

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. ГУБКИНА  
Кафедра сварки и мониторинга нефтегазовых сооружений

**А.А. АНТОНОВ**

**Визуальный и измерительный контроль  
(ВИК)**

*Методические указания к лабораторной работе*

**Москва 2016**

## **1. Цель лабораторной работы**

1. Изучить возможности методов ВИК сварных соединений.
2. Ознакомиться с основными инструментами, рекомендованными к применению при проведении ВИК.

## **2. Теоретические основы**

Среди всех методов контроля особое место занимает ***Визуальный и Измерительный контроль (ВИК)***.

Данный метод контроля основан, в первую очередь, на возможностях человеческого организма. В первую очередь – на возможностях зрения. Т.е. объект контроля исследуется в видимом излучении (рисунок 3.1).

Это единственный вид НК, который может выполняться без какого-либо дорогостоящего и сложного оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств.

С помощью визуального контроля можно обнаруживать отклонения формы деталей и изделий, изъяны материала и обработки поверхности, а также другие дефекты: остаточную деформацию, поверхностную пористость, крупные трещины, подрезы, риски, задиры, эрозионные и коррозионные поражения, следы наклепа и др. Визуально определяют состояние защитных покрытий, контролируют качество изделий по их цвету и осуществляют другие контрольные функции.

Оптические приборы позволяют намного расширить пределы естественных возможностей глаза. Вследствие преломления лучей в оптической системе приборов увеличивается угловой размер рассматриваемого объекта. Острота зрения и разрешающая способность глаза увеличиваются примерно во столько раз, во сколько увеличивает оптический прибор. Это позволяет видеть мелкие объекты, размеры которых находятся за пределами границы видимости невооруженного глаза, а также мелкие детали видимых невооруженным глазом объектов. При этом облегчается анализ их природы и вида.

Оптические приборы-эндоскопы позволяют осматривать детали и поверхности элементов конструкций, скрытые близлежащими деталями и не

доступные прямому наблюдению, контролировать состояние внутренней поверхности различных закрытых конструкций.

Визуальный контроль с применением оптических приборов называют визуально-оптическим. Он предназначен для обнаружения различных поверхностных дефектов материала деталей, скрытых дефектов агрегатов, контроля закрытых конструкций, труднодоступных мест механизмов и машин (при наличии каналов для доступа приборов к контролируемым объектам). Контроль проводится путем наблюдения деталей и изделий в видимом свете. При контроле используются оптические приборы, создающие полное изображение проверяемой зоны, ее видимую картину.

Визуально-оптический контроль так же, как и визуальный осмотр, - наиболее доступный и простой метод обнаружения поверхностных дефектов деталей. Оптические средства контроля используют на различных стадиях изготовления изделий, деталей и конструкций, а также в процессе регламентных работ и осмотров, проводимых при эксплуатации техники и ее ремонте.

Основные преимущества данного метода - простота контроля, несложное оборудование, сравнительно малая трудоемкость; недостатки - невысокие достоверность и чувствительность. Поэтому визуально оптический контроль применяют в следующих случаях:

- для поиска поверхностных дефектов (трещин, коррозионных и эрозийных повреждений, забоин, язв, открытых раковин, пор и др.) при визуально-оптическом контроле деталей;
- обнаружения крупных трещин, мест разрушения элементов конструкций, остаточной деформации скрытых или удаленных элементов конструкций, течей, загрязнений, а также различных посторонних предметов внутри закрытых конструкций;
- анализа характера и определения типа поверхностных дефектов, обнаруженных при контроле деталей каким-либо методом дефектоскопии (ультразвуковым, токовихревым, цветным и др.).

В связи с тем, что с возрастанием увеличения оптических приборов существенно сокращается поле зрения и глубина резкости, снижаются

производительность и надежность контроля, для осмотра деталей в основном применяют оптические приборы с увеличением не более 20-30 крат.

Дефекты даже относительно больших размеров, невидимые невооруженным глазом из-за малого контраста с фоном, при использовании оптических приборов, как правило, не обнаруживаются.

ВИК позволяет обнаруживать поверхностные дефекты размером более 0,5мм. Применение увеличительных средств позволяет несколько уменьшить этот показатель.

Визуально-измерительный контроль нормируется Инструкцией по визуальному и измерительному контролю» РД 03-606-03.

ВИК отличается от всех остальных методов НК, кроме прочего, тем, что он применяется практически всегда. Т.е. на всех сварных конструкциях.

