

СОГЛАСОВАНО  
Начальник отдела  
В. П. Кондратьев  
1994г.

УТВЕРЖДАЮ  
Главный конструктор  
А. Н. Туполева  
И. А. Мановский  
1994г.

СОГЛАСОВАНО  
Начальник отдела  
И. Б. Гинко  
1994г.



СОГЛАСОВАНО  
Директор ИЦ ЭЭС ГосНИИ ГА  
В. В. Кирич  
1994г.

### ИНСТРУКЦИЯ

Неразрушающий контроль конструкций из полимерных композиционных материалов акустическим импедансным методом.

## 1. Общие указания.

### 1.1. Настоящая инструкция содержит:

- классификатор дефектов клееных конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) авиационной техники (АТ);
- описание применяемой контрольно-проверочной аппаратуры (КПА);
- методические указания по неразрушающему контролю (НК) конструкций из ПКМ акустическим импедансным методом;
- порядок оформления результатов контроля;
- рекомендации по определению типов дефектов, выявленных в процессе контроля.

1.2. Описание сущности акустического импедансного метода приведено в производственной инструкции ВИАМ - ПИ.2.171-81.

### 1.3. Факторы ограничивающие область применения метода:

- низкий (менее 1 ГПа) модуль упругости материала контролируемого изделия;
- залегание дефекта на глубине более 1/2 толщины монолитной конструкции;
- шероховатость контролируемой поверхности  $R_z > 30 \text{ мкм}$ ;
- "залипание" дефекта, т.е. плотное прилегание слоев при отсутствии сцепления между ними;
- вибрация контролируемого изделия.

1.4. Акустический импедансный метод неразрушающего контроля реализуется дефектоскопами: ИД-91М, АД-40И, АД-42И, ИАД-3, *Bondmaster* и др.

1.5. Основные технические характеристики импедансных дефектоскопов приведены в таблице 1.

## 2. Классификатор дефектов.

2.1. По происхождению дефекты конструкций из ПКМ подразделяются на производственные и эксплуатационные (Рис. 1).

2.2. Производственные дефекты образуются в результате нарушений технологии изготовления, транспортировки и хранения панелей и агрегатов из ПКМ.

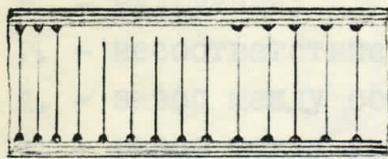
2.3. К производственным дефектам относятся:(Рис. 1):

Таблица I

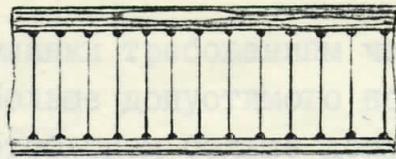
Тип дефектоскопа	Технические характеристики		Характеристики		История		Питание	Продолжительность работы час	Габаритные размеры блока электронного питания, мм	Вес с преобразователем и блоком при эксплуатации, кг	Температура воздуха при эксплуатации, град. С	Изготовитель
	Глубина за-лег. деф., мм в кон-в кон-метр	min диа-метр конструктив. выв. из аллиз цкм деф., мм	msx скорости сканирования при R<sub>z</sub>30 во м/мин	Преобразователи кол-во	Сигнализа-ция дефекта	Сетевое						
ИД-9IM	0,5÷2,5	0,15÷8,0	10	2	световая, звуковая, стрелочн. индикатор	перем. ток 220В	аккумулятор 8,4В, батарея "Крона"	16	48×92×182	1,17	-10÷+50	Фирма "АКА" Россия, Г. Москва
АД-40И	≤2,0	≤2,5	15*	3	световая, стрелочн. индикатор	перем. ток 220В, пост. 27В	батарея аккумуляторов напр. 9,4В	8	465×155×264	30	+5÷+40	МП Молдова, Г. Кишинёв
АД-42И	≤2,5	≤15*	24*	2	световая, звуковая, стрелочн. индикатор	перем. ток 220В, 36В	6 элем. питания типа А343	4	170×60×130	2,5	-10÷+50	снят с про-изводства
Bondmaster	**	**	**	3	световая, звуковая, графическая	перем. ток напр. 90÷220В	батареи	8	279×330×178	9,1	-23÷+55	"Naticon" Италия

\*\* - нет данных  
 \* - данные не подтверждаются  
 СП - совмещённый преобразователь  
 РСП - раздельно-совмещённый преобразователь  
 УЗ - ультразвуковой преобразователь

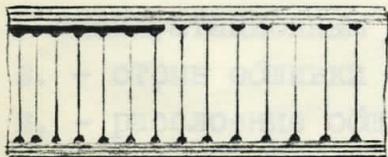
### Производственные дефекты



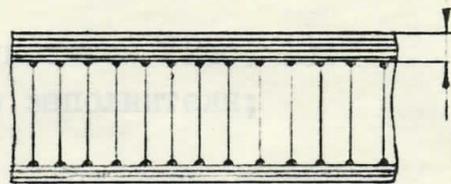
а.



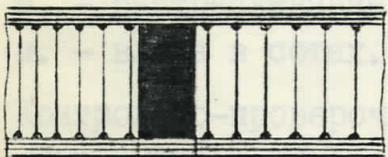
б.



