



РУССКАЯ  
ЛАБОРАТОРИЯ

Организация практического обучения  
методам РК на примере методов измерения  
твёрдости портативными твердомерами

Учебный центр

# Русская лаборатория

В цифрах

## 1996

Год основания

## 27 лет

на рынке услуг в области  
промышленной  
безопасности опасных  
производственных  
объектов

## 800 человек

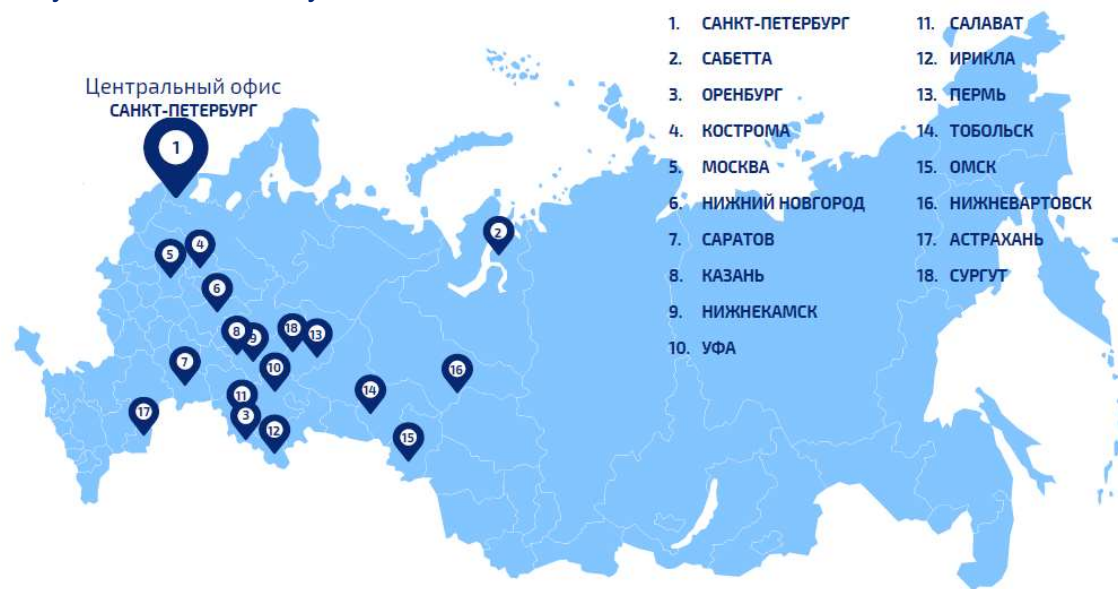
высококвалифицированных  
специалистов, окончивших  
ведущие российские вузы,

## Основные направления деятельности:

- Техническое диагностирование и экспертиза ПБ технических устройств, зданий и сооружений
- Неразрушающий и разрушающий контроль
- Экспертиза ПБ документации
- Разработка и адаптация эксплуатационной документации
- Сертификация ТУ
- Строительный контроль

## 18

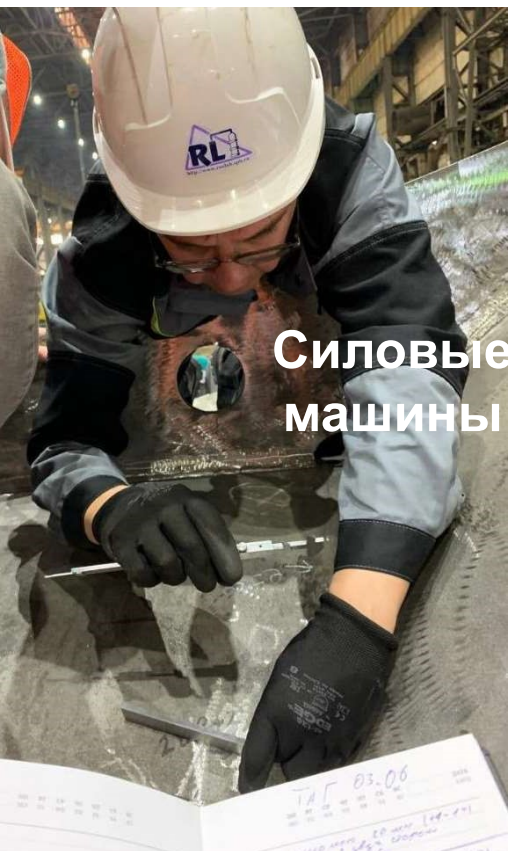
офисов компании в  
России +





# Учебный центр

Производственная **деятельность**



Силовые  
машины



ЛМЗ



Ивановское ПГУ



Интер РАО ЕЭС



ТКЗ

# Учебный центр

Разработка курсов обучения

https://education.ruslab.org/local/crw/?cid=10

РУССКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Вход

RU EN

Курсы > Витрина курсов > Обучение > Неразрушающий контроль

## Неразрушающий контроль

Название курса

Сезон занятий

Уровень образования

Направление

### 4 из 4 курсов

- Визуальный и измерительный контроль - Обучение**  
Неразрушающий контроль  
[Подробнее](#)
- Ультразвуковой контроль**  
Неразрушающий контроль  
[Подробнее](#)
- Капиллярный контроль**  
Неразрушающий контроль  
[Подробнее](#)
- Акустико-эмиссионный метод**  
Неразрушающий контроль  
[Подробнее](#)