## **2.1 Особенности восприятия изображения глазом человека**

### **Видимость объектов**

Под видимостью понимают степень различимости объектов при их наблюдении. Для НК существенное значение имеет видимость близко расположенных объектов, которая зависит от продолжительности рассматривания, а также от следующих основных факторов: контраста, яркости, цвета, угловых размеров объектов, резкости их контуров и условий освещения.

Каждому из указанных свойств соответствует свой абсолютный порог видимости, ниже которого предмет не может быть виден, сколь бы благоприятны ни были условия наблюдения с точки зрения других факторов. Например, при слишком малой яркости или очень малом контрасте предмет нельзя сделать видимым никаким увеличением угловых размеров или продолжительности рассматривания.

Видимость близко расположенных объектов зависит также от положения источников света (при ослепляющем их воздействии видимость снижается) и спектрального состава их излучения. Однако наиболее важными условиями видимости считают контраст и угловые размеры объекта.

Под контрастом понимают свойство объектов выделяться на окружающем фоне благодаря различию их оптических свойств. Различают последовательный и одновременный контрасты. Последовательный контраст заключается в изменении визуальной оценки объекта в зависимости от того, какой свет ранее действовал на тот же участок сетчатки. Явление последовательного контраста должно учитываться при оборудовании рабочих мест, где проводится осмотр деталей и изделий.

Одновременный контраст объясняется различием излучения нескольких видимых одновременно объектов, которые кажутся контролеру находящимися в непосредственном соприкосновении. Способность глаза замечать различие таких объектов называют контрастной чувствительностью зрения. Контрасты, различаемые контролером, разделяют на яркостные и цветовые. В первом случае два излучения производят на глаз впечатления одинаковые по цветности, но разные по яркости. Во втором случае впечатления различаются по цветности. За меру яркостного контраста чаще всего принимают отношение

$$K = \frac{B_o - B_\phi}{B_\phi},$$

где  $B_o$  - яркость рассматриваемого объекта;  $B_\phi$  - яркость окружающего фона. При  $K > 0,5$  контраст считается большим, при  $0,2 < K < 0,5$  - средним, при  $K \leq 0,2$  - малым.

Наиболее отчетливое восприятие изображения возможно при максимальном контрасте между объектом и фоном. При этом сила действия контраста прямо пропорциональна разности коэффициентов отражения поверхностей объекта и фона. Максимального яркостного контраста можно достигнуть при использовании белого и черного цветов, которые имеют соответственно наибольший и наименьший коэффициенты отражения. При солнечном освещении коэффициент отражения составляет 65-80 % - для белого и 3-10 % - для черного цвета; яркостный контраст - 85-95 %.

Сравнение величин контраста между черным и белым, а также хроматическими цветами показывает, что наибольший контраст черного цвета с фоном достигается при желтом и белом цвете последнего. Белый цвет образует наибольший контраст из числа хроматических цветов с красным

цветом. Меньше величина контраста белого с зеленым, еще меньше - белого с синим.

В работе глаза существенную роль играет минимальная величина яркостного контраста, которую контролер еще способен различать. Эта предельно малая величина контраста называется порогом контрастной чувствительности глаза ( $K_{пор}$ ). Порог контрастной чувствительности для большинства людей составляет 0,01-0,02 (т.е. 1-2 %) при наблюдении в дневных условиях объектов с угловыми размерами не менее  $0,5^\circ$  при оптимальных условиях осмотра.

В реальных условиях осмотра, особенно при поиске мелких дефектов на поверхности деталей, пороговый контраст составляет около 0,05 (5 %), иногда больше, что объясняется малой яркостью дефектов, их небольшими угловыми размерами и другими факторами. Пороговое значение контрастной чувствительности увеличивается также при снижении освещенности осматриваемых объектов.

Отношение величины наблюдаемого контраста  $K$  к величине порогового контраста  $K_{пор}$  при данных условиях определяет видимость объекта  $V$ :

$$V = \frac{K}{K_{пор}}$$

При наблюдаемом контрасте 15-20 % и пороговом контрасте 5 % видимость дефектов на поверхности деталей составляет 3-4. Однако при наблюдаемом контрасте, близком к нулю, их видимость также будет близка к нулю. Следовательно, некоторые даже крупные дефекты не могут быть обнаружены глазом из-за малого контраста на поверхности деталей.