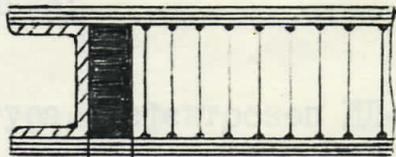
в.



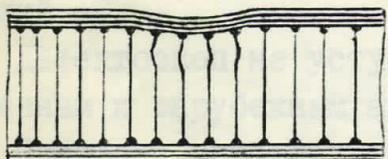
г.



д.

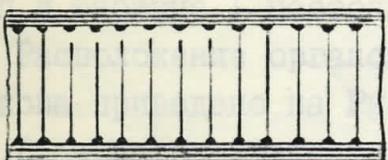


е.

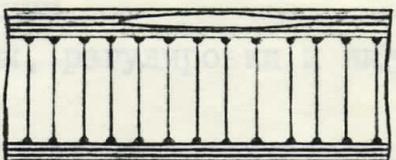


ж.

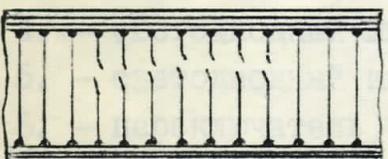
### Эксплуатационные дефекты



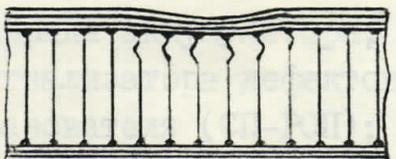
з.



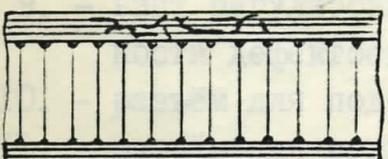
и.



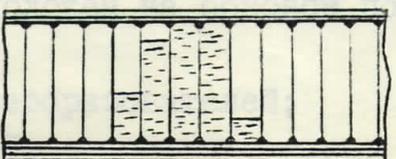
к.



л.



м.



н.

Рис. I

- а. - непрочлей между обшивкой и сотовым заполнителем;
- б. - нарушение сплошности клеевого соединения между слоями обшивки;
- в. - включения;
- г. - несоответствие толщины обшивки требованиям чертежа;
- д. - зазор между сотоблоками больше допустимого по ТУ;
- е. - зазор между каркасом и сотоблоком больше допустимого по ТУ;
- ж. - вмятина.

2.4. К эксплуатационным дефектам относятся (Рис. 1):

- з. - отрыв обшивки от сотового заполнителя;
- и. - расслоение обшивки;
- к. - разрушение сотового заполнителя;
- л. - вмятина;
- м. - растрескивание слоёв обшивки;
- н. - влага в сотах.

3. Контрольно-проверочная аппаратура. Дефектоскоп ИД-ЭИМ.

3.1. В настоящее время дефектоскоп ИД-ЭИМ (далее дефектоскоп) является наиболее эффективным средством контроля конструкций из ПКМ изделий АТ.

3.2. Дефектоскоп не уступает по чувствительности известным отечественным и зарубежным аналогам (Табл. 1).

3.3. Простота управления дефектоскопом позволяет производить его настройку непосредственно на контролируемом изделии без применения рабочих стандартных образцов (РСО).

3.4. Технические характеристики приведены в паспорте на дефектоскоп и таблице I настоящей инструкции.

3.5. Расположение органов управления, регулировки и индикации дефектоскопа приведено на Рис. 2, где:

- 1. - переключатель грубой регулировки аттенюатора;
- 2. - ручка плавной настройки аттенюатора;
- 3. - стрелочный индикатор;
- 4. - светодиодный индикатор разряда аккумулятора;
- 5. - светодиодный индикатор сигнализатора дефектов;
- 6. - переключатель типа преобразователя (СП-РСП);
- 7. - выключатель звуковой сигнализации дефектов (ЗВУК);
- 8. - выключатель нижнего порога (НП);
- 9. - винт регулировки НП (расположен на боковой поверхности дефектоскопа);
- 10. - разъём для подключения преобразователей;
- 11. - разъём для подключения ИПС;

