

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

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

**Визуально-оптический контроль авиационных
конструкций с применением жёсткого линзового и
гибкого волоконного эндоскопов**

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

Визуально-оптический контроль авиационных конструкций с применением жёсткого линзового и гибкого волоконного эндоскопов [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. Оптические приборы.....	6
1.3. Оптический дефектоскоп ОД-20Э.....	9
1.4. Общие рекомендации по проведению оптического контроля.....	13
2. Практическая часть	16
2.1. Разработка методики оптического контроля	16
2.2. Поведение оптического контроля.....	16
Контрольные вопросы	16
Содержание отчёта.....	16
Литература	17

Цель работы.

Ознакомление с физической сущностью и назначением визуально-оптического метода, устройством и принципом работы оптических приборов; приобретение практических навыков в составлении рабочей методики и проведении оптического контроля заданного объекта.

1. Теоретическая часть

1.1. Назначение и физическая сущность метода

Назначение.

Зрение является основным источником информации, получаемой человеком об окружающем его мире. Зрительная информация отличается наглядностью и легко анализируется. В силу этого визуальный контроль является наиболее распространенным методом определения технического состояния разнообразных объектов.

Техническое состояние изделий при визуальном контроле определяют путём обследования доступных для осмотра поверхностей. При этом выявляют вмятины, забоины, риски, следы коррозии, крупные трещины и другие дефекты конструкций эксплуатационного происхождения.

Возможности метода существенно расширяются при использовании разнообразных оптических приборов (луп, микроскопов, биноклей, эндоскопов и т. д.). Чувствительность оптического контроля в этом случае приближается к чувствительности других методов НК (магнитопорошкового, токовихревого, капиллярного и т.д.). Так, при визуальном контроле конструкций с использованием оптических приборов можно выявить трещину с раскрытием менее 0,01 мм.

При использовании эндоскопов выявляют разнообразные дефекты, на внутренних поверхностях конструкций, например, в проточной части ГТД, недоступных для непосредственного наблюдения.

Использование биноклей позволяет выявлять дефекты, расположенные на поверхностях, удаленных от оператора на значительные расстояния (на киле, стабилизаторе, последних ступенях турбины ГТД и т.д.).

Оптический контроль получил самое широкое распространение на всех эксплуатационных предприятиях, где он используется для выявления разнообразных дефектов конструкций. Несмотря на это, метод имеет ряд существенных недостатков, снижающих эффективность контроля, а в некоторых случаях исключают возможность его применения. Так, например, надёжность результатов оптического контроля в значительной степени зависит от состояния и уровня освещенности контролируемой поверхности, качества оптических приборов, квалификации оператора, времени осмотра, наличия подходов к объекту контроля и т. д.

Физическая сущность метода.

В основу визуально – оптического метода положена способность зрения выявлять объекты, отличающиеся от эталона по форме, состоянию поверхности, цвету и другим признакам. При этом используются такие особенности взаимодействия света с контролируемой поверхностью, как поглощение, избирательное отражение, поляризация и т.д.

Технические возможности зрения, как средства контроля, характеризуются разрешающей способностью, геометрической и контрастной чувствительностью, скоростью реакции, точностью оценки расстояний и другими параметрами.

Под разрешающей способностью зрения понимают способность глаза видеть объекты раздельно друг от друга при малых расстояниях между ними. Разрешающую способность обычно характеризуют числом раздельно видимых линий (штрихов) на

единицу длины фона. Для невооруженного глаза при достаточном освещении и контрасте линий с фоном разрешение глаза на расстоянии наилучшего зрения (25 см.) обычно не превышает 10 штр/мм.

Под геометрической чувствительностью (остротой зрения) понимают способность глаза различать мелкие объекты на светлом или тёмном фоне. При достаточном освещении опытный оператор способен невооруженным глазом обнаружить черный объект на белом фоне, который имеет размеры более двух угловых минут (около 0,1 мм.)

Разрешающая способность и острота зрения связаны друг с другом и зависят от видимой контрастности объекта, под которой понимают оптические свойства объекта, выделяющие его на окружающем фоне. Различают яркостную и цветовую контрастность объекта.

Яркостная контрастность—это отличие объекта от фона, обусловленное различием в отражающей способности их поверхностей. Яркостную контрастность принято оценивать с помощью коэффициента яркости объекта:

$$K_{\text{я}} = (B_{\text{ф}} - B_{\text{о}}) / B_{\text{ф}}, \text{ где } B_{\text{ф}} > B_{\text{о}} - \text{ яркости фона и объекта.}$$

При $K_{\text{я}} > 0,5$ контраст объекта считают большим, при $K_{\text{я}} > 0,2$ — средним, а при $K_{\text{я}} < 0,2$ — малым. При $K_{\text{я}} < 0,02$ объект практически не различим на окружающем фоне.

