

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

## **Капиллярный контроль авиационных конструкций**

Электронные методические указания к лабораторной работе

САМАРА

2010

УДК 629.7 + 004.9

ББК 39.5

Т 468

Авторы-составители: **Макаровский Игорь Мстиславович,**  
**Тиц Сергей Николаевич**

Рецензенты: доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности В. Н. Вякин;  
доцент кафедры эксплуатации авиационной техники В. А. Прилепский.

Редакторская обработка С.Н. Тиц

Компьютерная верстка С.Н. Тиц

Доверстка С.Н. Тиц

Капиллярный контроль авиационных конструкций [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И. М. Макаровский; С. Н. Тиц. – Электрон. текстовые и граф. дан. (0,54 Мбайт). - Самара, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания входят в единый методический комплекс, включающий теоретический материал и методические указания к шести лабораторным работам. Комплекс лабораторных работ создан с использованием современных средств неразрушающих методов контроля, полученных университетом в ходе выполнения инновационной образовательной программы «Развитие центра компетенций и подготовки специалистов мирового уровня в области аэрокосмических и геоинформационных технологий».

Методические указания предназначены для магистрантов факультета инженеров воздушного транспорта в рамках магистерской программы «Контроль, динамика и испытания систем авиационной техники» по направлению 162300.68 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», изучающих дисциплину «Методы неразрушающего контроля авиационных конструкций».

Методические указания разработаны на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2010

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1. Теоретическая часть .....  | 4  |
| 1.1. Назначение и физическая сущность метода .....                      | 4  |
| 1.2. Дефектоскопические материалы .....                                 | 7  |
| 1.3. Комплект дефектоскопических материалов ЦАН.....                    | 10 |
| 1.4. Общие рекомендации по проведению капиллярного контроля.....        | 10 |
| 1.5. Технология капиллярного контроля с использованием набора ЦАН. .... | 12 |
| 2. Практическая часть .....   | 13 |
| 2.1. Разработка рабочей методики капиллярного контроля .....            | 13 |
| 2.2 Проведение капиллярного контроля .....                              | 13 |
| Контрольные вопросы.....  | 14 |
| Содержание отчета .....   | 14 |
| Литература .....  | 14 |

### *Цель работы.*

Ознакомление с назначением и физической сущностью капиллярных методов контроля АТ и комплектами дефектоскопических материалов; получение практических навыков в составлении рабочей методики и проведении капиллярного контроля заданного объекта.

## **1. Теоретическая часть**

### **1.1. Назначение и физическая сущность метода**

#### *Назначение.*

Капиллярные методы НК предназначены для выявления поверхностных дефектов (нарушений сплошности) на деталях и узлах конструкций, изготовленных из разнообразных непористых материалов (металлов, керамики, пластмасс и т. д.).

При контроле надежно выявляются усталостные, шлифовочные и закалочные трещины, растрескивания защитных покрытий, очаги межкристаллической коррозии и другие производственные и эксплуатационные дефекты с раскрытием более 0,001 мм и глубиной более 0,01 мм. Контроль с использованием капиллярных методов не требует применения сложной аппаратуры и отличается высокой объективностью результатов. Основным недостатком метода является сложность выполнения подготовительных операций, связанных с удалением лакокрасочных покрытий, оксидных пленок и сушкой деталей.

Капиллярные методы контроля получили широкое распространение в условиях производства, эксплуатации и ремонта АТ. В условиях эксплуатации их применяют, главным образом, в качестве подтверждающего метода контроля при обнаружении дефектов токовых, ультразвуковым или визуально-оптическим методом.

#### *Физическая сущность.*

Выявление дефектов с помощью капиллярных методов основано на способности хорошо смачивающих и контрастно окрашенных (люминесцирующих) жидкостей проникать в мельчайшие поры (дефекты) материала под воздействием капиллярных сил и при последующем «проявлении» выделять их на фоне бездефектных участков за счет создания цветового (яркостного) контраста.

В практике эксплуатационного контроля конструкций используют несколько вариантов капиллярного метода: цветной (метод красок), люминесцентный и люминесцентно-цветной.