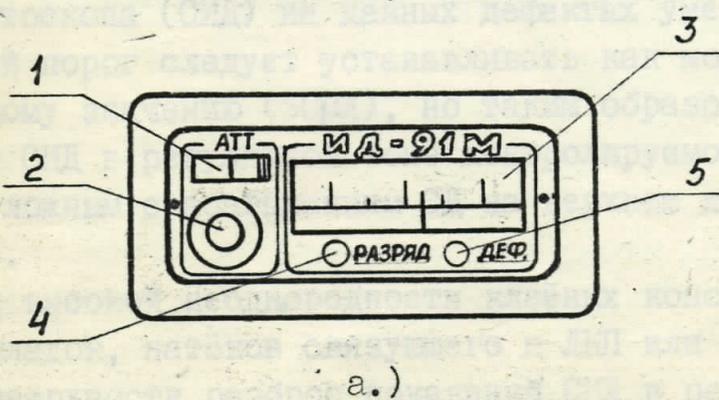
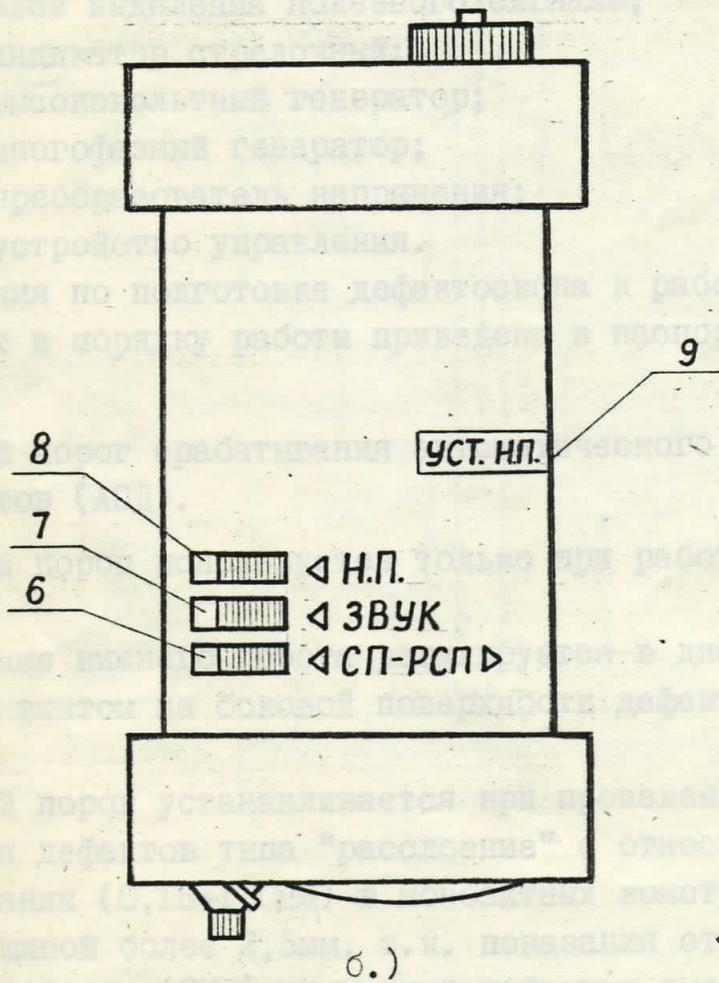
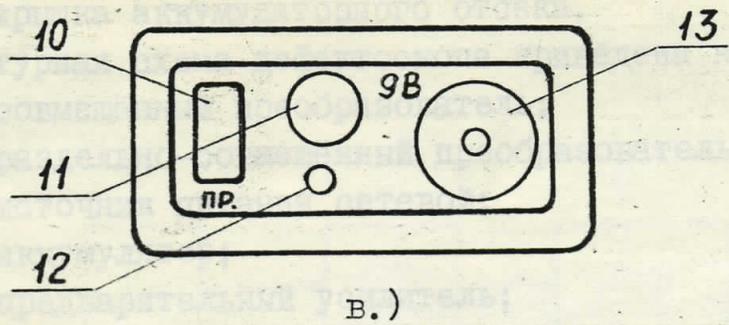


Рис. 2 Расположение органов управления, регулировки и индикации дефектоскопа.

- I2. - винт фиксации задней панели;
- I3. - крышка аккумуляторного отсека.

3.6. Структурная схема дефектоскопа приведена на Рис. 3, где:

- СП - совмещённый преобразователь;
- РСП - раздельно-совмещённый преобразователь;
- ИПС - источник питания сетевой;
- АКК - аккумулятор;
- ПУ - предварительный усилитель;
- АТТ - аттенюатор;
- БВПС - блок выделения полезного сигнала;
- ИС - индикатор стрелочный;
- ВВГ - высоковольтный генератор;
- МОГ - многофазный генератор;
- ПН - преобразователь напряжения;
- УУ - устройство управления.

3.7. Указания по подготовке дефектоскопа к работе, метрологической проверке и порядку работы приведены в паспорте на дефектоскоп.

4. Нижний порог срабатывания автоматического сигнализатора дефектов (АСД).

4.1. Нижний порог используется только при работе с преобразователем РСП.

4.2. Значение нижнего порога регулируется в диапазоне  $0 \div 50 \mu\text{A}$  регулировочным винтом на боковой поверхности дефектоскопа (Рис. 2, б).

4.3. Нижний порог устанавливается при проведении контроля с целью выявления дефектов типа "расслоение" с относительно малой глубиной залегания ( $0,15 \div 1,0 \text{ мм}$ ) в монолитных конструкциях из ПКМ и обшивках толщиной более  $2,5 \text{ мм}$ , т.к. показания стрелочного индикатора дефектоскопа (СИД) на данных дефектах уменьшаются.

4.4. Нижний порог следует устанавливать как можно ближе к его максимальному значению ( $50 \mu\text{A}$ ), но таким образом, чтобы разброс показаний СИД в регулярной зоне контролируемой конструкции не приводил к ложным срабатываниям СД на верхнем или нижнем порогах (дребезгу).

4.5. Ввиду высокой неоднородности клеёных конструкций из ПКМ, при наличии складок, натёков связующего и ЛКП или повышенной шероховатости поверхности разброс показаний СИД в регулярной зоне может достигать  $30 \div 40 \mu\text{A}$ .