Цветовая контрастность объекта — это отличие цветовой насыщенности (цветовой яркости) поверхности объекта от аналогичного показателя фона. Цветовой контраст объекта оценивают с помощью коэффициента цветовой яркости:

$$K_{\text{ц}} = (M_{\text{о}} - M_{\text{ф}}) / M_{\text{ф}}, \text{ где } M_{\text{о}} \text{ } M_{\text{ф}} - \text{ цветная насыщенность объекта и фона.}$$

Минимальная цветовая контрастность, при которой объект становится заметным на окружающем фоне, на порядок выше минимального яркостного контраста, что необходимо учитывать при выборе способа индикации дефектов, например, при выборе цвета индикатора для капиллярного контроля.

Минимальную видимую яркостную контрастность объекта называют световым, а минимальную цветовую контрастность — цветовым порогом зрения. Каждому цвету соответствует определенный яркостной порог зрения.

Так, при слабом освещении белым светом раньше других становятся различимы синие объекты, а позже всех — красные. При одинаковых условиях раньше других можно различить цвет красных объектов, а позже всех — синих. Эту особенность зрения также необходимо учитывать при выборе цвета индикатора. При малых освещённостях контролируемой поверхности лучше использовать синие - зеленые, а при высоких — красные или оранжевые индикаторы.

С уменьшением размеров объекта все цвета, кроме красного, быстро теряют насыщенность. Кроме того, красный цвет, действуя возбуждающе на нервную систему человека, способствует повышению скорости реакции оператора и надёжности контроля.

Большое влияние на результаты визуального контроля оказывает время фиксации взгляда на объекте. При нормальной скорости реакции человек способен заметить контрастный объект за время около 0,1 с. Таким образом, скорость перемещения взгляда по контролируемой поверхности не должна превышать 100 мм/с. В противном случае при осмотре могут быть пропущены достаточно крупные дефекты.

В общем случае вероятность обнаружения дефекта, имеющего оптические параметры больше пороговых значений, определяется временем поиска, размерами и контрастностью объекта, яркостью, цветом и размерами осматриваемой поверхности, характеристиками оптических приборов и рядом других факторов. В силу этого, при разработке методик визуально – оптического контроля необходимо оценивать оптические характеристики дефектов конструкции и условия освещения объекта.

Важной характеристикой зрения является способность оценивать расстояние и размеры объектов. Точность таких оценок во многом зависит от возможности обеспечения бинокулярного зрения, т. е. от возможности осмотра объекта двумя глазами одновременно. Так, при оценке глубины дефекта одним глазом ошибка достигает 10%, а при осмотре двумя глазами - она не превышает 1%.

На результаты визуального контроля сильное влияние оказывает общий уровень освещенности контролируемой поверхности (яркость фона). При малых освещенностях (менее 10 лк) имеет место яркостное (палочковое) зрение, которое позволяет обнаружить только относительно крупные объекты (более 1 мм.). При освещенности более 100 лк зрение становится цветовым (колбочковым), что способствует повышению чувствительности контроля (выявляются объекты с размерами 0,1 мм и менее).

1.2. Оптические приборы

Визуально-оптический метод базируется на использовании разнообразных оптических приборов, которые делят на три группы:

1. Приборы для осмотра близко расположенных (менее 25 см от глаз) объектов (лупы, микроскопы).
2. Приборы для осмотра удаленных (более 25 см) объектов (зрительные трубы бинокли).
3. Приборы для осмотра внутренних поверхностей объектов (эндоскопы).

Оптический прибор для обеспечения качественного контроля АТ в условиях эксплуатации должен обладать высокой разрешающей способностью, большой светосилой, достаточной кратностью увеличения, стойкостью к воздействию низких и высоких температур, влаги и пыли. Номенклатура таких приборов в эксплуатационных предприятиях ГА пока явно не достаточна, что существенно ограничивает возможности применения визуально-оптического метода.

В последние годы некоторые эксплуатационные предприятия начали приобретать новейшие образцы оптических приборов (в основном эндоскопов) отечественного и зарубежного производства. Появились и электронные видеосистемы, во многих случаях заменяющие оптические приборы.

Приборы первой группы представлены несколькими типами луп (ЛПК-471, БЛ-2 и др.) и микроскопов (типа МБС-2 и др.). Их используют для выявления мелких (менее 0,1 мм) дефектов, имеющих узкую зону локализации (трещины, риски). Приборы этой группы используют также и в сочетании с другими методами НК (капиллярным, магнитопорошковым и т.д.).

Лупы и микроскопы изготавливают на базе линейных оптических элементов (линзы, зеркала, призмы) и используются для повышения разрешающей способности и остроты зрения.

Луна представляет собой простейший оптический прибор, выполненный на базе одной или нескольких линз. Кратность увеличения лупы G_L зависит от её фокусного расстояния f_L и рассчитывают по формуле:

$$G_L = 250 / f_L$$

Промышленность выпускает лупы с кратностью увеличения от $1,5^x$ до 16^x . Для практических целей целесообразно использовать лупы кратностью не более 10^x , так как большие увеличения существенно сокращают поле зрения и глубину резкости, что способствует пропуску дефектов при проведении осмотра конструкций. Применение бинокулярных луп (БЛ) позволяет повысить надёжность контроля и уменьшить утомление оператора.