*Метод красок* основан на применении проникающих жидкостей (индикаторов), которые после извлечения из полости дефекта («проявления») образуют цветной (обычно красный) индикаторный рисунок, повторяющий конфигурацию дефекта, на белом фоне проявителя. При этом осмотр деталей проводят при дневном свете (ДС) с освещённостью не менее 1000 люкс. Чувствительность контроля (по раскрытию трещины) при этом составляет около 0,01 мм. Метод красок получил наиболее широкое распространение при проведении эксплуатационного контроля конструкций.

*Люминесцентный метод* основан на применении индикаторов, способных люминесцировать (светиться) под воздействием ультрафиолетового света (УФС). При этом индикаторный рисунок дефекта имеет высокую контрастность на темном фоне проявителя и оказывает сильное возбуждающее воздействие на зрение находящегося в темноте оператора. Осмотр деталей после «проявления» проводят при освещенности УФС не менее 300 «чёрных» люкс. Люминесцентный метод широко применяется в условиях производства и ремонта АТ. Чувствительность контроля (по раскрытию трещины) составляет около 0,001 мм.

*Люминесцентно - цветной метод* отличается тем, что применяемый индикатор способен люминесцировать в УФС и имеет контрастную окраску в ДС. Это свойство индикатора позволяет использовать метод для проведения контроля, как в цеховых, так и в полевых условиях. При этом метод обеспечивает получение двух уровней чувствительности (цветного или люминесцентного).

*Индикатор* проникает и удерживается в полости дефекта (капилляра) под воздействием сил смачивания и поверхностного натяжения жидкости.

Под смачиванием понимают способность жидкости образовывать устойчивую поверхность раздела на границе с твердым телом. Если силы взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела превышают силы взаимодействия между молекулами жидкости, то жидкость смачивает поверхность (прилипает к поверхности). Капля смачивающей жидкости, нанесенная на поверхность детали, быстро растекается, образуя «пятно» значительных размеров. При отсутствии смачивания капля не изменяет своих начальных размеров.

Поведение капли зависит от соотношения сил, действующих на молекулы жидкости, находящиеся на границе раздела «жидкость—воздух—твердое тело», т.е. от величины поверхностного натяжения. Эти соотношения обычно выражают через краевой угол смачивания. Жидкости, имеющие малый краевой угол ( $\theta < 90^\circ$ ), относятся к смачивающим. Краевой угол с учётом сил поверхностного натяжения рассчитывают по формуле:

$$\cos \Theta = \frac{G_{Т-В} - G_{Ж-Т}}{G_{Ж-В}},$$

где  $G_{Т-В}$ ,  $G_{Ж-Т}$ ,  $G_{Ж-В}$  - соответственно, поверхностное натяжение на границе «твердое тело — воздух», «жидкость — твердое тело» и «жидкость — воздух».

На смачивающую способность жидкости значительное влияние оказывает и состояние поверхности детали (шероховатость, жировые пленки, температура). Так, шероховатые поверхности смачиваются лучше гладких, а плохо обезжиренные поверхности вообще не смачиваются жидкостью. Повышение температуры способствует повышению проникающей способности индикатора.

С целью повышения смачивающей способности индикаторов в их состав вводят специальные присадки—поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые способствуют повышению капиллярности индикатора за счет снижения поверхностного натяжения и увеличения сил взаимодействия жидкости с загрязненной поверхностью.

Капиллярностью называют способность жидкости (индикатора) проникать в мельчайшие поры (капилляры) деталей, по отношению к материалу которых она обладает достаточной смачивающей способностью.

Под действием сил смачивания в капилляре происходит искривление поверхности жидкости, а затем силы поверхностного натяжения, стремясь сократить величину поверхности, подтягивают уровень жидкости вслед за границей смачивания. Возникающие в капилляре гидростатические силы способны поднять уровень жидкости на значительную высоту. Если дефект представить в виде сквозной щели с шириной раскрытия  $b$ , то высота подъема уровня жидкости  $h$  составит:

$$h = \frac{2G_{Ж-В} \cos \Theta}{\rho q b},$$

где:  $\rho$  — плотность жидкости;

$q$  — ускорение силы тяжести.

Проникновение жидкости в капилляр происходит постепенно, так как жидкость обладает определенной вязкостью. Время заполнения капилляра  $t$  можно рассчитать по формуле:

$$t = \frac{3h^2 \eta}{b(G_{Т-В} - G_{Ж-Т})},$$

где:  $\eta$  — динамическая вязкость жидкости.