4.6. Для поверхностей с шероховатостью  $R_z < 30$  целесообразно устанавливать значение нижнего порога  $25 \mu\text{A}$ .

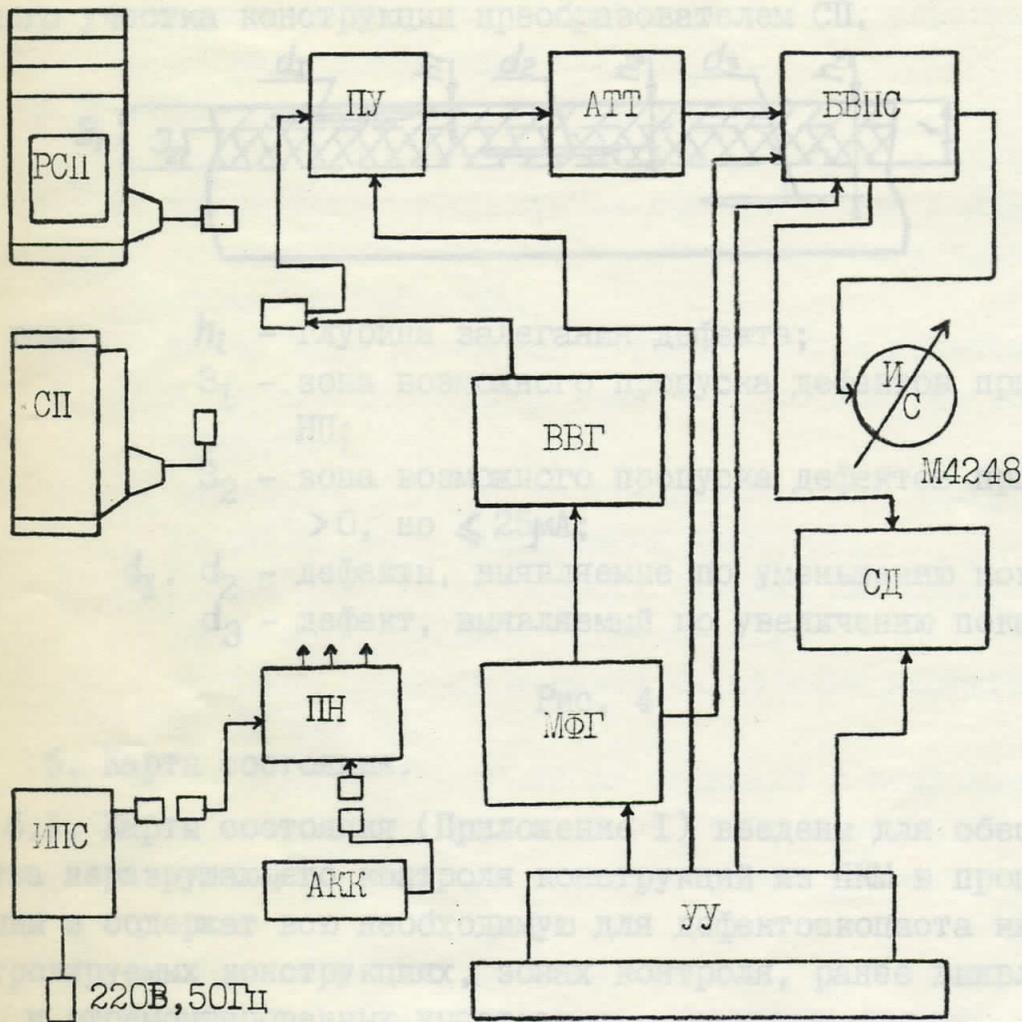
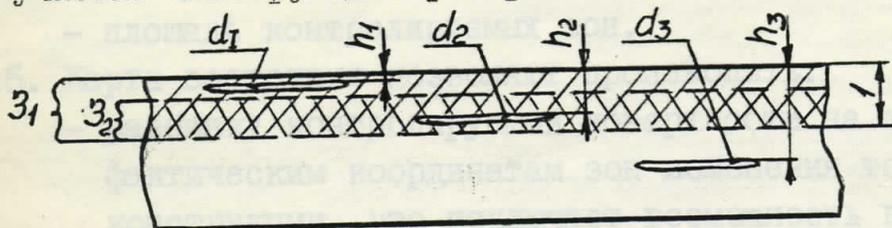


Рис.3 Структурная схема дефектоскопа.

5.4. Карта состояния содержит:

- зона выемки с указанием фактических границ и координат зон контроля, отличающейся по толщине и материалу оболочки, материалу сотопого заполнителя (с.з.), размеру стороны ячейки с.з., наличию элементов жесткости;
- размеры и координаты выявленных дефектов, допущенных по IV и VI;
- размеры и координаты отремонтированных участков с указанием документа, по которому производился ремонт;
- сведения о конструкции каждой зоны контроля: фактическая толщина оболочки, материал оболочки, материал с.з. (элемента жесткости), размер стороны ячейки с.з., высота с.з.

4.7. При отключённом нижнем пороге или его значении  $< 25 \mu\text{A}$  (при невозможности установки  $\text{НП} \geq 25 \mu\text{A}$  ввиду большого разброса показаний СИД на контролируемом участке) возможно возникновение зоны (Рис. 4), в которой на глубине залегания до  $\Gamma_{\text{мм}}$  дефекты типа "расслоение" не выявляются. В этом случае необходимо провести повторный контроль данного участка преобразователем СП.