Микроскоп представляет собой оптический прибор, состоящий из объектива и окуляра. Некоторые типы микроскопов оснащаются рядом дополнительных устройств,

повышающих их универсальность (осветители, штативы, зеркала, сменные объективы и окуляры и т. д.).

Кратность увеличения микроскопа Γ_m зависит от фокусных расстояний объектива $f_{об}$ и окуляра $f_{ок}$, а также от расстояния между ними Δ . Кратность увеличения микроскопа рассчитывают по формуле:

$$\Gamma_m = 250 \Delta / f_{об} * f_{ок}.$$

Диапазон увеличений оптических микроскопов обычно лежит в пределах от 6^x до 1000^x . Для технических целей удобно использовать бинокулярные микроскопы (типа МБС), имеющие несколько ступеней увеличения (от 6^x до 100^x), постоянное фокусное расстояние (64 мм) и встроенный осветитель.

Микроскопы применяют, в основном, при проведении исследований повреждённых деталей и выявления особо мелких дефектов.

Приборы второй группы представлены несколькими типами телескопических луп (типа ЛПШ, ТЛА и др.) и биноклей. Последние используют для выявления относительно крупных дефектов (более 1 мм) на удаленных (до 10 м) поверхностях (осмотр лопаток турбин и компрессоров ГТД, элементов хвостового оперения и т. д.). При проведении осмотров наиболее эффективны призматические бинокли (типа БП), имеющие достаточную кратность увеличения от $3 \dots 18^x$ и большую светосилу.

Призматический бинокль состоит из объектива, окуляра и системы призм с полным внутренним отражением. Кратность увеличения бинокля $\Gamma_б$ (зрительной трубы) зависит от фокусных расстояний объектива $f_{об}$ и окуляра $f_{ок}$:

$$\Gamma_б = f_{об} / f_{ок}.$$

В устройство для осмотра авиационных конструкций, кроме бинокля, обычно входит штатив и осветитель с направленным излучением света (фара).

Приборы третьей группы представлены несколькими типами «жестких» и «гибких» эндоскопов. Приборы этой группы предназначены для выявления относительно крупных дефектов (более 0,1 мм) расположенных на внутренних, недоступных для прямого осмотра, поверхностях конструкций (проточная часть ГТД, цилиндры ПД, газовые баллоны, трубопроводы, баки и т. д.). Эндоскопы позволяют получать увеличенное (до 33^x) и достаточно чёткое (разрешение до 60 штр./мм.) изображение контролируемой поверхности, удалённой от оператора на значительные расстояния (до 30м).

В зависимости от используемых оптических элементов различают линзовые («жесткие») и стекловолоконные («гибкие») эндоскопы.

«Жёсткие» эндоскопы (рисунок 1) изготавливают на базе линейной оптики (линзы, зеркала, призмы). Они позволяют получать увеличенное (обычно до 7^x) изображение объекта, удаленного на расстояние до 30м от оператора. Их разрешающая способность достигает 60 штр./мм.

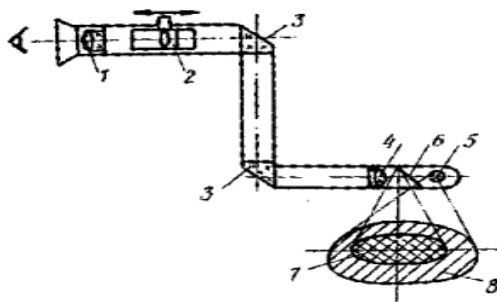


Рисунок 1 - Оптическая схема «жесткого» эндоскопа

Оптическая схема «жесткого» эндоскопа содержит объектив, окуляр, систему зеркал и призм. Увеличение и поле зрения эндоскопа зависят от принятой оптической схемы, увеличений объектива и окуляра, а также от расстояния до осматриваемой поверхности. Максимальное увеличение эндоскопа достигается при осмотре контролируемой поверхности с расстояния, близкого к фокусному расстоянию объектива (около 10 мм), т.е. когда он действует как микроскоп.

«Гибкие» эндоскопы изготавливают на базе линейных оптических элементов и волоконных светопроводящих жгутов (рисунок 2). Различают осветительные и оптические жгуты. В осветительном жгуте светопроводящие нити укладывают без определенного порядка и служат только для передачи света для освещения объекта. В оптическом жгуте нити укладывают в строгом порядке, так как они служат для передачи изображения.