### **Временные характеристики зрения**

Время, необходимое для возникновения зрительного ощущения у человека, зависит от яркости объекта и длины волны и в среднем колеблется от 0,025 до 0,1 с. При осмотре цветных объектов скорость возникновения ощущения и его сила возрастают по мере перехода от цветов коротковолнового участка спектра к цветам длинноволнового. С изменением интенсивности освещения порядок нарастания скорости зрительного ощущения различных цветовых тонов не изменяется.

Глаз, как и любая реагирующая система, обладает инерцией. Возникшее световое ощущение исчезает не сразу. Поэтому быстро движущаяся точка представляется в виде светящейся линии, а мелькающий свет при достаточно высокой частоте не отличим от постоянного. Критическая частота слияния мельканий зависит от амплитуды колебаний (контраста) и обычно не превышает 50 Гц.

Количество информации, которое может быть воспринято зрительной системой человека в единицу времени, ограничено. Это связано с падением разрешающей способности и контрастной чувствительности при уменьшении времени наблюдения и анализа объекта.

При осмотре объекта его детали, привлекающие внимание, поочередно проецируются на центральную ямку сетчатки, обладающую максимальной разрешающей способностью. Глаз в процессе наблюдения то относительно неподвижен, то резким скачком поворачивается на угол до 10-20°. В среднем происходит 2-5 скачков в 1 с. При этом скорость луча зрения, скользящего по детали, достигает 300-400 мм/с. Трещины длиной 2-5 мм при такой скорости осмотра могут быть не обнаружены, так как продолжительность их осмотра мала (0,005-0,01 с), и зрительное ощущение не успеет сформироваться. Эти ограничения должны учитываться при контроле деталей способами визуального наблюдения.

## **2.2 Приборы для обнаружения и контроля мелких близкорасположенных объектов**

Комплект оборудования для ВИК (рисунок 1) может включать в себя (например):



Рисунок 1 – Стандартный комплект ВИК

- Нормативный документ РД 03-606-03;
- Фонарик карманный;
- Маркер по металлу;
- Лупа с подсветкой;
- Рулетка измерительная 200 см;
- Линейка измерительная 30 см;
- Штангенциркуль;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-2;
- Универсальный шаблон сварщика УШС-3;
- Угольник поверочный;
- Набор щупов № 4 Кл. (0,1 - 1,0 мм);
- Набор радиусов №1 (1-6 мм);
- Набор радиусов № 3 (7 - 25 мм);
- Сумка упаковочная.

**Лупы и микроскопы.** Для контроля близко расположенных деталей (находящихся на расстоянии не более 250 мм от глаз контролера) используют лупы и микроскопы различного типа.



Лупы и микроскопы позволяют обнаруживать трещины различного происхождения, поверхностные коррозионные и эрозионные повреждения, забоины, открытые раковины, язвы, поры, выкрашивание материала деталей, риски, надирь трущихся поверхностей и другие поверхностные дефекты деталей, а также различные дефекты лакокрасочных и гальванических покрытий. При анализе характера дефектов эти приборы позволяют отличать усталостные трещины от хрупких, трещины - от рисок, примятых заусенцев, сколов окисной пленки, нитевидных загрязнений (волокон ветоши, щетины от кистей) и т.д.

Обычно осмотр деталей проводят с помощью луп с фокусным расстоянием от 125 до 12,5 мм и увеличением соответственно от 2 до 20х. Из-за существенного снижения поля зрения и глубины резкости при больших увеличениях для осмотра деталей в цеховых условиях в основном применяют микроскопы с увеличением от 8 до 40-50х.

Увеличение изображения микроскопом, используемым для осмотра деталей, несколько превышает увеличение лупой. Однако, даже при использовании микроскопа и лупы с равным увеличением, эффективность применения микроскопа из-за высокого качества изображения и надежного обнаружения дефектов выше. Применяемые для контроля деталей микроскопы дают прямое стереоскопическое изображение контролируемой поверхности, что облегчает поиск дефектов. Область применения микроскопов ограничена, как правило, заводскими условиями.

Достоинством микроскопов является их относительно большое рабочее расстояние, позволяющее использовать их для осмотра различных углублений и пазов на деталях. Например, рабочее расстояние лупы 20х составляет 10 мм, а микроскопа МБС-02 (рисунок 2) - 64 мм при любом увеличении.



Рисунок 2 – Микроскоп МБС-02

*Универсальные шаблоны сварщика.* Простейшие устройства, предназначенные для контроля внешних характеристик сварного соединения.

**УШС-2** предназначен для контроля катетов угловых швов в диапазоне 4-14мм (рисунок 3). Контроль проводится ступенчатым методом определения до минимального зазора.