- где:
- $h_i$  - глубина залегания дефекта;
  - $Z_I$  - зона возможного пропуска дефектов при отключённом НП;
  - $Z_2$  - зона возможного пропуска дефектов при значении НП  $> 0$ , но  $\leq 25 \mu\text{A}$ ;
  - $d_I, d_2$  - дефекты, выявляемые по уменьшению показаний СИД;
  - $d_3$  - дефект, выявляемый по увеличению показаний СИД.

Рис. 4

## 5. Карты состояния.

5.1. Карты состояния (Приложение I) введены для обеспечения качества неразрушающего контроля конструкций из ПКМ в процессе эксплуатации и содержат всю необходимую для дефектоскописта информацию о контролируемых конструкциях, зонах контроля, ранее выявленных дефектах, и отремонтированных участках.

5.2. Карта состояния является эксплуатационным документом и входит в состав паспорта (этикетки) на агрегат (панель).

5.3. Карта состояния оформляется на каждую панель из ПКМ в процессе её производства и сопровождает до окончания эксплуатации.

5.4. Карта состояния содержит:

- эскиз панели с указанием фактических границ и координат зон контроля, отличающихся по толщине и материалу обшивки, материалу сотового заполнителя (с.з.), размеру стороны ячейки с.з., наличию элементов жёсткости;
- размеры и координаты выявленных дефектов, допущенных по ТУ и ТТ;
- размеры и координаты отремонтированных участков с указанием документа, по которому производился ремонт;
- сведения о конструкции каждой зоны контроля: фактическая толщина обшивки, материал обшивки, материал с.з. (элемента жёсткости), размер стороны ячейки с.з., высота с.з.

(толщина элемента жёсткости);

- наименование, обозначение чертежа, заводской номер панели;
- наименование, обозначение чертежа, заводской номер агрегата, на который установлена панель;
- номер машины, на которую установлен агрегат;
- площадь контролируемых зон.

5.5. Карты состояния позволяют производить:

- разбивку контролируемой поверхности на зоны контроля по фактическим координатам зон изменения толщин и материала конструкции, что исключает возможность перебраковки или пропуска дефектов;
- выбор зоны настройки с учётом ранее выявленных дефектов и отремонтированных участков, которые не обнаруживаются визуально;
- дополнительную проверку правильности настройки дефектоскопа на ранее выявленных дефектах;
- своевременную отбраковку панелей по суммарной площади единичных дефектов согласно ТТ;
- контроль за ростом ранее выявленных дефектов, допущенных по ТТ или ТУ.

5.6. После проведения контроля сведения о всех выявленных дефектах (тип, размеры, координаты) вносятся в карты состояния (в том числе и дефекты, размеры которых меньше указанных в ТТ на агрегат).

5.7. После проведения ремонта согласно ТТ в карты состояния вносятся сведения о ремонтных зонах (размеры, координаты, номер документа, по которому проводился ремонт).

### 6. "Безэталонная" настройка.\*

6.1. "Безэталонную" настройку допускается применять при отработанной технологии контроля данных типов конструкций и наличии информации о их геометрических параметрах (толщины обшивок, координаты зон изменения толщин, высота сотового заполнителя, координаты элементов жёсткости).

6.2. Произведите разбивку контролируемой поверхности на зоны контроля в соответствии с картой состояния панели (Приложение I), а в случае её отсутствия, с эскизом технологической карты НК агрегата, на котором расположена данная панель.

6.3. Очертите границы зон контроля мелом или мягким карандашом (2М-4М).

6.4. Настройку производите в каждой зоне контроля.

6.5. В каждой из зон контроля выберите зону настройки площадью

не менее  $150\text{см}^2$ , в которой отсутствуют видимые механические повреждения обшивки (вмятины, пробоины, трещины, нарушения ЛКП и т.д.), ранее выявленные дефекты и отремонтированные участки (по карте состояния).

6.6. Органы управления дефектоскопа установите в следующие положения:

- переключатель НП - вкл. - левое положение (для РСП);
- переключатель НП - выкл. - правое положение (для СП);
- переключатель ЗВУК - вкл. - левое положение;
- переключатель СП-РСП - левое положение СП, правое положение РСП;
- переключатель АТТ - левое положение;
- ручка АТТ - произвольное положение.

6.7. Подключите преобразователь СП (РСП) к разъёму ПРЕОБР. на задней панели дефектоскопа (Рис. 2, в).

6.8. Установите преобразователь СП (РСП) в точке I зоны настройки (Рис. 5, а) и, перемещая его в районе данной точки по окружности радиусом  $R \leq 30\text{мм}$  (Рис. 5, б) в произвольном направлении, установите показания СИД: для СП -  $80 \div 100\text{мА}$ ; для РСП -  $45 \div 60\text{мА}$ .

Примечания: 1. Если для установки данных показаний СИД требуется максимальное выведение ручки АТТ, переведите переключатель АТТ в среднее или правое положение и повторите настройку.