Классическое аудиторное обучение



Практика  
на «живом  
металле»



# Измерения твердости

на объекте (безобразцовые испытания)

Измерения твердости переносными твердомерами:

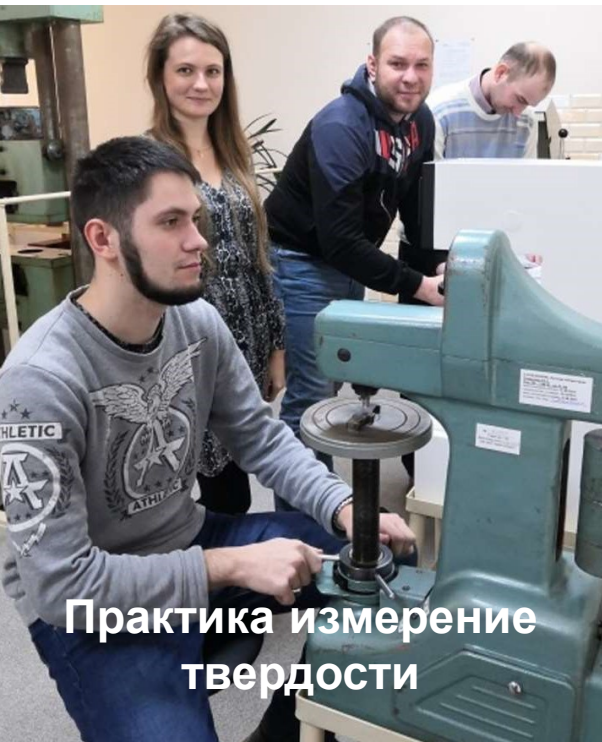
- качество сварочных материалов;
- соблюдении технологии сварки и термообработки;
- выявления снижения прочности;
- предупреждение хрупкого разрушения.



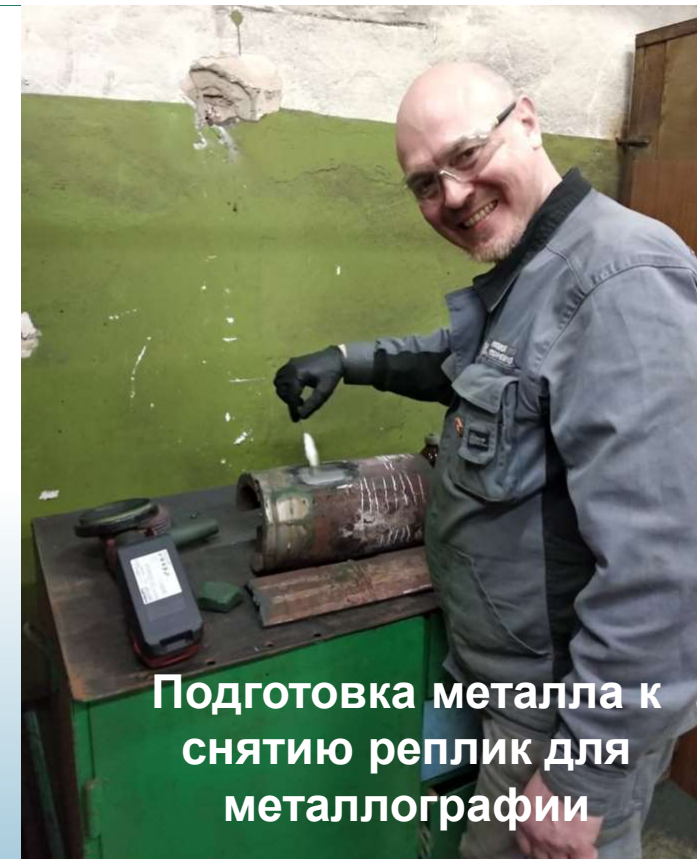
# Лаборатория РИ и Учебный центр в Омске

Основные направления обучения:

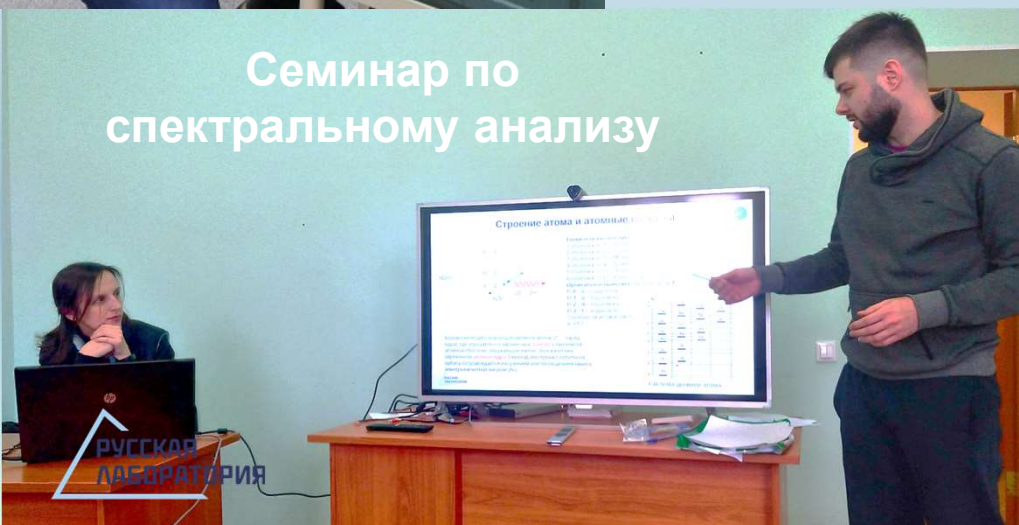
- Обучение методам спектрального анализа
- Обучение методам измерения твердости
- Обучение подготовке металла к снятию реплик и снятию реплик для металлографических исследований



Практика измерение  
твердости



Подготовка металла к  
снятию реплик для  
металлографии



Семинар по  
спектральному анализу



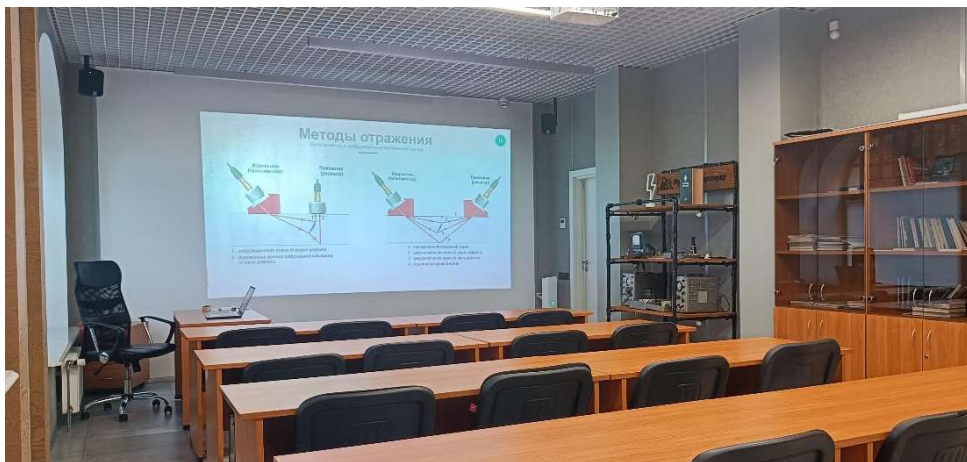
Образцы дефектов металла

ВИДЫ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ



# Учебный центр

## в Санкт-Петербурге



### Класс теории

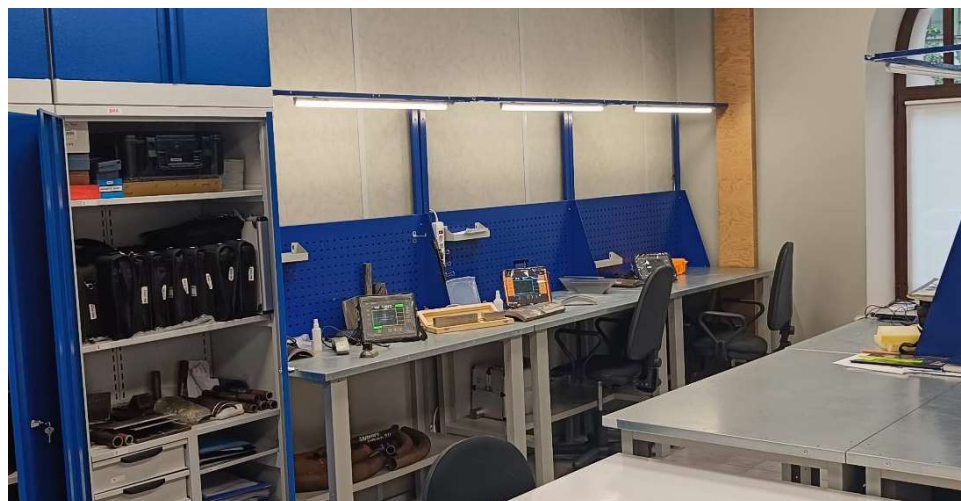
- WiFi проектор и аудиосистема
- Стена – доска
- 16 посадочных мест с проводным и беспроводным интернетом
- Индивидуальные ноутбуки
- НД и литература
- Музей оборудования НК