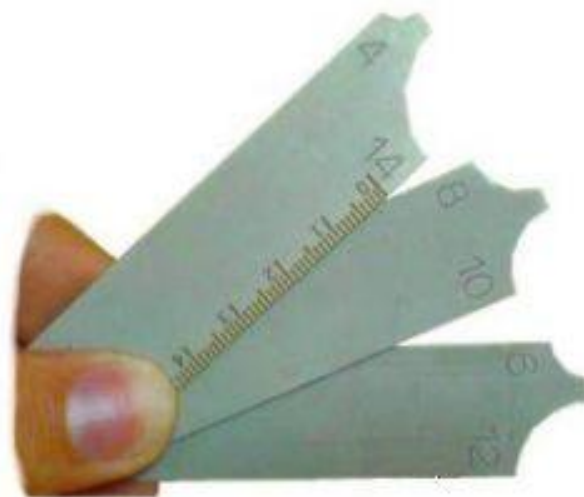


Рисунок 3 – УШС-2

УШС-2 состоит из 3-х лепестков и 1 соединительного кольца. Каждый из лепестков имеет точно выполненные выточки определенного катета. Для

удобства контроля рядом с каждой выточкой выбит размер соответствующего радиусу катета шва. Контроль катета сварного шва производится путем последовательного соприкосновения (подбора) лепестков с соединенными сваркой деталями. Размер считается установленным, если длинная сторона лепестка и перемычка между катетами лепестка прилегают к деталям без видимого зазора, а зазор между дугами лепестка и шва является минимальным. При несовпадении ни с одной ступенью размеров в указанном диапазоне значение катета определяется эмпирическим путем.

**УШС-3** предназначен для измерения контролируемых параметров труб, контроля качества сборки стыков соединений труб, а также для измерения параметров сварного шва при его контроле (рисунок 4).

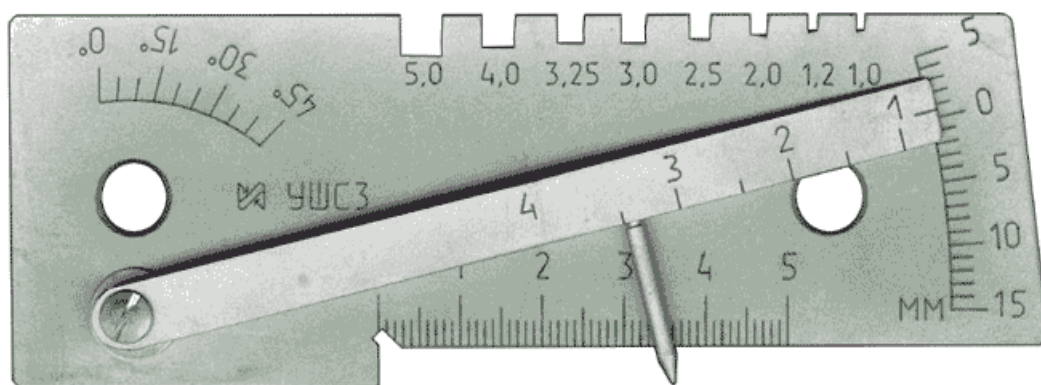


Рисунок 4 – УШС-3

Шаблон УШС-3 состоит из основания 1, соединенного осью 4 с движком 2 и закрепленного на движке указателем 3 (рисунок 5).

Контроль производится следующим образом:

1. Контроль **глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоту усиления шва** производят при установке шаблона поверхностью **А** (рисунок 5) на изделие, затем поворотом движка 2 вокруг оси 4 ввести указатель 3 в соприкосновение с измеряемой поверхностью. Результат считывается против риски **К** по шкале **Г** (рисунок 5).

2. Контроль **зазора** производится введением движка 2 его клиновой частью в контролируемый зазор. По шкале **И** (рисунок 5), нанесенной на движке, считывается результат.

3. Контроль **притупления шва**, ширины шва производить при помощи шкалы **Е** (рисунок 3.6) , пользуясь ею как измерительной линейкой.