2. На отдельных типах конструкций из ПКМ, при остановке преобразователя РСП в процессе сканирования регулярной зоны, показания СИД увеличиваются на  $10 \div 15\text{мА}$  по сравнению с максимальными показаниями СИД при сканировании. Поэтому в процессе настройки необходимо убедиться в отсутствии дрейфа АСД при перемещении и остановке преобразователя РСП.

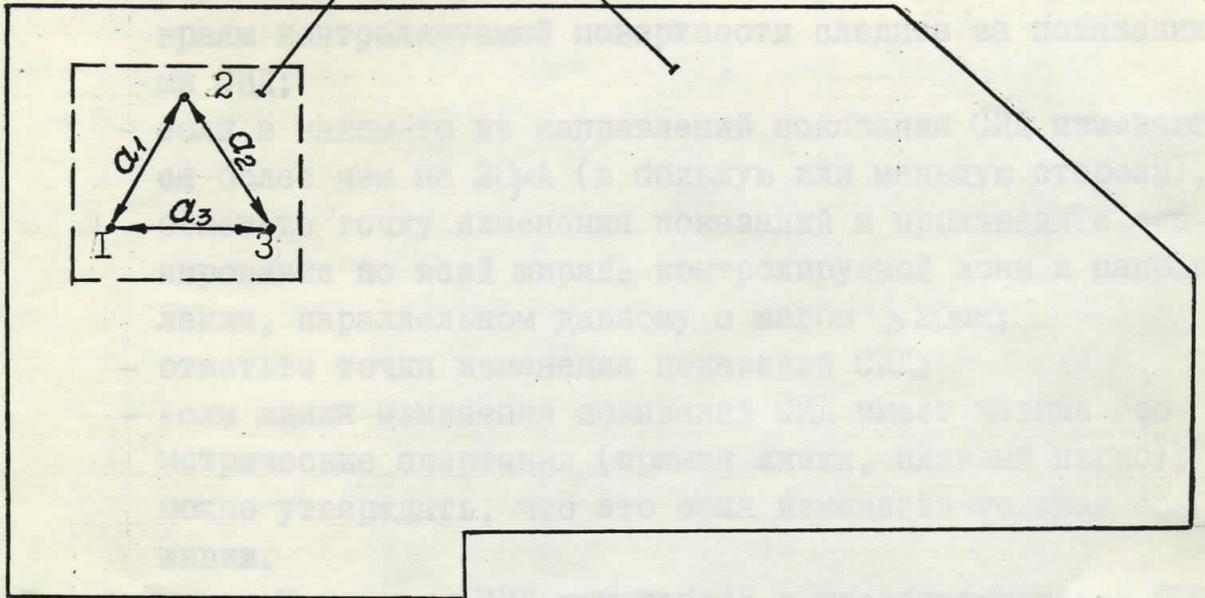
6.9. Не меняя настройку последовательно переведите преобразователь СП (РСП) в точки 2 и 3 зоны настройки (Рис. 5, а). Расстояние между точками I, 2 и 3 должно быть не менее  $100\text{мм}$ .

6.10. Если показания СИД хотя бы в одной из точек настройки отличаются более чем на  $20\text{мА}$ , выберите другую зону настройки.



Зона настройки

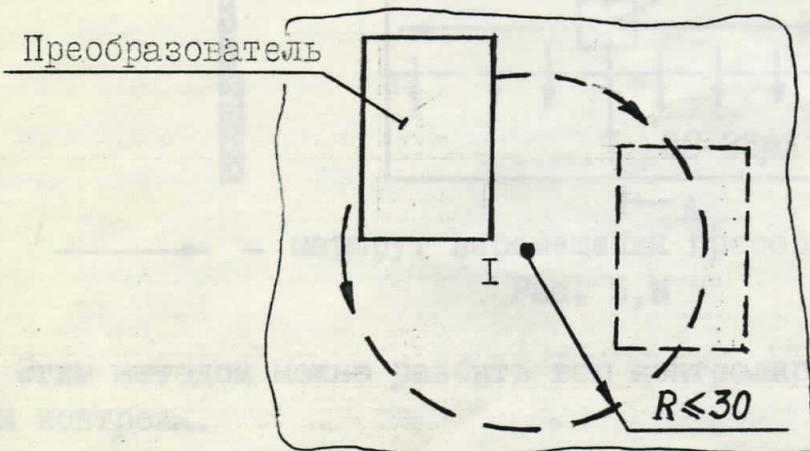
Зона контроля



1; 2; 3 - точки установки преобразователя.

$a_i \geq 100\text{мм}$  - расстояние между точками установки преобразователя.

а.)



--- маршрут перемещения преобразователя в районе точек 1, 2 и 3 зоны настройки.

б.)

Рис. 5 "Безэталонная" настройка.

6.II. В случае отсутствия информации о геометрических параметрах (п. 6.I) можно произвести разбивку контролируемой поверхности на зоны контроля при помощи дефектоскопа ИД-9IM следующим образом (Рис. 5,в):

- произведите настройку дефектоскопа с преобразователем РСЦ в центре контролируемой поверхности по п.п. 6.5 - 6.10;
- перемещая преобразователь из центра зоны настройки к краям контролируемой поверхности следите за показаниями СИД;
- если в каком-то из направлений показания СИД изменяются более чем на 20мА (в большую или меньшую стороны), отметьте точку изменения показаний и произведите сканирование по всей ширине контролируемой зоны в направлении, параллельном данному с шагом  $\geq 20\text{мм}$ ;
- отметьте точки изменения показаний СИД;
- если линия изменения показаний СИД имеет четкие геометрические очертания (прямая линия, плавный изгиб), можно утверждать, что это зона изменения толщины обшивки.