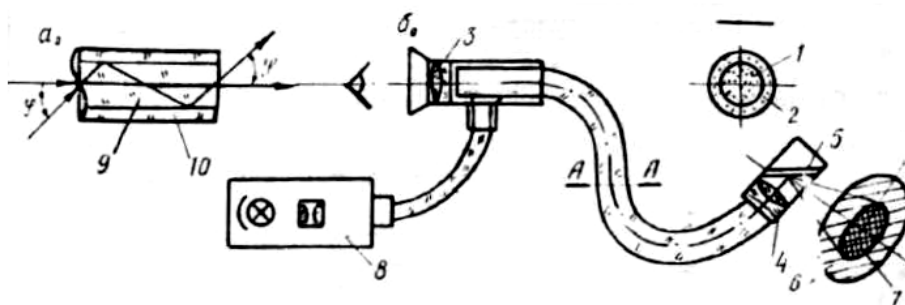


Рисунок 2 - Оптическая схема «гибкого» эндоскопа: ход лучей в волокне (а) и устройство прибора (б).

Число волокон в жгуте может достигать 10^8 шт., чем достигается достаточно высокая разрешающая способность изображения (до 10 штр./мм). Каждая нить жгута (рис.12а) изготовлена из оптического стекла 9 и имеет светоотражающее покрытие 10, снижающее потери света. Торцы жгута обрабатывают специальным составом, спекают и полируют.

Оптические жгуты способны передавать изображение на значительные расстояния (до 30 м) без существенных потерь световой энергии. При этом они допускают перегибы (до 90° и более), чем достигается высокая универсальность прибора по типу осматриваемых объектов.

Оптическая схема «гибкого» эндоскопа (рис. 12б), кроме оптического 1 и осветительного 2 жгутов, содержит объектив 4, окуляр 3 и источник света 8.

Источник света 8 через осветительный жгут создает на контролируемой поверхности поле освещения б, диаметр которого превышает поле зрения б объектива. Отразившись от контролируемой поверхности, свет через зеркало бокового осмотра 5 попадает в объектив 4 с малым фокусным расстоянием (обычно до 10 мм), который создает уменьшенное перевернутое изображение объекта на торце оптического жгута. Точно такое же изображение возникает и на противоположном торце оптического жгута, где его рассматривают через окуляр с большой кратностью увеличения. При этом создаётся уменьшенное перевернутое изображение осматриваемой поверхности с достаточно большим полем зрения.

Наводка на резкость осуществляется перемещением объектива относительно входного торца оптического жгута, а также перемещением окуляра относительно выходного торца жгута.

Видеосистемы (видеоскопы) являются следующим поколением приборов визуального - оптического контроля АТ. Видеоскоп представляет собой «гибкий» эндоскоп, на дистальной части которого установлена миниатюрная видеокамера, состоящая из

сменного объектива и ПЗС матрицы, которая преобразует оптическое изображение в электрический сигнал. Сигнал от видеокамеры направляется в блок преобразования, а затем на ТВ монитор.

Видеокамеру вводят во внутренние полости объекта при помощи гибкого управляемого жгута. Внутри жгута, диаметром 4...6 мм и длиной 3500.....9600 мм, проложен электрический кабель, служащий для передачи видеосигнала от ПЗС матрицы, и осветительный жгут для передачи светового потока на освещение контролируемой поверхности.

Видеоскопы используют для оптического контроля внутренних полостей разнообразных конструкций с получением качественного цветного изображения контролируемой поверхности на экране ТВ монитора. Разрешающая способность изображения, получаемого на ТВ мониторе, соизмерима с разрешающей способностью «гибких» эндоскопов.

Для оптического контроля АТ наиболее подходят видеоскопы фирмы «Olimpus», которые обеспечивают решение практически всех задач эксплуатационного контроля с достаточно высокой эффективностью.

К недостаткам видеосистем следует отнести их относительно высокую стоимость, высокие требования к квалификации оператора и низкую надёжность при работе в полевых условиях. В силу этого, в практике эксплуатационного контроля видеосистемы широкого распространения пока не получили.

1.3. Оптический дефектоскоп ОД-20Э

Назначение и основные технические данные.

Дефектоскоп предназначен для визуального осмотра внутренних поверхностей полых объектов. Прибор позволяет выявлять разнообразные дефекты проточной части ГТД, цилиндров ПД, баков, газовых баллонов и других деталей в лабораторных и цеховых условиях.

Основные технические данные дефектоскопа.

Пределы фокусировки, мм	25...1000
Длина объективной части, мм.....	840
Диаметр объективной части, мм.....	14
Угол отклонения объективной части, град.....	± 70
Угол обзора, град.....	25
Разрешающая способность на расстоянии 100 мм от объектива, штр./мм	5
Освещенность контролируемой поверхности на расстоянии 100мм от объектива, лк.....	5000
Напряжение питания, В.....	220
Потребляемая мощность, Вт.....	250
Масса дефектоскопа с фуляром и осветителем, кг	13

Конструкция и принцип работы.