 **Горьковская**  
СПб, Пушкарский пер. д.9



### Класс практики

- 8 оборудованных рабочих мест
- Оборудование, образцы, материалы для ВИК, УК, УТ, МК, ПВК по количеству обучаемых
- Специальный вытяжной шкаф для МК, ПВК
- Обновляемый парк учебных и экзаменационных образцов



**РУССКАЯ  
ЛАБОРАТОРИЯ**

# к РИ или НК

относить **измерения твердости** портативными твердомерами?

Разъяснений Ростехнадзора от сентября 2015 года:

## Вопрос:

«... к какому из видов работ, ... следует отнести метод измерения твердости металла, основанный на использовании портативных твердомеров, измерение которыми производится на предварительно очищенной поверхности без последующего нарушения пригодности объекта контроля к применению и эксплуатации?»

## Ответ:

«Методы контроля, применение которых... не приводит к нарушению целостности и прочности оборудования (и отдельных его элементов), а также не создает необходимость восстановительного ремонта, относятся к **неразрушающему контролю.**»

**Портативные  
Твердомеры?**

**Соответствуют,  
так как:**

Объект контроля не нужно выводить из эксплуатации, вырезать из него образцы, потом ремонтировать.

**Аттестация?**

по СДА-24-2009



# Методы измерения твердости

«Классические» АО «НТЦ Промышленная безопасность»

3.	Методы измерения твердости «классические»	Методы портативных твердомеров
3.1	По Бринеллю ГОСТ 9012-59, ГОСТ 22761-77	
3.2	На пределе текучести (вдавливанием шара) ГОСТ 22762-77	
3.3	По Виккерсу (вдавливанием алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды) ГОСТ 2999-75, ГОСТ Р ИСО 6507.1-2007, ГОСТ Р ИСО 6507.4-2009	
3.4	По Роквеллу (вдавливанием в поверхность образца (изделия) алмазного конуса или стального сферического наконечника), ГОСТ 9013-59	
3.5	По Супер-Роквеллу (вдавливанием в поверхность образца (изделия) алмазного конуса или стального шарика), ГОСТ 22975-78	<b>Portable Rockwell</b> – некоторый аналог по Супер-Роквеллу
3.6	<b>Методом упругого отскока бойка</b> по Шору ГОСТ 23273-78 <b>по Либу</b> ГОСТ Р 8.969-2019 (ИСО 16859-1:2015)	<b>Метод упругого отскока бойка по Либу</b>
3.7	Измерение методом ударного отпечатка ГОСТ 18661-73, ГОСТ 28868-90	
3.8	Микротвердость (вдавливанием алмазных наконечников), ГОСТ 9450-76	
3.9	Кинетический метод И 1.2.1.02.019.1121-2016	
3.10	Специальные (в т.ч. комбинированные) методы измерения твердости	<b>Ультразвуковой контактный импеданс (UCI)</b> по форме индентора схож с