Примечание: Показания СИД при работе с преобразователем РСЦ с увеличением толщины обшивки уменьшаются, с уменьшением - увеличиваются.

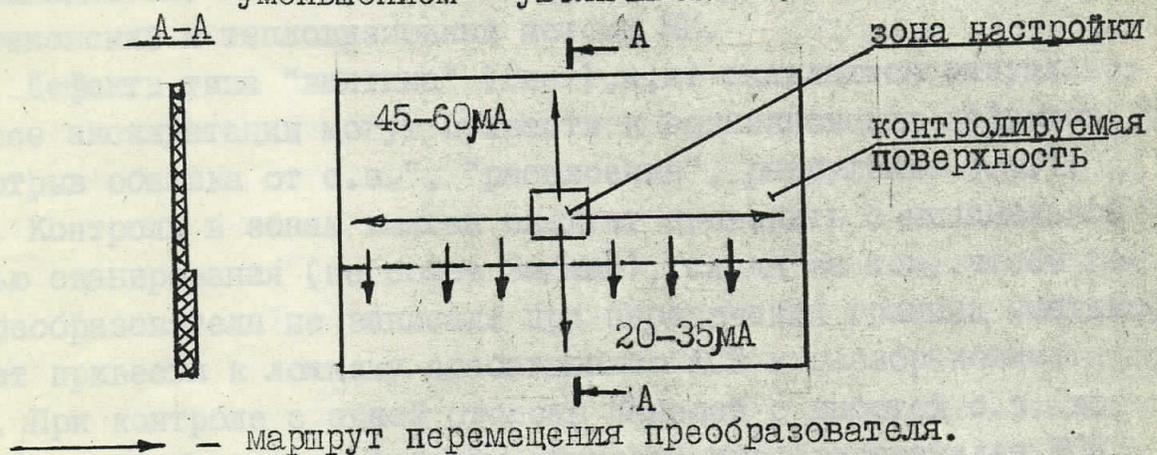


Рис. 5,в

Этим методом можно разбить всю контролируемую поверхность на зоны контроля.

ж - "безэталоновая" настройка - настройка непосредственно на контролируемой поверхности без применения рабочих стандартных образцов.

7. Особенности контроля конструкций из ПКМ дефектоскопом ИД-91М. Рекомендации по определению типов дефектов, выявляемых в процессе контроля.

7.1. Акустический импедансный метод НК, реализуемый дефектоскопом ИД-91М, позволяет выявлять дефекты типов:

- непрочлей между обшивкой и с.з. (Рис.1,а);
- нарушение сплошности клеевого соединения между слоями обшивки (Рис.1,б);
- отрыв обшивки от сотового заполнителя (Рис.1,з);
- расслоение обшивки (Рис.1,и);
- разрушение с.з. (Рис.1,к);

и при определённых условиях:

- включения (Рис.1,в);
- несоответствие толщины обшивки требованиям чертежа (Рис.1,г);
- зазор между сотоблоками больше допустимого по ТУ (Рис.1,д);
- зазор между каркасом и сотоблоком больше допустимого по ТУ (Рис.1,е);
- растрескивание слоёв обшивки. (Рис.1,м).

7.2. Дефекты типа "влага в сотах" (Рис.1,н) импедансным методом не выявляются. Для выявления дефектов данного типа применяются рентгеновский и тепловизионный методы НК.

7.3. Дефекты типа "вмятина" (Рис.1,ж,и) выявляются визуально; в процессе эксплуатации могут привести к возникновению дефектов типа: "отрыв обшивки от с.з.", "расслоение", разрушение с.з."

7.4. Контроль в зонах вмятин следует проводить с минимальной скоростью сканирования (не более 3м/мин), следя за тем, чтобы головки преобразователя не зависали при пересечении границы вмятины, что может привести к ложному срабатыванию АСД и перебраковке.

7.5. При контроле с одной стороны панелей с высотой с.з. до 20÷30мм (в зависимости от толщины обшивки) преобразователем РСП дефекты типа "непрочлей" (Рис.1,а), "отрыв обшивки от с.з." (Рис.1,з) выявляются, как между верхней обшивкой и с.з., так и между нижней обшивкой и с.з. (Рис.6). При необходимости определения расположения дефекта произведите двусторонний контроль панели преобразователем РСП (СП при толщине обшивки до 3мм) в зоне обнаруженного дефекта и нанесите его размеры на обе обшивки. Дефект расположен ближе к той обшивке, со стороны которой он выявляется с большими размерами:  $S_1 > S_2$ ;  $S_3 < S_4$  (Рис.6,а).