В практике эксплуатационного контроля наиболее часто встречаются тупиковые дефекты (трещины). В этом случае воздух, находящийся в полости дефекта, препятствует проникновению жидкости и существенно снижает скорость заполнения капилляра. Кроме того, внутренние стенки трещины, как правило, не параллельны и имеют значительную шероховатость. В силу этого, время проникновения (пропитки) индикатора не рассчитывают по формулам, а подбирают экспериментально или берут из номограмм (рисунок 1).

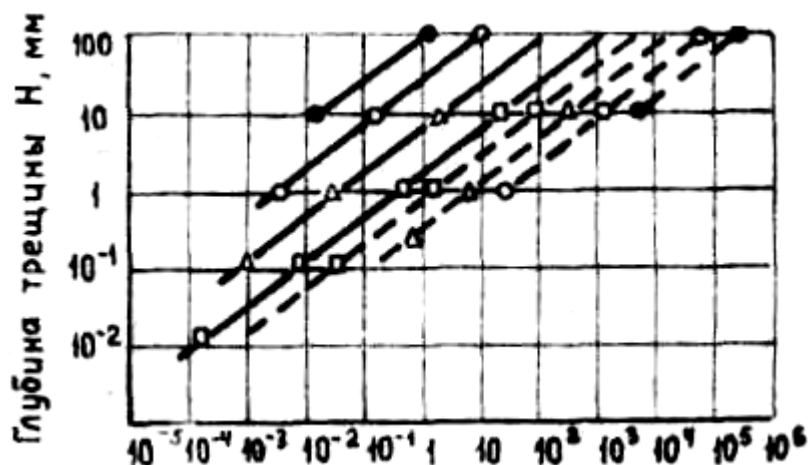


Рисунок 1 - Номограммы для определения времени пропитки индикатора комплекта «ЦАН»: \_\_\_\_\_ сквозные трещины; -----тупиковые трещины; 0-0-0-0-0-0- раскрытие около 0,1мм; Δ-Δ-Δ-Δ-Δ- раскрытие около 0,01мм

Извлечение индикатора из полости дефекта осуществляется с помощью специальных проявляющих составов сорбционного или диффузионного действия.

*Сорбционное проявление* заключается в следующем. После очистки поверхности от излишков индикаторной жидкости в полости дефекта возникают два мениска: большого радиуса - у поверхности и малого - в глубине дефекта. В силу того, что малый мениск создает большие гидростатические силы, жидкость удерживается в полости трещины.

При наложении на поверхность детали пористого покрытия (порошка) над дефектом возникает система малых менисков (пор), каждый из которых развивает гидростатическую силу, больше чем малый мениск трещины. Под воздействием этих сил происходит извлечение индикатора из полости трещины (пропитывание пористого покрытия индикатором) и образование индикаторного рисунка, повторяющего конфигурацию трещины. При этом за счет растекания индикатора по поверхности «проявителя» происходит увеличение видимых размеров дефекта, что способствует его выявлению при осмотре.

*Диффузионное проявление* основано на использовании жидких пленкообразующих проявляющих составов (лаков). При нанесении жидкого «проявителя» начинается диффузия индикатора из трещины в непросохшее лаковое покрытие. Скорость диффузии зависит от температуры, химического состава «проявителя», толщины проявляющей пленки и других факторов.

Количество диффундирующей жидкости  $m$ , проходящей через площадку  $S$  за время  $t$  составит:

$$m = D \frac{C_1 - C_2}{l} S t$$

где:  $D$  - коэффициент взаимной молекулярной диффузии жидкостей;

$C_1$ ,  $C_2$  - концентрации жидкостей в соседних слоях;

$l$  - толщина слоя проявителя.

При диффузионном проявлении обычно имеют место и сорбционные явления, которые наблюдаются после высыхания лака и образования пористой пленки. В силу этого, диффузионные проявители обладают более высокой чувствительностью и разрешающей способностью, но они более токсичны и менее технологичны, чем сорбционные.

## 1.2. Дефектоскопические материалы

Дефектоскопические материалы — это специализированные комплекты, предназначенные для проведения полного комплекса операций капиллярного контроля. Они включают индикатор, очиститель, проявитель и другие компоненты.

*Индикатор (пенетрант)* представляет собой цветной или люминесцирующий состав, предназначенный для заполнения полости дефектов и последующего образования индикаторного рисунка, контрастного к окружающему фону. Индикаторные составы различаются по физическому состоянию, цвету, технологическим особенностям (способам нанесения и удаления) и т.д.