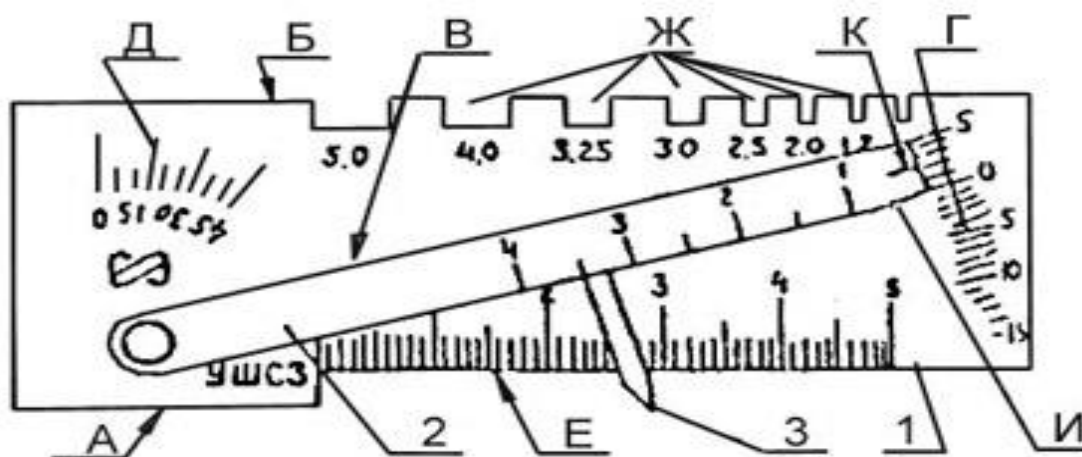


Рисунок 5 – Основные измерительные элементы УШС-3

4. Контроль **углов скоса кромок** производится при установке шаблона поверхностью **Б** на образующую изделия. Затем, поворотом движка 2 совместить без зазора его поверхность **В** с измеряемой поверхностью. Результат считывается по шкале **Д** против поверхности движка **В** (рисунок 5).

5. Определение **диаметров проволоки** производится с помощью пазов **Ж** (рисунок 5).

Кроме указанных выше существует большое количество других шаблонов. Принцип их применения аналогичен применению шаблонов УШС-2 и УШС-3. Например, шаблон Красовского (рисунок 6).



Рисунок 6 – Шаблон Красовского

Шаблон Красовского служит для контроля тавровых и нахлесточных сварных соединений, стыковых сварных соединений, измерения зазора между кромками. Схемы его применения приведены на рисунке 7.

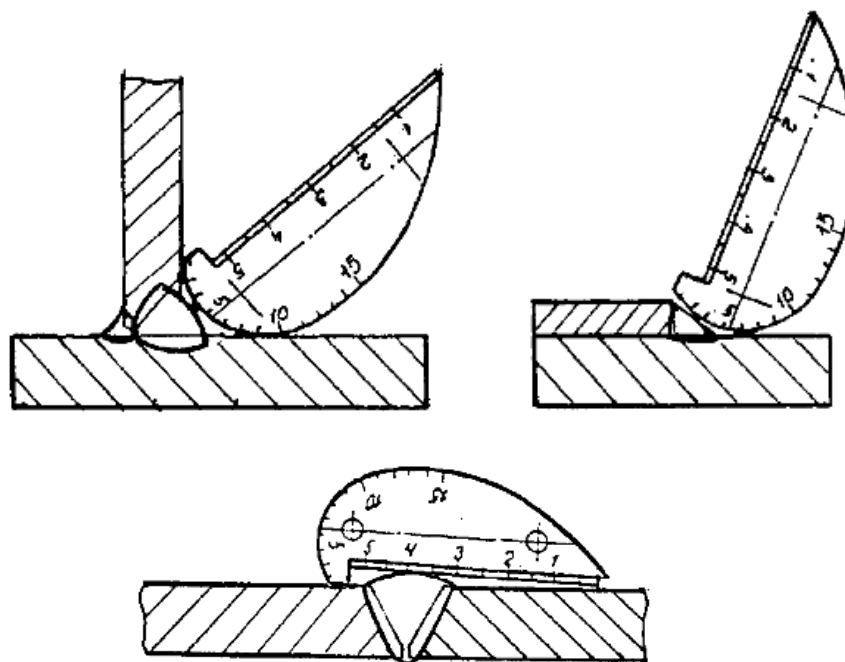


Рисунок 7 – Схемы применения шаблона Красовского

*Инструменты, позволяющие провести измерение отдельных параметров сварного соединения.* Устройство штангенциркуля должно быть известно читателям настоящего пособия. Механический штангенинструмент представляет собой две измерительные поверхности, между которыми устанавливается размер, одна из которых составляет единое целое с линейкой (штангой), а другая соединена сдвигающейся по линейке рамкой. На линейке находится через 1 мм деления, на рамке устанавливается или гравировается нониус. Наиболее распространенный штангенинструмент - штангенциркуль. Внешний вид различных штангенциркулей представлен на рисунке 8.