Дефектоскоп изготовлен на базе волоконной оптики (рисунок 3). Осматриваемая поверхность с помощью объектива 9 проектируется на торец оптического жгута 10. Изображение на выходном торце жгута рассматривают с помощью окуляра 3. Фокусировку прибора осуществляют вращением кольца 2, который через тросовую проводку перемещает объектив относительно входного торца оптического жгута, а диоптрийную настройку окуляра осуществляют вращением ручки 3.

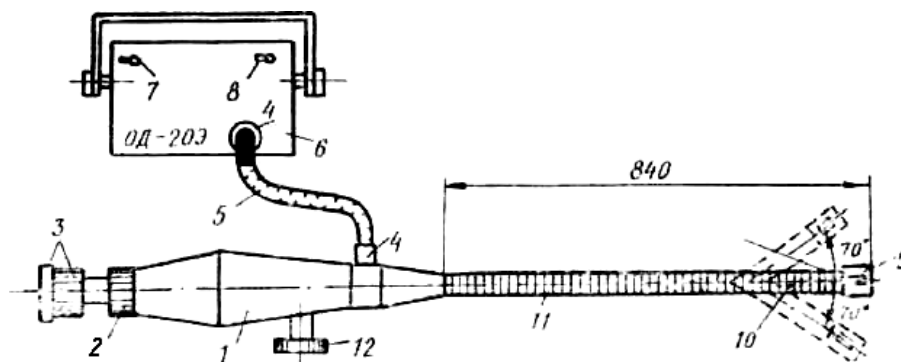


Рисунок 3 - Конструкция оптического дефектоскопа ОД-20Э

На корпусе дефектоскопа 1 расположен оптический разъем 4 для подключения осветительного жгута 5. При панорамном обзоре объективная часть тубуса 10 может изгибаться с помощью троса и ручки дистанционного управления 12. При боковом осмотре на объективную часть 11 устанавливают зеркальную насадку 9.

Источник света 6 предназначен для освещения объекта через осветительный жгут 5 и жгут дефектоскопа. На передней панели источника света установлен тумблер выключения питания 7, переключатель режима горения лампы 8 и оптический разъем 4 для подключения осветительного жгута. Оптическая система источника света обеспечивает фокусировку светового потока лампы на торец осветительного жгута. Вентилятор служит для охлаждения лампы и оптических элементов осветителя.

Порядок работы с дефектоскопом.

1. Подключить осветительный жгут к разъему источника света и дефектоскопу.
2. Подключить источник света к сети переменного тока (220 В).
3. Переключатель источника света установить на пониженный режим горения лампы.
4. Подать питание на блок освещения (при этом должна гореть лампа освещения и вращаться вентилятор охлаждения).

ВНИМАНИЕ! Эксплуатация блока освещения при неработающем вентиляторе не допускается.

Оптический дефектоскоп ВД 4-8

Назначение и основные технические данные. Дефектоскоп предназначен для визуального осмотра внутренних поверхностей полых объектов. Прибор позволяет выявлять разнообразные дефекты проточной части ГТД, цилиндров поршневых двигателей, трубопроводов, баков, баллонов и других деталей и узлов в лабораторных и цеховых условиях.

Параметры объективов видеоскопа

угол поля зрения при фокусировке на бесконечность	90°
фокусное расстояние	2,95 мм
относительное отверстие	1/3,9
глубина изображаемого пространства при фокусировке на бесконечность, мм	(80+∞)

Условия применения

Видеоскоп предназначен для использования при следующих параметрах окружающей среды и среды обследования:

Рабочая часть видеоэндоскопа

рабочая температура в воздухе

(-10 + +80) °С

диапазон давлений в воздухе

(1 + 1,3) атм

рабочая часть устойчива к воздействию:

воды; 5% раствора NaCl в

воде

Корпус видеоэндоскопа

рабочая температура в воздухе

(-10 + +50) °С

диапазон давлений в воздухе

(1 + 1,1) атм

устойчивость к воде

допустимо использование

при попадании брызг и капель воды

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Не допускайте применения видеоэндоскопа для обследования людей или животных!

Не допускайте применения видеоэндоскопа для обследования оборудования, находящегося под напряжением!

Не допускайте применения видеоэндоскопа в работающих машинах или механизмах!

Не допускайте крутых (по радиусу менее 50 мм) перегибов рабочей части и световода видеоэндоскопа!



При подготовке к работе, а также при работе соблюдайте следующие правила:

Не пережимайте (рис. 2.1а) рабочую часть как во время работы, так и во время хранения!

Не наступайте (рис. 2.1б) на рабочую часть!

Не допускайте ударов (рис. 2.1 в) управляемой частью по твердым предметам!

Не роняйте (рис. 2.1 г) видеоэндоскоп или его части и компоненты!

Не скручивайте и не перегибайте (рис. 2.1 д) рабочую часть по радиусу менее 50 мм!

Не погружайте корпус видеоэндоскопа в воду, а также не мойте его (рис. 2.1 е) под струей воды!

Не применяйте чрезмерных усилий в процессе работы как при вводе, так и при извлечении рабочей части!