Жидкой основой индикатора обычно служат разнообразные органические жидкости (керосин, бензол, спирт и др.), отличающиеся низкой вязкостью и высокой смачивающей способностью к металлам.

В качестве красителей используют разнообразные жирорастворимые краски (типа «Судан»), а в качестве люминофоров — минеральные масла (типа МС-20), продукты переработки нефти и каменного угля (типа «Нориол», «Люмоген» и другие).

К числу основных требований, предъявляемых к индикаторам, относятся: высокая смачивающая способность, низкая вязкость, малое поверхностное натяжение, малая токсичность, хорошая отмываемость, высокая яркостная или цветовая контрастность, низкая коррозионная активность и низкая стоимость.

*Очиститель* — это специальный состав, предназначенный для удаления излишков индикатора с поверхности детали после пропитки. Эти составы должны хорошо растворять индикаторную жидкость, но плохо смачивать очищаемую поверхность во избежание «вымывания» индикатора из полости дефекта.

В качестве очищающих составов применяют органические жидкости (смесь масла с керосином, спирт с ПАВ, и т.д.). Эти составы используют также в качестве активизатора индикатора после водной очистки.

*Проявитель* — это специальный состав, предназначенный для извлечения индикатора из полости дефекта с целью образования индикаторного рисунка и создания фона, облегчающего визуальное восприятие изображения дефекта.

Широкое распространение получили сорбционные и растворяющие (диффузионные) проявители.

«Сухой» сорбционный проявитель — это мелкодисперсный порошок белого цвета, изготовленный из окислов металлов, мела, каолина и других пористых материалов.

«Мокрый» сорбционный проявитель — это суспензия порошка в легколетучих растворителях (ацетоне, бензине, спирте и др.).

Растворяющие (диффузионные) проявители изготавливают на основе нитроэмалей с введением специальных добавок (коллодия, растворителей и др.), повышающих механические свойства пленок, снижающих вязкость и увеличивающих скорость высыхания.

При проведении капиллярного контроля обычно используют наборы готовых дефектоскопических материалов (ЦАН, М, К, ЛЮМ - А, ЛЮМ - ВЗ и другие).

*Проверка пригодности к работе дефектоскопических материалов и осветителя.*

Вне зависимости от срока и условий хранения дефектоскопические материалы (индикатор и проявитель) подлежат проверке на пригодность к работе.

Проверку смачивающей способности индикатора проводят путем измерения скорости растекания капли индикаторной жидкости по поверхности эталонной (стеклянной) пластины.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1. Обезжирить ацетоном поверхность эталонной пластины.
2. Набрать небольшое количество индикатора в медицинскую пипетку и выдавить одну каплю жидкости на поверхность горизонтально установленной пластины (расстояние от кончика пипетки до поверхности пластины должно быть в пределах 20...25 мм).
3. Измерить диаметр пятна растекшейся капли. Для пригодного к работе индикатора время растекания капли до диаметра 30 мм не должно превышать 15с. Уменьшение скорости растекания капли свидетельствует о низком качестве жидкой основы индикатора (испарение легколетучих компонентов).

Проверка содержания красителя в индикаторе проводят путём определения критической толщины индикатора. Критической называют минимальную толщину слоя индикатора, при которой заметна её окраска (люминесценция).

Устройство для определения критической толщины индикатора (рис. 2) состоит из стеклянной линзы 1 с большим радиусом кривизны (200...1000 мм) и стеклянной пластины, между которыми «раздавлена» капля индикатора 2.

Клиновидный кольцевой зазор, образующийся в точке касания линзы и пластины, позволяет определить критическую толщину слоя индикатора, т. е. содержание красителя в индикаторе. Измерив диаметр пятна без видимой окраски  $A$  и зная радиус кривизны линзы  $R$ , рассчитывают критическую толщину слоя  $T$ , которая составит:

$$T = \frac{A^2}{8R}.$$

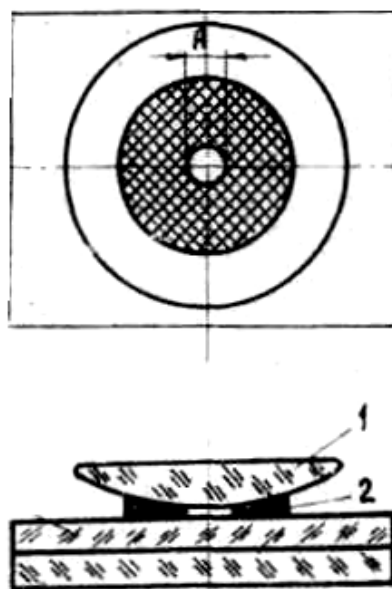


Рисунок 2 - Устройство для проверки окрашенности (критической толщины) индикатора