К этому же виду инструментов можно отнести и шаблон Ушерова-Маршака (рисунок 9), предназначенный для измерения скоса кромок при

подготовке свариваемых соединений деталей, измерения высоты катета углового шва, измерения высоты валика усиления, измерения выпуклости корня шва стыкового сварного соединения, измерения зазора в соединении при подготовке деталей к сварке.

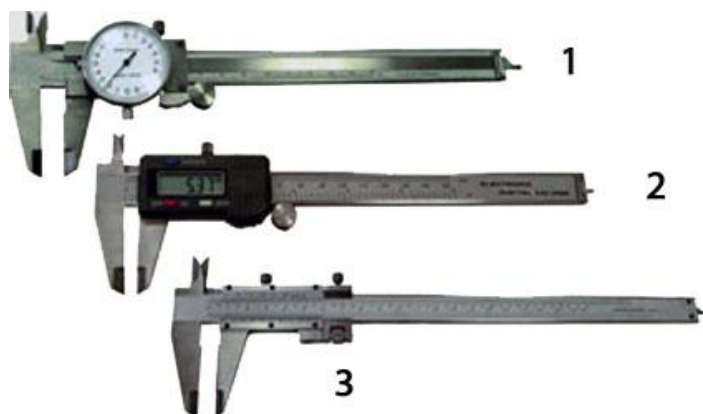


Рисунок 8 – Виды штангенциркулей

1 – с круговым индикатором; 2 – электронный; 3 – механический с нониусом

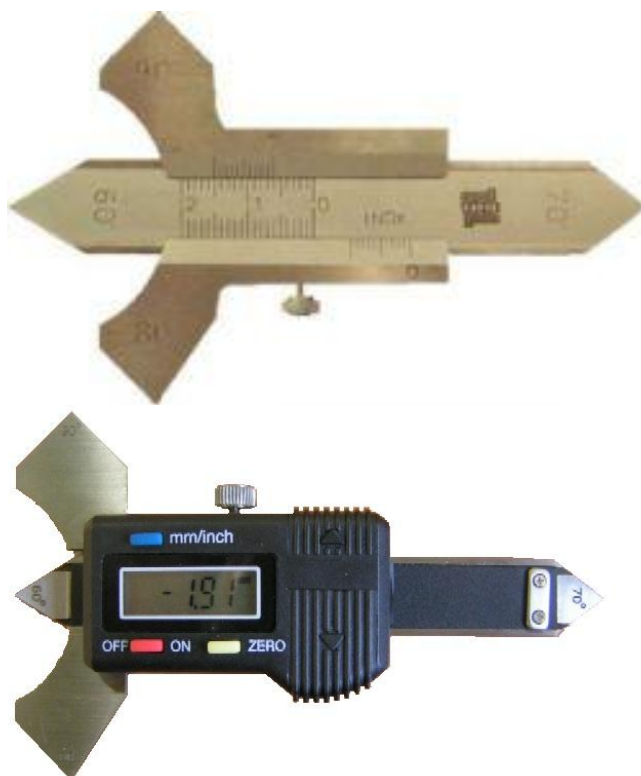


Рисунок 9 – Разные виды шаблона Ушерова-Маршака

Схемы применения шаблона Ушерава-Маршака представлены на рисунке 10.