Не распрямляйте управляемую часть руками.!

Не допускайте резких движений: при вводе или извлечении рабочей части видеоэндоскопа при перемещении рычагов управления; при укладывании видеоэндоскопа в футляр!

Не направляйте световой поток от осветителя в глаза. Вы можете их повредить!

Конструкция и принцип работы. Гибкий управляемый видеоэндоскоп цветного изображения ЗД4-8 фирмы Интек в комплекте с видеомонитором, блоком питания и осветителем предназначен для обзора внутреннего пространства объектов различного

назначения: зданий, складских помещений, комнат, контейнеров, котлов, цистерн, труб, двигателей, коробок передач и других трудно доступных полостей и пространств.

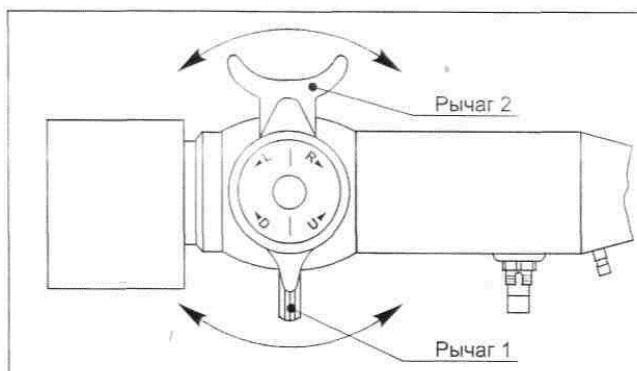


Рисунок 4 - Рычаги управления («Нейтральное» положение)

Для предупреждения травм во время работы, а также для избежания повреждений видеоскопа следует тщательно ознакомиться с инструкцией по использованию видеоскопа, с инструкцией по использованию видеомонитора, блока питания и осветителя (в комплект видеоскопа ВД4-8 не входят), а также соблюдать перечисленные ниже ограничения по применению.

Кабель коммутационный

Кабель коммутационный, см. рис. 2.2, используют для передачи видеосигнала от видеоскопа к видеомонитору, а также для подвода напряжения питания 12 В от блока питания к видеоскопу. Кабель коммутационный подключают к видеоскопу через разъем на корпусе, а также через соответствующие разъемы к видеомонитору и к блоку питания.

Световод видеоскопа

Световод видеоскопа состоит из кабеля и штекера. Кабель световода защищен от механических повреждений наружной коррозионно-стойкой витой оболочкой. Не допускайте чрезмерных (по радиусу менее 50 мм) перегибов и скручиваний кабеля.

Штекер

Ручка штекера выполнена пластмассовой, что обеспечивает его теплоизоляцию и защиту оператора от ожога. Вставлять штекер в гнездо осветителя и вынимать штекер следует только за ручку штекера! Это позволит избежать травм из-за ожога и предохранит кабель от повреждений.

Коннектор заземления

Коннектор заземления предназначен для заземления видеоскопа непосредственно на досматриваемый объект, что обеспечивает возврат накапливаемого статического электричества на корпусные детали и устраняет возможность воспламенения горючих газов в результате разряда статического электричества.

Проверка освещённости контролируемой поверхности.

Перед началом проведения работ проводят проверку освещённости контролируемой поверхности, создаваемую дефектоскопом с штатным источником света.

Для этого:

1. Установить подготовленный к работе дефектоскоп на штатив.
2. Подать питание на источник света и переключить его на максимальный световой поток.
3. Установить на расстоянии 100 мм от объектива дефектоскопа датчик люксметра (Ю-16) и по соответствующей шкале прибора определить величину освещённости. При освещённости менее 5000 люкс произвести замену лампы или регулировку зеркала в источнике света.

Проверка разрешающей способности эндоскопа.

Разрешающую способность эндоскопа определяют с целью установления минимальных размеров объекта, при которых он может быть выявлен в заданных условиях проведения контроля. Работу ведут с использованием клинового эталона или штриховой миры.

Клиновой эталон изготовлен из двух стальных пластин, между которыми с одной стороны зажата металлическая прокладка известной толщины. Образующийся клиновой зазор между пластинами позволяет определить минимальную ширину зазора (трещины) видимой через эндоскоп, т.е. его разрешающую способность.

На штриховой мире (стеклянной пластинке) нанесена сетка линий (штрихов) с определённой плотностью (5штр./мм, 10штр./мм и т.д.), которая позволяет оценить разрешение эндоскопа без проведения расчётов.

Порядок определения разрешающей способности эндоскопа :

1. Подготовленный к работе эндоскоп установить на штатив.
2. Перед объективом дефектоскопа на расстоянии 100 мм установить штатив с клиновым эталоном или штриховой мирой.
3. Подать питание на источник света и переключить его на максимальный световой поток.
4. После фокусировки дефектоскопа по видимому изображению клинового эталона (штрихов миры) определить разрешение дефектоскопа (в мм или штр./мм).
5. Разрешение дефектоскопа $C_{мин}$ при использовании клинового эталона расчёт ведут по формуле:

$$C_{мин} = l b / L,$$

где b — ширина основания клина, мм (толщина прокладки);

l — длина невидимой части клина, мм;

L — общая длина клина, мм.