Проверку проводят в следующей последовательности:

1. Очистить поверхности линзы и пластины ацетоном.
2. Нанести на поверхность пластины каплю индикатора.
3. Установить линзу в центр пятна индикатора.



4. Замерить диаметр светлого пятна  $A$ , в точке касания линзы и пластины (по клеткам миллиметровой бумаги, подложенной под стеклянную пластину).

5. Рассчитать критическую толщину слоя индикатора. Качественный индикатор имеет толщину видимого слоя менее 3 мкм, что свидетельствует о достаточном содержании красителя (окрашенности индикатора).

*Проверку укрывистости и времени высыхания проявителя* проводят в следующей последовательности:

1. Обезжирить поверхность стеклянной пластины ацетоном.

2. Мягкой кистью нанести на пластину несколько мазков проявителя.

3. Подрезая кончиком лезвия слой высыхающей пленки, определить время полного высыхания, т.е. время до момента лёгкого отделения пленки от поверхности пластины.

4. Поместить под пластину бумажный эталон с печатным текстом. Проявитель считают пригодным к работе, если время высыхания пленки около 3 мин., а текст на эталоне не различим под слоем проявителя.

*Проверку чувствительности набора дефектоскопических материалов* проводят на клиновом эталоне (рис. 3) и на эталоне с термическими трещинами.

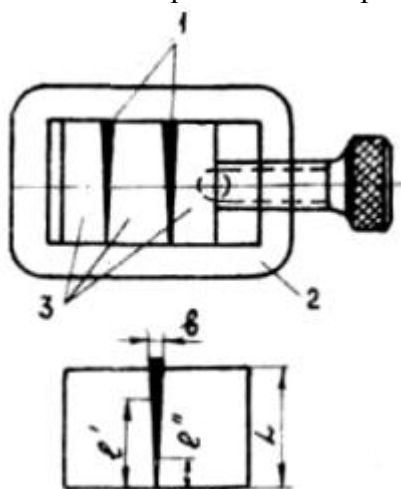


Рисунок 3 - Клиновое эталона для проверки чувствительности комплекта дефектоскопических материалов

Клиновое зазор 1, образующийся между пластинами 3, зажатыми в оправку 2, позволяет определить чувствительность набора  $C$  по формуле:

$$C = \frac{bl}{L}$$

где:  $b$  - толщина прокладки между пластинами, мм;

$L$  и  $l$  – общая длина и длина не выявленной части клина, мм.

Проверку чувствительности набора по клиновому эталону ведут в соответствии с технологией капиллярного контроля.

Для современных капиллярных наборов, например ЦАН, чувствительность по клиновому эталону должна быть не ниже 0,01 мм.

Заключительным этапом проверки пригодности набора к работе является определение способности к выявлению мелких термических трещин. Картина выявленных трещин должна соответствовать паспортным данным (фотографии) образца.

*Проверку интенсивности светового потока*, создаваемого осветителем ДС, проводят в следующей последовательности:

1. Подать электропитание на осветитель, оснащённый лампой накаливания мощностью 60...100 Вт и лампой дневного света, мощностью 40...60 Вт.

2. Поместить чувствительный элемент фотоэлектрического экспонометра (Ю – 16) на поверхность предметного столика.

3. Определить освещённость поверхности предметного столика. Для проведения осмотра контролируемая поверхность объекта должна иметь освещённость не менее 1000 люкс.

### 1.3. Комплект дефектоскопических материалов ЦАН

Цветной аэрозольный набор ЦАН предназначен для выявления в цеховых и полевых условиях разнообразных поверхностных дефектов конструкций (трещин, пор, очагов коррозии и других нарушений сплошности материала). Набор состоит из шести аэрозольных баллонов вместимостью по 310 мл. Основой набора является дефектоскопический комплект К – М, работающий по методу красок.