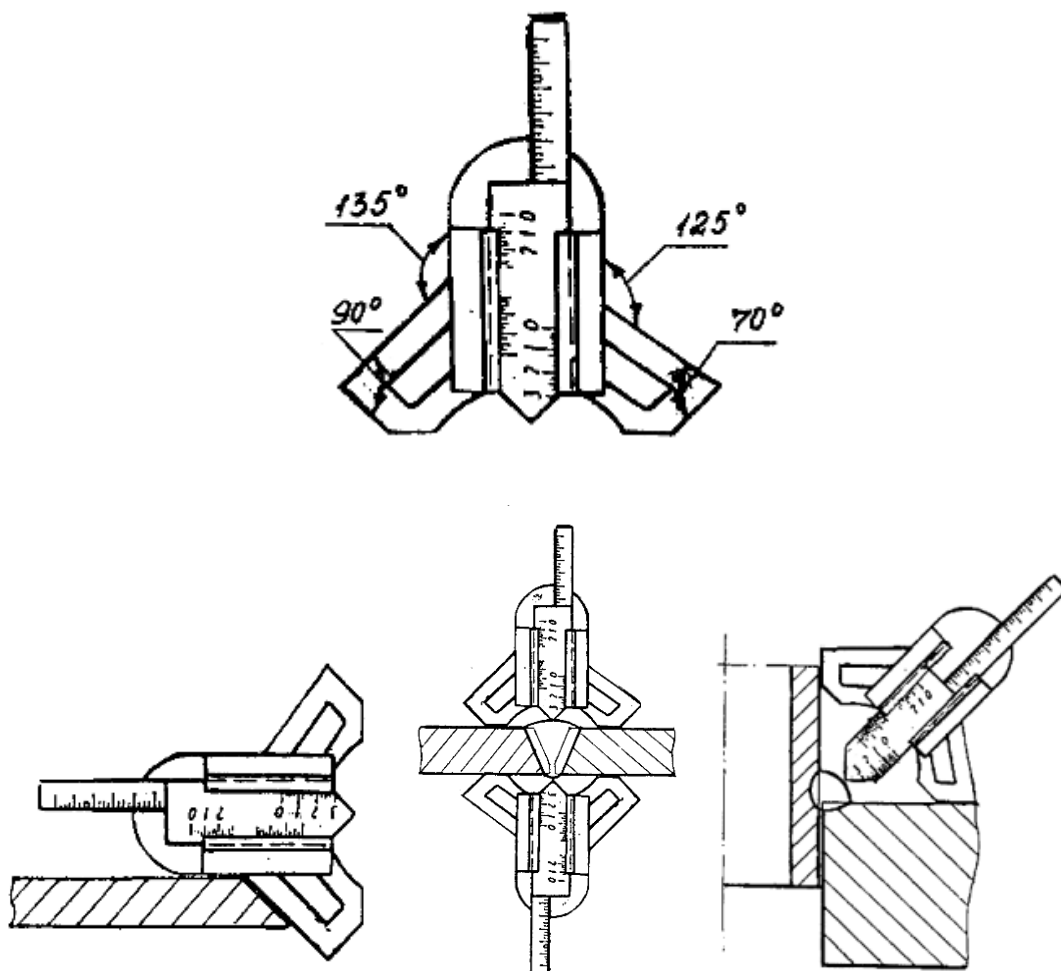


Рисунок 10 – Применение шаблона Ушерава-Маршака

При проведении измерений допустимая погрешность должна быть в диапазоне, указанном в таблице 1.

Таблица 1 - Допустимая погрешность измерений при измерительном контроле

Диапазон измеряемой величины, мм	Погрешность измерений, мм
До 0,5 включительно	0,1
Свыше 0,5 до 1,0 включительно	0,2
Свыше 1,0 до 1,5 включительно	0,3
Свыше 1,5 до 2,5 включительно	0,4
Свыше 2,5 до 4,0 включительно	0,5
Свыше 0,4 до 6,0 включительно	0,6
Свыше 6,0 до 10,0 включительно	0,8
Свыше 10,0	1,0

Для расширения возможностей метода НК ВИК все чаще находят применение различные эндоскопы – смотровые приборы, построенные на базе волоконной или линзовой оптики и современные видеоэндоскопы (рисунок 11), имеющие на торце щупа микровидеокамеру с подсветкой.



Рисунок 11 – Современный видеоэндоскоп

Применение различных эндоскопов позволяет увидеть те области конструкции, узлов и деталей машин, которые невозможно увидеть человеческим глазом из-за невозможности проникновения к данной области.

ВИК, по определению, предусматривает ручные технологии контроля. В последнее время на рынке стало появляться оборудование, позволяющее автоматизировать процесс контроля, снизить влияние человеческого фактора. Одним из таких устройств является система для контроля сварного шва, представленная на рисунке 12.

Система снабжена лазерным сканером и камерой высокого разрешения, позволяющим получать качественное трехмерное изображение шва. После создания трехмерной цифровой модели сварного шва производится автоматическое сравнение со встроенными шаблонами, основанными на конкретных нормативных документах. Признание сварного шва годным к эксплуатации происходит в режиме реального времени.



На экране устройства отображается как фотография сварного шва, так и разнообразная информация, позволяющая классифицировать сварной шов, определить вид и геометрические параметры дефекта, сделать вывод о допустимости к эксплуатации изделия с данным дефектом (рисунок 13).