Разрешение дефектоскопа должно быть не менее 0,2 мм или 5 штр./мм.

В случае недостаточной разрешающей способности прибора произвести очистку объектива и окуляра мягкой кистью и повторить проверку.

Порядок проведения осмотра.

1. Ввести объективную часть дефектоскопа в полость объекта в соответствии со схемой осмотра.
2. Вращая кольцо настройки окуляра, получить четкое изображение структуры оптического жгута.
3. Вращая кольцо настройки объектива, получить четкое изображение осматриваемой поверхности.
4. Вращая ручку отклонения объективной части и поворачивая корпус дефектоскопа вокруг оси, провести осмотр контролируемой поверхности объекта.

1.4. Общие рекомендации по проведению оптического контроля

Авиационные конструкции обычно имеют ограниченный обзор и в большинстве случаев находятся в положении неудобном для непосредственного осмотра. В связи с этим для осмотра используют оптические приборы, обеспечивающие подход к контролируемой поверхности и необходимое увеличение изображения дефекта. Подход к контролируемой поверхности обычно обеспечивается через небольшие отверстия (лючки), позволяющие осмотреть объект с заданного направления и с необходимым увеличением.

В постоянных проверках особенно нуждаются детали и узлы проточной части ГТД, многие из которых могут быть осмотрены только с помощью эндоскопа.

Наглядным примером эффективности эндоскопического контроля может служить жаровая труба камеры сгорания ГТД, так как возникающие здесь трещины и прогары часто приводят к отказам двигателя в полете. Своевременный эндоскопический контроль камеры сгорания позволяет выявлять повреждения на ранних стадиях развития и тем самым предупреждать опасные отказы двигателя. Контроль проводят с помощью «гибких» и «жестких» эндоскопов. Однако эндоскопический контроль проточной части с помощью «жестких» эндоскопов возможен лишь в тех случаях, когда на двигателе предусмотрены специальные отверстия (лючки), служащие для проведения осмотров.

Сегодня наметилась перспектива применения для целей осмотра проточной части ГТД видеосистем, которые заменят все типы оптических эндоскопов и позволят существенно повысить производительность и надёжность контроля. По мере совершенствования видеосистем их будут использовать для осмотра камеры сгорания и на работающем двигателе при температуре более 1200°С.

Повышение эффективности оптического контроля базируется на тесном сотрудничестве создателей АТ и оптических приборов. Уже на стадии проектирования конструкций должны быть предусмотрены специальные нормированные отверстия (лючки), через которые можно ввести оптический прибор и тем самым обеспечить контроль критических элементов конструкции. При решении этой задачи учитывают характер ожидаемых дефектов, условия проведения осмотров, технические возможности оптических приборов и имеющийся опыт их применения.

Методика оптико-визуального контроля ГТД имеет ряд специфических особенностей. Так, лопатки первой ступени ротора компрессора обычно осматривают со стороны входного канала двигателя, а лопатки последних ступеней турбины со стороны реактивной трубы. Осмотр проводят с применением телескопических луп, биноклей и эндоскопов. При осмотре выявляют риски, забоины, следы коррозии, трещины, деформации кромок пера и другие дефекты лопаток. Осмотр лопаток последующих ступеней компрессора и турбины проводят с помощью эндоскопов через специальные смотровые окна, а также через отверстия под болты крепления лопаток сопловых аппаратов. В проведении осмотра обычно участвуют два оператора: один проводит осмотр лопаток, а другой по его команде проворачивает ротор двигателя. Мелкие усталостные трещины на кромках лопаток при осмотре, как правило, не выявляются из-за наличия загрязнений, следов поверхностной коррозии, а также в силу их низкого контраста и малых размеров.

Дефекты камеры сгорания обычно выявляют с использованием «гибких» эндоскопов, которые вводят во внутреннюю полость жаровой трубы через отверстия в камере сгорания, которые открываются после демонтажа пусковых форсунок (рисунок 5).

При осмотре камер сгорания удается обнаружить трещины, прогары и разрушения элементов жаровой трубы, оплавления и разрушения термопар, рабочих форсунок, лопаток сопловых аппаратов и другие дефекты.

Эндоскопы применяют и при осмотре цилиндров поршневых двигателей. Осмотр проводят через отверстия в головке цилиндра после демонтажа свечей зажигания (рисунок 6). При осмотре выявляют риски и следы коррозии на зеркале цилиндра, забоины и коксообразование на головке и клапанах, зависания клапанов, прогары, забоины и коксообразование на днище поршня и т.д.