В набор входят:

- два баллона с очистителем для предварительного удаления жира - масляных загрязнений с контролируемой поверхности;
- один баллон красной индикаторной жидкости (пенетранта), предназначенной для заполнения полости дефектов;
- один баллон очистителя, предназначенного для удаления излишков индикатора с контролируемой поверхности;
- два баллона с плёночным проявителем, предназначенным для извлечения из полости дефектов проникающей жидкости и создания белого фона на контролируемой поверхности.

Состав компонентов, входящих в набор ЦАН, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав набора ЦАН

| Компоненты               | Состав  | Вещество  |
|--------------------------|---|---|
| Индикатор (пенетрант)    | Смесь красной проникающей жидкости «К» и пропеллента    | Масло – керосиновая смесь<br>Жирорастворимый краситель типа «Судан 3» |
| Очиститель загрязнений   | Смесь органических растворителей и пропеллента          | Ацетон, этиловый спирт, перхлорэтилен                                 |
| Очиститель от пенетранта | Смесь масла, керосина и пропеллента                     | Масло трансформаторное, керосин                                       |
| Проявитель               | Белая краска «М» для цветной дефектоскопии и пропеллент | Белая нитроэмаль для кожи<br>Коллодий медицинский                     |

В качестве пропиллента - вещества, создающего давление в баллоне, использован сжиженный газ «Хладон 112». Содержимое баллонов сохраняет свои дефектоскопические свойства при температурах 15...45°C. Хранить набор можно при температурах от - 40 до + 45°C. Срок годности 2 года.

Содержимое набора рассчитано на контроль поверхности площадью до 0,24 м<sup>2</sup>.

Перед каждым применением индикатор и проявитель подлежат проверке на пригодность к работе. При этом качество индикаторной жидкости оценивают по отсутствию механических примесей, содержанию красителя и смачивающей способности, а качество проявителя - по укрывистости и времени высыхания пленки.

### 1.4. Общие рекомендации по проведению капиллярного контроля

Контроль конструкций капиллярными методами состоит из ряда последовательно выполняемых операций (рис. 4):

1. Подготовка исследуемой поверхности к контролю (первая очистка)

2. Нанесение индикатора на контролируемую поверхность (пропитка).
3. Удаление излишков индикатора с контролируемой поверхности (вторая очистка).
4. Нанесение проявляющего состава на контролируемую поверхность (проявление).
5. Осмотр контролируемой поверхности и анализ результатов контроля.

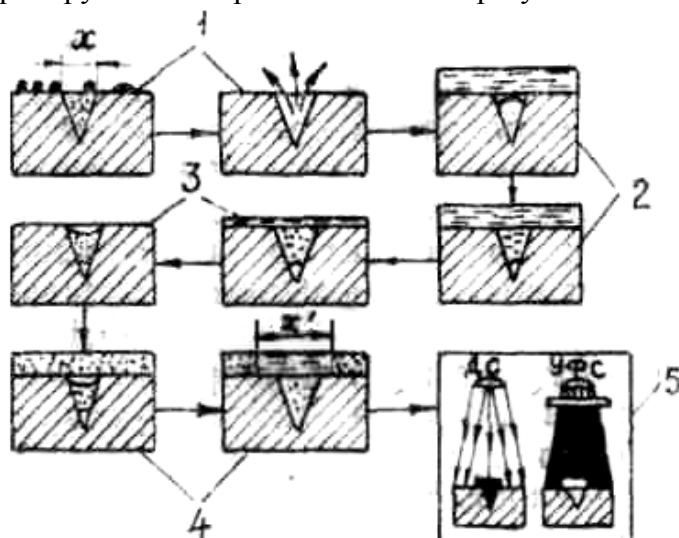


Рисунок 4 - Последовательность операций контроля деталей с использованием капиллярных методов: 1- первая очистка; 2 – пропитка; 3 – вторая очистка; 4 – проявление; 5 – осмотр в ДС (УФС)

*Первую очистку* проводят с целью подготовки поверхности объекта и полости дефекта к пропитке. Данная операция служит для обеспечения благоприятных условий для проникновения индикаторной жидкости в полость дефекта. Наличие лакокрасочных покрытий, оксидных пленок, продуктов коррозии, масляных пленок и загрязнений на контролируемой поверхности препятствует этому процессу и тем самым снижает чувствительность контроля. Отрицательное влияние на результаты контроля оказывают и загрязнения полости дефекта продуктами коррозии и керосином, а также сжимающие напряжения.