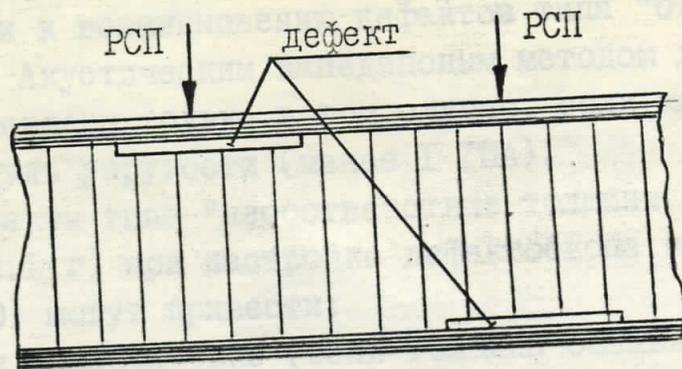
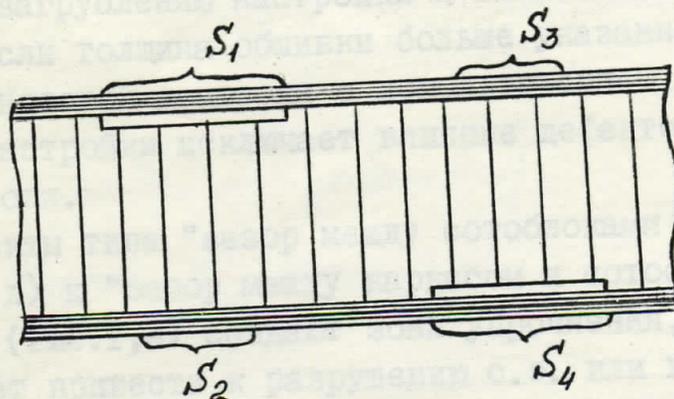


Рис. 6



$S_i$  - площадь выявляемого дефекта.

Рис. 6,а

7.6. Дефекты типа "нарушение сплошности клеевого соединения между слоями обшивки" (Рис. I, б) и "расслоение" (Рис. I, и) выявляются преобразователем РСП в зависимости от глубины залегания по увеличению показаний СИД (верхний порог срабатывания АСД; глубина залегания  $> 1\text{мм}$ ) или по уменьшению показаний СИД (нижний порог срабатывания АСД; глубина залегания  $0,15 \div 1,0\text{мм}$ ).

7.7. Дефекты типа "разрушение с.з.", как правило, возникают в зонах вмятин или в районе нижних обшивок панелей при замерзании скопившейся в сотах влаги, поэтому располагаются на незначительной глубине от контролируемой поверхности. Преобразователь РСП позволяет выявлять дефекты данного типа на глубине до 30мм (в зависимости от толщины обшивки и площади дефекта).

7.8. Отличить в процессе контроля дефекты типа (Рис. I) а, б, з, и, к (б, и - при глубине залегания  $> 1\text{мм}$ ) практически невозможно, так как показания СИД на дефекте зависят от большого количества факторов (материал, толщина, шероховатость поверхности, настройка дефектоскопа и т.д.), поэтому при выявлении все они классифицируются как "неприклеены".

7.9. Дефекты типа "включения" (Рис. I, в) в процессе эксплуатации могут привести к возникновению дефектов типа "отрыв обшивки от с.з.", "расслоение". Акустическим импедансным методом дефекты данного типа могут быть выявлены только в том случае, если материал включения имеет низкий модуль упругости (менее I ГПа).

7.10. Дефекты типа "несоответствие толщины обшивки требованиям чертежа" (Рис. I, г) при настройке дефектоскопа на рабочих стандартных образцах (PCO) могут привести:

- к перебраковке (если толщина обшивки меньше указанной в чертеже более, чем на 0,4мм);
- к загроблению настройки и возможности пропуска дефектов (если толщина обшивки больше указанной в чертеже).

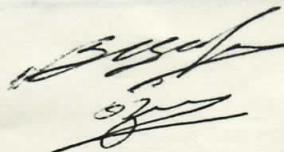
Применение технологии контроля с использованием карт состояния и безэталонной настройки исключает влияние дефектов данного типа на качество контроля.

7.11. Дефекты типа "зазор между сотоблоками больше допустимого по ТУ" (Рис. I, д) и "зазор между каркасом и сотоблоком больше допустимого по ТУ" (Рис. I, е) создают зоны упрочнения, что в процессе эксплуатации может привести к разрушению с.з. или возникновению трещин в обшивке. Как правило, выявляются визуально в процессе производства. При применении безклеевой технологии изготовления, могут быть выявлены рентгеновским или тепловизионным методами НК. Акустическим импедансным методом дефекты данных типов могут быть выявлены преобразователем РСП по уменьшению показаний СИД на 15-25мА при ширине стыковочных швов  $\geq 10$ мм и наличии информации о их расположении (фактические координаты).

7.12. Дефекты типа "растрескивание слоёв обшивки" (Рис. I, м) возникают в результате ударного воздействия на обшивку и наиболее вероятны в районе вмятин, нарушения лако-красочного покрытия от ударного воздействия. На дефектах данного типа наблюдаются незначительные изменения показаний СИД, что при обычной настройке дефектоскопа выражается в неустойчивом срабатывании СИД (мерцании) на дефекте. В процессе эксплуатации дефекты данного типа могут привести к возникновению трещин в обшивке и дефектов типа "расслоение".

Начальник сектора НК

Ведущий инженер



Пирг В.Н.

Ездаков В.А.