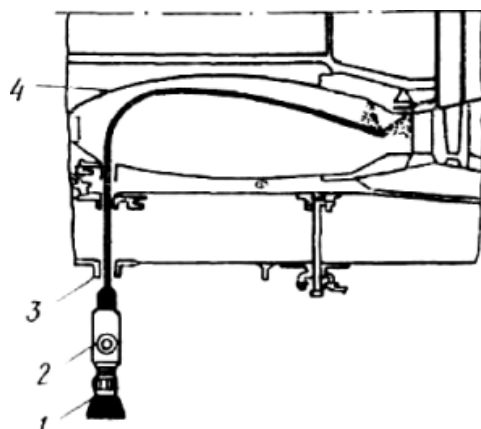


Рисунок 5 - Схема осмотра камеры сгорания ГТД: 1 – эндоскоп; 2 – ручка управления объективной частью; 3 – фланец крепления пусковой форсунки; 4 – жаровая труба; 5 – термопары

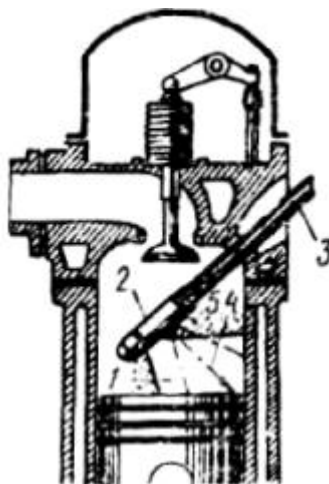


Рисунок 6 - Схема осмотра камеры сгорания поршневого двигателя:
1- днище поршня; 2, 3 – оптическая часть «жесткого» эндоскопа; 4,5 - направления осмотра

При использовании эндоскопов переменного увеличения осмотр контролируемой поверхности обычно начинают с малых увеличений (с больших расстояний), что облегчает фокусировку изображения, выбор способа освещения поверхности, расширяет поле зрения. При этом могут быть выявлены и относительно крупные дефекты (прогары, обрывы болтов и лопаток; следы коррозии и т.д.).

При необходимости осмотр отдельных участков проводят при больших увеличениях, (на малых расстояниях), позволяющих выявить достаточно мелкие дефекты (трещины, риски, забоины), имеющие размеры более 0,1мм.

На качество оптического контроля большое влияние оказывают условия освещения контролируемой поверхности (угол падения света, освещенность, спектральный состав света и т.д.). Так, при прямом освещении риски и забоины отражают свет и поэтому плохо выявляются при осмотре, в то же время трещины, практически не отражающие свет выявляются наиболее надежно. Боковое и наклонное освещение подчеркивает рельеф поверхности, что объясняется появлением теней от неровностей. При наклонном способе освещения легко обнаружить риски, забоины, заусенцы и другие дефекты, связанные с

изменением микрорельефа поверхности. Освещенность контролируемой поверхности в зоне осмотра должна быть не ниже 1000 люкс.

2. Практическая часть

В ходе выполнения лабораторной работы решают следующие задачи:

1. Разработка методики оптического контроля заданного объекта.
2. Проведение оптического контроля заданного объекта.

2.1. Разработка методики оптического контроля

На сегодняшний день накоплен достаточно большой опыт применения визуально – оптического метода для целей эксплуатационного контроля АТ. Несмотря на это, в каждом конкретном случае необходимо составить рабочую методику проведения оптического контроля. Она учитывает особенности конструкции объекта, характер ожидаемых дефектов, условия проведения работ, технические возможности приборов и другие факторы, влияющие на эффективность контроля.

Методику оптического контроля разрабатывают в следующей последовательности:

1. Установить наименование и условия работы контролируемого объекта.
2. Установить критические элементы конструкции объекта, вид и размеры ожидаемых дефектов.
3. Установить места ввода объективной части эндоскопа в конструкцию объекта для проведения осмотра, необходимость демонтажа отдельных элементов конструкции для обеспечения подхода к месту контроля.
4. Выбрать тип эндоскопа, который обеспечивает охват контролем критических элементов конструкции объекта и необходимую чувствительность контроля (расстояние от объектива до контролируемой поверхности).
5. Составить схему проведения осмотра с указанием направлений проведения осмотра критических элементов, способов оценки размеров повреждений

2.2. Поведение оптического контроля

Контроль заданного объекта проводят в соответствии с разработанной методикой и общими рекомендациями по применению визуально - оптического метода.

Контрольные вопросы

1. Какие оптические явления положены в основу оптического контроля?
2. Какие факторы влияют на разрешающую способность (чувствительность) оптического контроля?
3. Какие преимущества и недостатки имеют «жесткие» и «гибкие» эндоскопы?
4. Каким образом освещаются контролируемые поверхности при использовании эндоскопов?

Содержание отчёта

1. Краткие сведения о визуально-оптическом методе контроля АТ.
2. Основные технические данные оптического дефектоскопа ОД-20Э.
3. Рабочая методика оптического контроля заданного объекта.
4. Заключение о «годности» к эксплуатации заданного объекта с 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.