Выбор способа очистки поверхности зависит от физико-химических свойств материала объекта контроля, требуемого уровня чувствительности, свойств дефектоскопических материалов и ряда других факторов.

При проведении очистки используют механические, химические, электрохимические, тепловые и другие способы удаления загрязнений. Удаление загрязнений из полости дефекта осуществляют путём промывки поверхности легколетучими растворителями с последующей сушкой при температуре 70...90°C в течение 40...60 мин.

*Пропитку* проводят с целью заполнения полости дефекта индикаторной жидкостью. Жидкость наносят на поверхность в распылённом состоянии, кистью или путём погружения объекта в сосуд с индикатором. Время пропитки обычно выбирают не менее 1...2 мин.

*Вторую очистку* проводят с целью удаления излишков индикаторной жидкости с поверхности объекта контроля. Основная трудность данной операции заключается в сохранении индикатора в полости дефекта. Очистку проводят протиркой ветошью, смоченной специальным составом, обдувом песком, промыванием в воде и т. д. Качество очистки контролируют по отсутствию видимой окраски (свечения) поверхности.

*Проявление* проводят с целью извлечения индикатора из полости дефекта и создания контрастного индикаторного рисунка дефекта. Проявляющий состав наносят на поверхность в распылённом состоянии или мягкой кистью. Время проявления зависит от

способа проявления, состава проявителя, температуры и других факторов и составляет обычно 3...5 мин.

*Осмотр и анализ результатов контроля* проводят с целью выявления и определения характера дефектов. Индикаторный рисунок дефекта обычно имеет вид ярко окрашенных (светящихся в УФС) полос и точек. С целью повышения чувствительности контроля при осмотре используют простейшие оптические приборы (лупы) с кратностью увеличения до  $10^x$ . Важнейшим условием, определяющим чувствительность контроля, является создание достаточной освещенности осматриваемой поверхности.

При работе с цветными индикаторами (ЦАН) обычно используют комбинацию ламп накаливания и дневного света. При этом достигается более правильная цветопередача и уменьшается утомляемость зрения оператора. Освещенность ДС в зоне осмотра должна быть не ниже 1000 люкс.

Анализ результатов контроля проводят с целью установления пригодности объекта к дальнейшей эксплуатации и выявления «ложных» дефектов. Дефект обнаруживается в виде чётких ярких линий красного цвета на белом фоне. Наличие общего красноватого фона, размытых линий и точек свидетельствует о низком качестве очистки поверхности от индикатора.

*Технология капиллярного контроля* включает следующие работы:

- подготовка рабочего места;
- подготовка объекта контроля;
- подготовка и проверка дефектоскопических материалов и осветителя;
- проведение капиллярного контроля объекта в соответствии с разработанной рабочей методикой;
- анализ результатов контроля;
- восстановление объекта после проведения контроля.

*Подготовка рабочего места* заключается в обеспечении питания для осветителя ДС, защите оператора и объекта от воздействия внешних факторов (низких и высоких температур, дождя, ветра, пыли и т.д.).

*Подготовка объекта контроля* заключается в обеспечении удобного подхода к контролируемую поверхность. Для этого производят демонтаж мешающих проведению контроля элементов конструкции (удаляют с контролируемую поверхность следы смазки, загрязнения, лакокрасочные покрытия, герметик и т.д.).

*Подготовка и проверка дефектоскопических материалов и осветителя* заключается в проверке рабочих свойств индикатора, проявителя и осветителя.

*Контроль объекта* проводят в строгом соответствии с технологией капиллярного контроля заданным методом.

При проведении анализа результатов контроля обращают внимание на характер выявленных дефектов (локализацию, ориентацию, размеры и т.д.), что необходимо для постановки правильного диагноза о «годности» объекта к эксплуатации.

В случае отсутствия дефектов объект подлежит восстановлению (установка снятых элементов конструкции, нанесение защитных и лакокрасочных покрытий и т.д.). В случае необходимости повторных проверок объекта, вместо восстановления лакокрасочного покрытия на контролируемую поверхность наносят слой консистентной смазки (типа ЦИАТИМ).

### **1.5. Технология капиллярного контроля с использованием набора ЦАН.**

Технология контроля с использованием комплекта ЦАН имеет ряд особенностей, влияющих на эффективность выявления дефектов.

