалы экрана дефектоскопа от противоположного торца;

L — известная длина ротора.

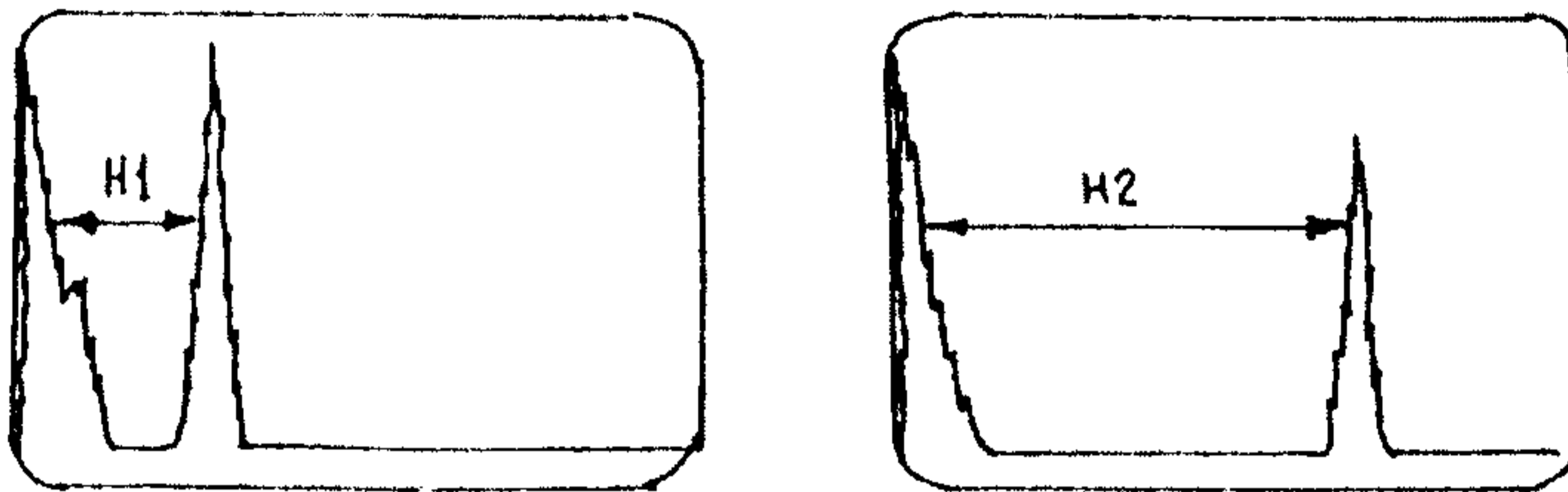


Рисунок К.5 — Вид сигнала от дефекта, полученный от противоположных торцов

5. КОНТРОЛЬ ЭХО-МЕТОДОМ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Контроль проводится по наружной поверхности ротора в местах, свободных для перемещения наклонных преобразователей.

5.2. Ширина развертки устанавливается в зависимости от толщины прозвучиваемого металла и угла ввода преобразователя (рисунок К6).

5.3. Рекомендуемые углы ввода:

— $30 - 50^\circ$ — для обнаружения дефектов на глубинах, близких к осевому каналу (частота $f = 1,8 \dots 4,0$ МГц);

— $50 - 70^\circ$ — для обнаружения дефектов, близких к наружной поверхности (частота $f = 2,0 \dots 5,0$ МГц).