# Шкалы твердости

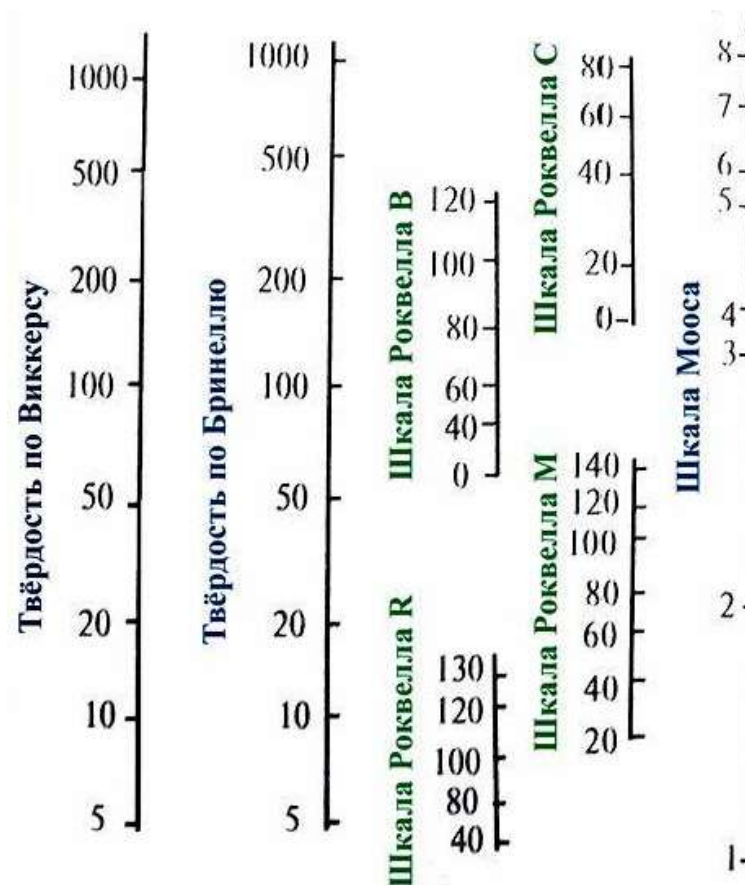
Пересчет

Стационарные твердомеры



PTM 3-1947-91

«Конструкторские нормы. Металлы и сплавы. Переводные таблицы твердости»



Портативные твердомеры



ASTM E 140



# Технический отчет

## О сравнении портативных твердомеров

### ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ..... 4

ИССЛЕДУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ..... 5

    NOVOTEST T-УДЗ ..... 5

    TKM-359C ..... 6

    КОНСТАНТА КТ ..... 7

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ..... 8

II. ТЕСТИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ..... 15

    1. ПРОВЕРКА ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ ..... 16

    2. ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА ЗАВОДСКИХ КАЛИБРОВОК ..... 17

    3. ОПРОБОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ И ОЦЕНКА ДОСТИЖИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ..... 17

    4. ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГЛАМИ УСТАНОВКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ..... 20

    5. ИЗМЕРЕНИЯ НА ОБРАЗЦАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ..... 22

ВЫВОДЫ ..... 35

    Приложение 1. Оценка систематической (приборной) погрешности при измерении портативными твердомерами ..... 37

    Приложение 2. Расчет средневзвешенного значения 3-х серий измерений и оценка суммарной погрешности ..... 40



**РУССКАЯ  
ЛАБОРАТОРИЯ**

АО НДЦ НПФ «Русская лаборатория»

ул. Вокзальная, д. 2, корп. 3, стр. 1  
тер. Ольгино, Санкт-Петербург, 197229  
тел. /факс: (812) 325-66-24  
e-mail: office@ruslab.org  
www.ruslab.org

ИНН 7801082551  
КПП 781301001  
ОГРН 1037800050034

**СОГЛАСОВАНО**  
Руководитель направления  
«ТЭК» ОП «Москва»



**В.В. Жук**  
« 17 » февраля 2022г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Начальник лаборатории  
неразрушающего контроля  
АО НДЦ НПФ «Русская лаборатория»



**А.А. Волощников**  
« 22 » февраля 2022г.



**ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**

**ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СРАВНЕНИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
И ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОРТАТИВНЫХ ТВЕРДОМЕРОВ МОДЕЛЕЙ  
«NOVOTEST T-УДЗ», «TKM-359C», «КОНСТАНТА КТ»**

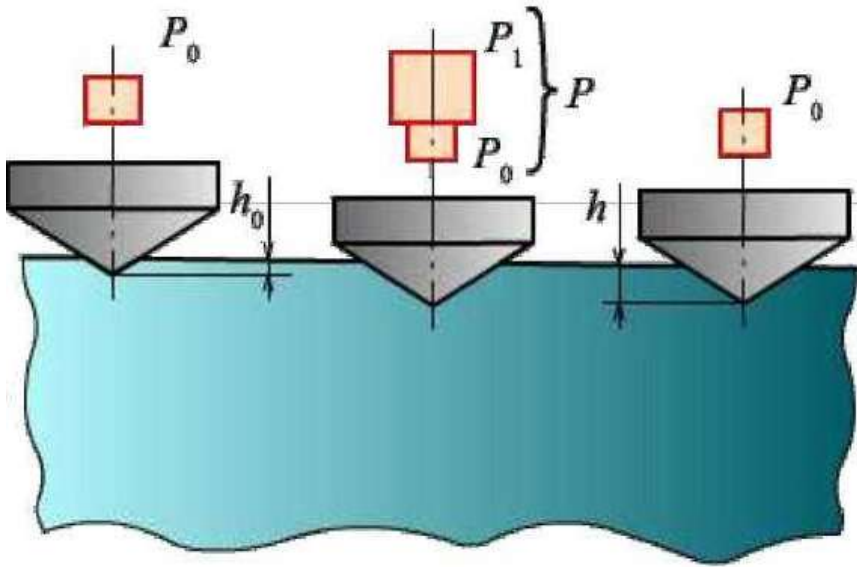
# Portable Rockwell

(аналог Супер-Роквелл)