*Очистку контролируемую поверхность от загрязнений (первую очистку)* проводят при помощи баллона с очищающим составом. Для этого, с расстояния 25...30 см. на контролируемую поверхность наносят слой очищающей жидкости и протирают

поверхность чистой сухой белой ветошью. Очистку повторяют до тех пор, пока на ветоши не перестанут оставаться следы загрязнений.

*Обработку контролируемой поверхности индикатором (пропитку)* проводят методом распыления из баллона с индикатором. Для этого, на очищенную и сухую контролируемую поверхность с расстояния 25...30 см. наносят несколько (обычно 3...4) слоёв индикатора, не допуская высыхания слоёв.

*Очистку от индикатора (вторую очистку)* проводят, не допуская высыхания последнего слоя индикатора. Для этого с расстояния 25...30см из баллона с проявителем на контролируемую поверхность наносят несколько слоёв очистителя. Одновременно контролируемую поверхность протирают салфеткой из сухой белой, но не ворсистой ветоши (без нажима). Очистку повторяют до тех пор, пока на салфетках наблюдаются следы индикатора.

*Проявление* проводят непосредственно после второй очистки. Перед началом проявления баллон с проявителем интенсивно встряхивают до полного перемешивания содержимого. С расстояния 30...35см на контролируемую поверхность равномерно наносят 2...3 слоя проявителя, не допуская подтёков жидкости и пузырей газа.

*Осмотр контролируемой поверхности* проводят в ДС (освещённость не менее 1000 люкс) после полного высыхания слоя проявителя. Появление на белом фоне проявителя окрашенных в красный цвет полосок, точек или извилин указывает на наличие дефектов.

## **2. Практическая часть**

В ходе выполнения лабораторной работы решают следующие задачи:

1. Разработка рабочей методики капиллярного контроля заданного объекта.
2. Проведение капиллярного контроля заданного объекта в соответствии с рабочей методикой.

### **2.1. Разработка рабочей методики капиллярного контроля**

На сегодняшний день накоплен большой опыт применения капиллярных методов для целей эксплуатационного контроля авиационных конструкций. Несмотря на это, в каждом конкретном случае приходится составлять рабочую методику проведения контроля, которая учитывает состояние контролируемой поверхности объекта, материал, из которого он изготовлен, характер ожидаемых дефектов, условия проведения работ, технические возможности имеющихся в наличии средств контроля и другие факторы, влияющие на эффективность капиллярного контроля.

Разработку методики капиллярного контроля обычно ведут в следующей последовательности:

1. Установить наименование объекта и условия его работы.
2. Установить материал объекта, состояние контролируемой поверхности и условия проведения контроля.
3. Установить характер ожидаемых дефектов и их параметры (локализацию, ширину раскрытия, глубину, направление распространения и т.д.).
4. Выбрать метод и средства капиллярного контроля, обеспечивающие выявление ожидаемых дефектов в ожидаемых условиях.
5. Составить технологию проведения контроля.
6. Установить браковочные признаки для заданного объекта.

### **2.2 Проведение капиллярного контроля**

Контроль заданного объекта проводят в соответствии с рабочей методикой и общими рекомендациями по применению капиллярного метода.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие физические явления положены в основу капиллярного метода контроля ?
2. Как можно объяснить повышение чувствительности контроля при переходе от цветного к люминесцентному методу?
3. Какова физическая сущность отдельных операций капиллярного контроля?
4. Какие требования предъявляют к дефектоскопическим материалам и источникам света?

### **Содержание отчета**

1. Краткие сведения о назначении и физической сущности капиллярного метода контроля.
2. Основные характеристики набора ЦАН.
3. Данные о результатах проверки пригодности к работе дефектоскопических материалов и осветителя.
4. Рабочая методика проведения контроля заданного объекта.
5. Результаты контроля заданного объекта в форме заключения о его «годности» к эксплуатации и эскизом выявленных дефектов.

### **Литература**

1. Пивоваров В.А, Белоусов Г.Г, Померанцев Д.С, Пенкин А.А. Методы и средства оптико – визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 80с.
2. Пивоваров В.А., Машошин О.Ф. Дефектоскопия гражданской авиационной техники: Учеб. пособие для вузов. –М: Транспорт, 1997. – 136с.
3. Неразрушающий контроль материалов и изделий. Справочник. Под ред. Г.С.Самойловича М.: Машиностроение,1976. – 456с.