Рисунок 12 – Лазерный сканер для контроля сварных швов



Рисунок 13 – Информация, отображаемая на экране лазерного сканера

## **2.3 Основные нормативные документы, регламентирующие применение ВИК**

Основным нормативным документом, регламентирующим применение ВИК является Инструкция по визуальному и измерительному контролю РД 03-606-03. Данная Инструкция признается и применяется практически во всех отраслях народного хозяйства.

### **3. Порядок выполнения лабораторной работы**

#### **3.1 Оборудование и материалы**

Для проведения лабораторной работы требуются наборы для ВИК и образцы со сварными швами, включая образцы с поверхностными дефектами с линейными размерами не менее 0,5мм.

Дополнительно необходима ветошь и очистители для подготовки образцов к контролю.

#### **3.2 Выполнение лабораторной работы**

- Изучить состав стандартного набора для ВИК.
- Записать в Отчет по лабораторной работе состав стандартного набора ВИК и предназначение каждой единицы набора.
- Рассмотреть выданные для проведения контроля образцы и, при необходимости, провести работы по очистке их поверхности.
- Зарисовать в бланке Заключения (Приложение 1) схему образца (возможно, его развертку, и иные виды отдельных элементов образца, необходимые для полного понимания мест обнаружения и типов дефектов).
- Выбрать необходимые инструменты и изучить образец.
- Все результаты осмотра, измерений и т.п. отразить в Заключении.
- Классифицировать все обнаруженные дефекты.
- В Отчете ответить на контрольные вопросы.

### **4. Контрольные вопросы**

Информация, которая необходима для ответа на вопросы, содержится в лекциях, учебных пособиях и методических указаниях к данной работе.

1. Какое из утверждений правильно:

- ВИК – это дорогостоящий, сложный метод контроля, позволяющий обнаруживать практически все дефекты сварного соединения;

- ВИК – это дорогостоящий метод контроля, позволяющий за короткий период времени обнаружить большинство дефектов в сварном соединении;

- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, позволяющий обнаруживать практически все дефекты сварного соединения;

- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, позволяющий обнаружить все поверхностные дефекты сварного соединения;

- ВИК – это дешевый, оперативный метод контроля, который позволяет обнаружить только относительно крупные поверхностные дефекты.

2. Дать определение видимости объекта.
3. Какое минимальное время необходимо для возникновения зрительного ощущения у человека?
4. Можно ли с помощью УШС-3 измерить ширину сварного шва?
5. Зачем в стандартном наборе для ВИК батарейки?
6. Каким инструментом можно измерить угол скоса кромки?
7. Каким нормативным документом регламентируется применение ВИК?

Приложение 1

Заключение по результатам визуального и измерительного контроля

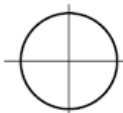
Наименование лаборатории НК
Свидетельство об аттестации №

Наименование объекта
Уровень качества
Название трассы
Участок трубопровода, километраж
Наименование организации Подрядчика
Наименование организации Заказчика

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № \_\_\_\_\_  
от \_\_\_\_\_ 200\_\_ года  
по контролю качества сварных соединений визуальным и измерительным методом

№ технологической карты по контролю

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

№ п/п	Номер сварного соединения по журналу сварки	Диаметр и толщина стенки трубы, мм	Шифр бригады или клеймо сварщика	Средства контроля	Описание выявленных дефектов	Схема проконтролированного сварного соединения	ЗАКЛЮЧЕНИЕ (голен, ремонт, вырезать)	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
								

Контроль провел	Ф.И.О.	Уровень квалификации, № удостоверения	Подпись	Дата
Заключение выдал	Ф.И.О.	Уровень квалификации, № удостоверения	Подпись	Дата
Печать (штамп) лаборатории				

## Литература

1. Неразрушающий контроль сварных конструкций в нефтегазовых отраслях: Учебное пособие / А.А. Антонов, Е.М. Вышемирский, О.Е. Капустин, А.К. Прыгаев. – М.: Издательство «Спутник +», 2014. – 238с.
2. Маслов, Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 272с.
3. Каневский, И.Н., Сальникова, Е.Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с.
4. Работоспособность трубопроводов: в 3 ч. / Е.Е. Зорин, Г.А. Ланчаков и др.- М.: Недра-бизнесцентр, 2000. - Ч. 1-3.
5. Горицкий, В.М. Диагностика металлов - М.: Metallurgizdat, 2004.- 402с.
6. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2 т. Т.1/ под ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004.- 478с.