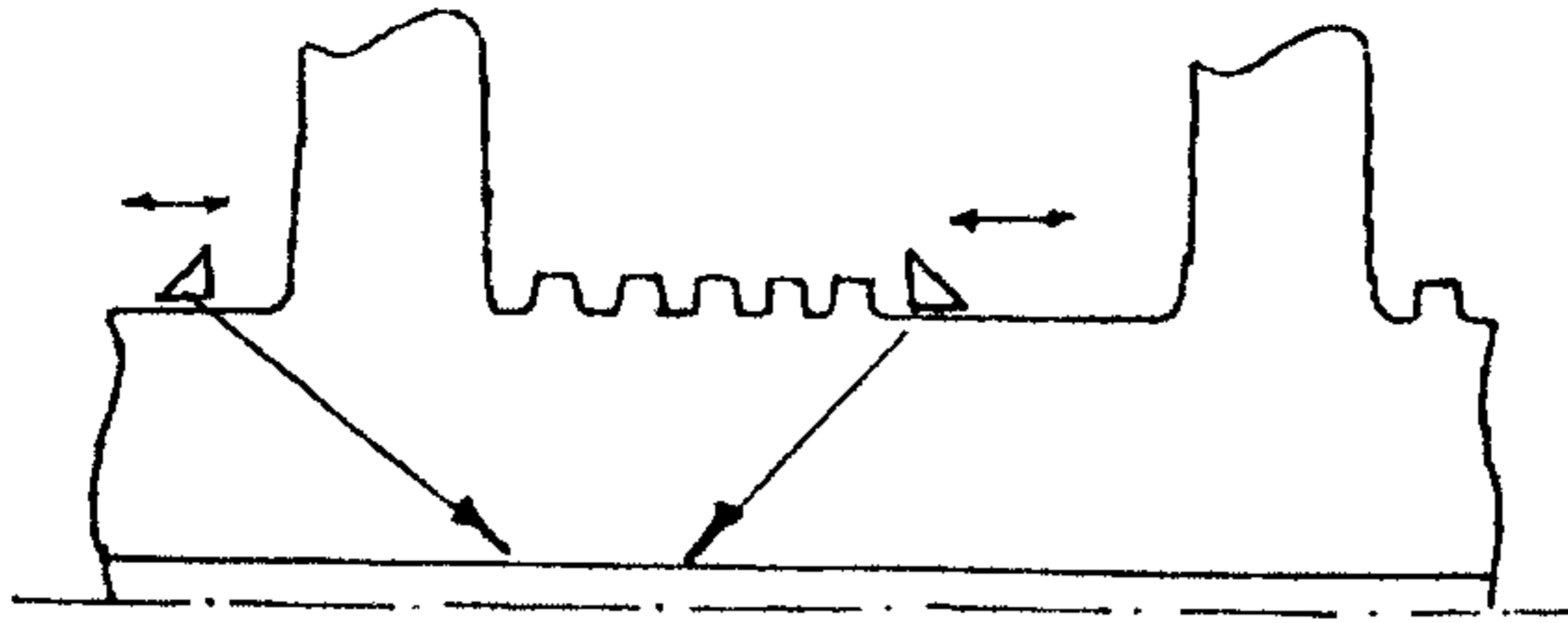


Рисунок К.6 – Схема прозвучивания ротора с наружной поверхности

5.4. Контроль проводится на чувствительности 3 мм^2 , рассчитанной по АРД-диаграмме, сканированием вдоль оси ротора с шагом не более половины диаметра (ширины) пьезопластины. Величина опорного сигнала снимается от двугранного угла какого-либо участка ротора с учетом, при необходимости, кривизны наружной поверхности и диаметра осевого канала. Для углов ввода $60 - 70^\circ$ величина опорного сигнала снимается с образцов, регламентируемых в АРД-диаграмме на конкретный преобразователь (СО-2, СО-3, V1, V2 и т.д.).

5.5. При определении условных размеров дефектов необходимо учитывать кривизну ротора и глубину залегания дефекта (рисунок К.7).

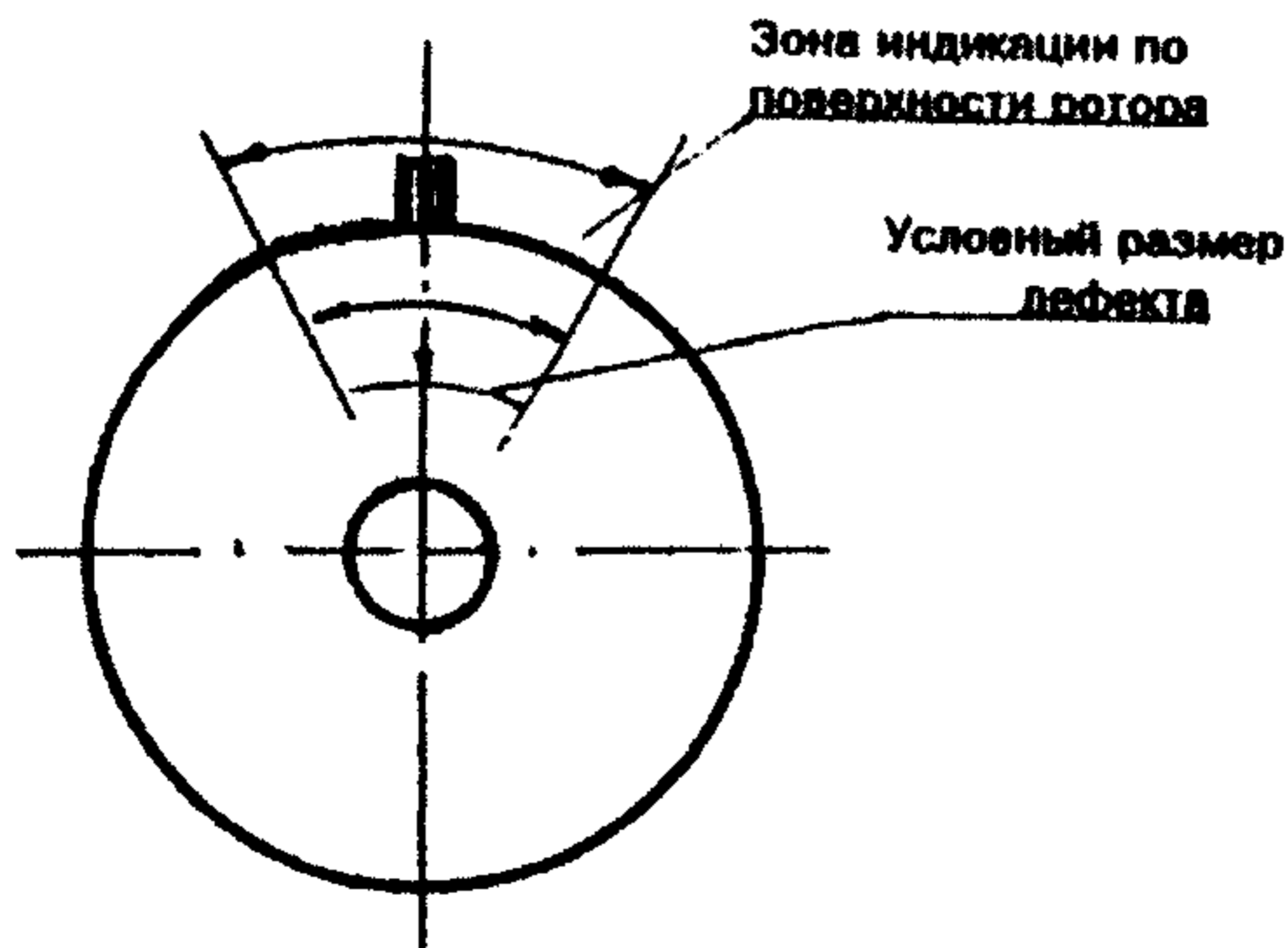


Рисунок К.7 – Учет кривизны ротора