## Шкала твердости, формула расчета

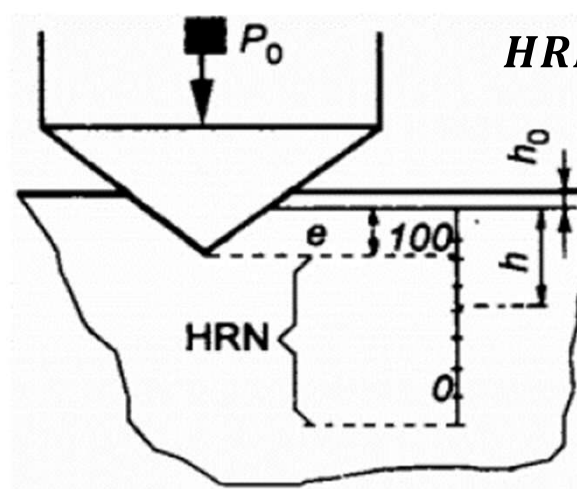
Нет своей шкалы твердости.

Осуществляется калибровка или пересчет в другие шкалы твердости (по ASTM E140, ISO 18265), как правило HRN, HRB, HRC



- $P_0$  – предварительная нагрузка = 1,0 \* кгс
- $P_1$  – основная нагрузка
- $P = P_0 + P_1$  – общая нагрузка = 5,0 \* кгс

\* РЭ прибора Константа КТ



$$HRN = 100 - \frac{e}{0,001}$$



# Portable Rockwell

портативные приборы

Proceq Equotip 550 + SPR преобразователь



# Portable Rockwell

портативные приборы

«Константа-КТ» + преобразователь SPR,  
ООО «Константа», г. Санкт-Петербург





# Portable Rockwell

Индентор, преобразователь

## Индентор:

Алмазный усеченный конус 100°  
(по ASTM B-724-00, алюминий)



## Преобразователь:

с ручным или механизированным нажимом  
и ограничением величины нагрузки  
с помощью пружинной системы



# Portable Rockwell

## Опробование прибора Константа КТ + преобразователь SPR

- Нажимать не допуская перекосов и соскальзывания
- Следить, чтобы не попасть в отпечаток или риски
- Соблюдать чистоту поверхности и датчика
- Удалять порошок металла с магнитов опорного кольца
- Контроль по неплоской поверхности не возможен (без насадки)



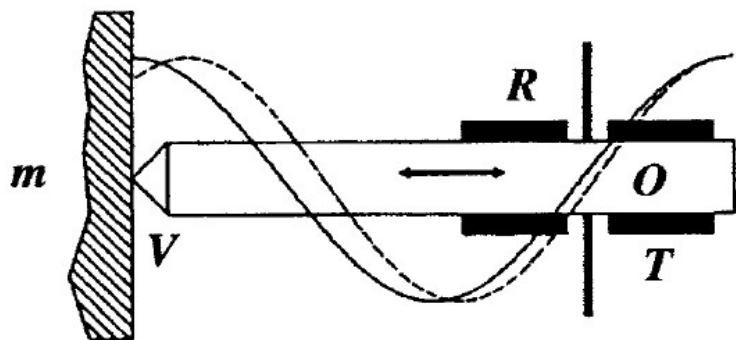


# УЗ контактный импеданс

(UCI)

## Принцип действия:

Основан на эффекте изменения собственной частоты колебательной системы:



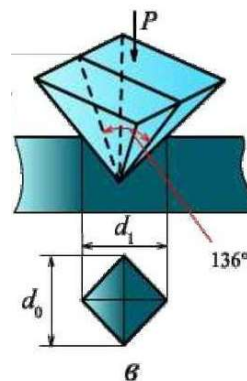
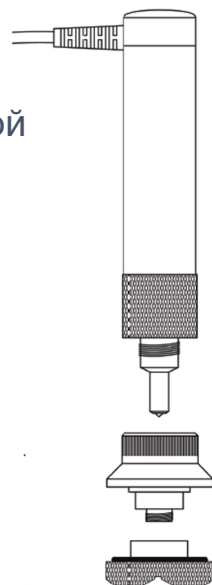
T – ПЭП источник УЗ волн

R – ПЭП приемник УЗ волн

O – колеблющийся стержень, 70 - 80 кГц

V – игдентор, алмазная пирамидка Виккерса

m – контролируемый материал



## Основные параметры метода

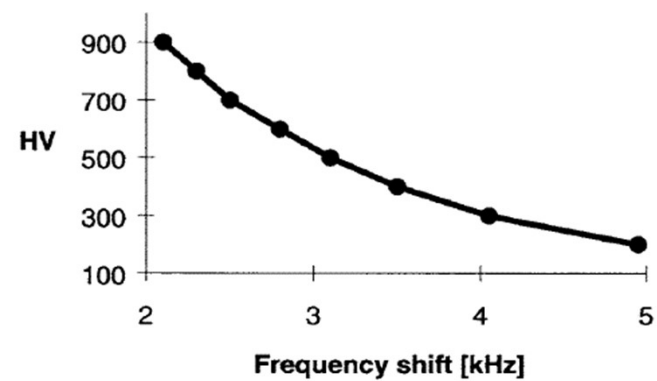
P – испытательная нагрузка

P = 1, 3, 10, 50, 98 Н (по ASTM A 1038)

## Шкала твердости, формула расчета

HV (UCI) – шкала Виккерса

Определяют из градуировочной характеристики HV( $\Delta Fr$ ), связывающей значение твердости с изменением частоты колебаний стержня:



# УЗ контактный импеданс

портативные приборы, опробование

«Константа-КТ» + преобразователь U-10N,  
ООО «Константа», г. Санкт-Петербург



- Преобразователь U-10N с прорезиненным упорным кольцом не скользит по поверхности
- Интерфейс прибора позволяет добавлять к выборке для получения среднего каждое отдельное значение вручную – можно не включать явно ошибочные замеры



- Заявленная производителем погрешность измерений достигается только на идеальных мерах твердости
- Небольшие отклонения условий от идеальных вызывают существенный разброс (отклонения) результатов от среднего
- Трудно добиться хорошей повторяемости (сходимости) на вырезках реальных объектов

# Упругий отскок бойка по Либу

## принцип, шкала

### Принцип действия:

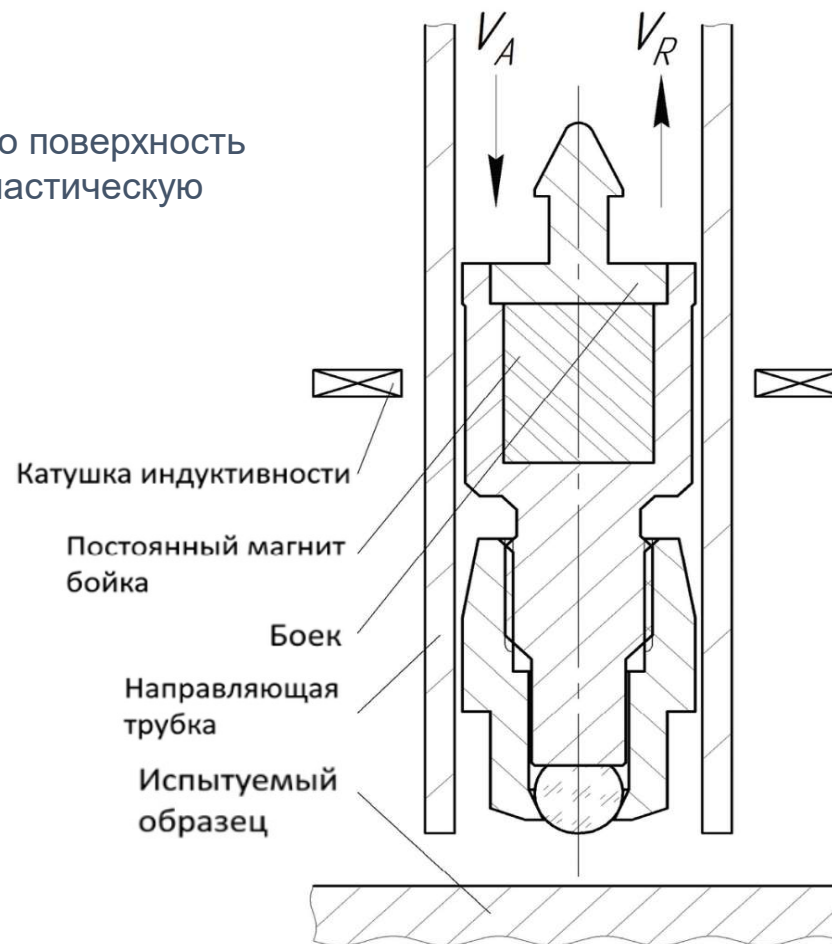
Основан на эффекте изменения скорости бойка после удара о поверхность образца вследствие потери части кинетической энергии на пластическую деформацию при формировании лунки от удара

### Шкала твердости, формула расчета

HLX – шкала Либы (X = D, S, E, DL, D+15, C, G в зависимости от типа преобразователя)

Значение определяют по соотношению скоростей бойка до и после соударения с поверхностью объекта исследования.

$$HL = 1000 \times \frac{V_R}{V_A}$$

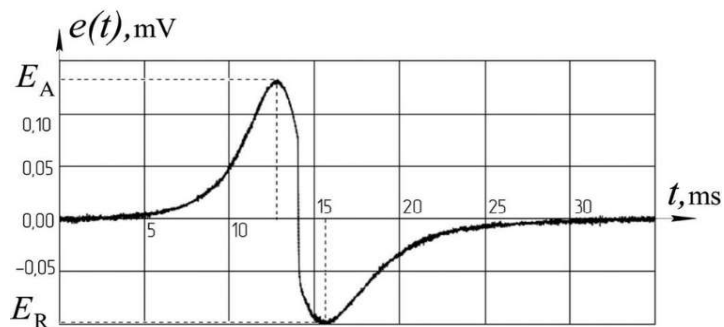




# Упругий отскок бойка по Либу

Основные параметры, индентор, преобразователь

HL определяется по отношению ЭДС наведенным на катушке магнитом бойка при пролете до и после удара.



$$HL = (E_R/E_A) \cdot 1000,$$

где

$E_R$  – амплитуда, пропорциональная  $V_R$

$E_A$  – амплитуда, пропорциональная  $V_A$

Основные параметры (ГОСТ Р 8.969):

$V_A$  – скорость удара, м/с

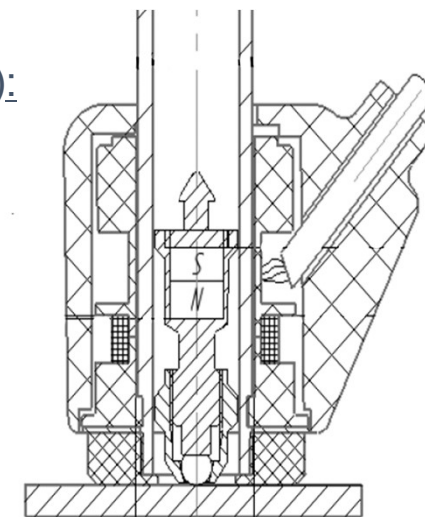
$E_A$  – кинетическая энергия удара, мДж

Преобразователь	тип D	тип DL	тип G
$V_A$ , м/с	2,05	1,82	3,0
$E_A$ , мДж	11,5	11,95	90,0

Индентор, преобразователь

Шарик из победита, керамики, или алмаза радиусом R от 1,39 до 2,5 мм (для разных преобразователей)

Преобразователь состоит из трубки, в которой движется разогнанный пружиной боек с магнитом. Пролетая через катушку индуктивности, магнит наводит в катушке ЭДС, пропорциональную скорости падения и скорости отскока.



# Упругий отскок бойка по Либу

преобразователи различных типов

## Линейка преобразователей Equitor Leeb:

**Тип DC:** Укороченный датчик. Для использования в ограниченных пространствах, например, в отверстиях, цилиндрах, на внутренних поверхностях конструкций. **Энергия удара: 11 Нмм**

**Тип S:** Шариковый индентор Si3N4. Главным образом для измерений в очень высоком диапазоне твердости (выше 50 HRC / 650 HV): инструментальная сталь с высоким содержанием карбида. **Энергия удара: 11 Нмм**

**Тип G:** Увеличенная энергия удара. Для твердых и неомогенных компонентов, например, тяжелых отливок и поковок. **Энергия удара: 90 Нмм**

**Тип D:** Универсальный датчик. Для большинства задач измерения твердости в промышленности. **Энергия удара: 11 Нмм**

**Тип C:** Пониженная энергия удара. Компоненты поверхностного упрочнения, покрытия, тонкостенные компоненты и компоненты, чувствительные к ударам (небольшая глубина отпечатка/малая энергия удара). **Энергия удара: 3 Нмм**

**Тип E:** Алмазный шариковый индентор. Главным образом для измерений в очень высоком диапазоне твердости (выше 50 HRC / 650 HV): инструментальная сталь с высоким содержанием карбида. Более долговечен, чем тип S. **Энергия удара: 11 Нмм**

**Тип DL:** Удлиненный боек. Для измерений в ограниченных пространствах, в основании пазов или на поверхностях углублений. **Энергия удара: 11 Нмм**

Отечественные: Константа КТ – аналогично

# Упругий отскок бойка по Либу

опробование приборов **Константа КТ** и **ТКМ-359с**

ТКМ-359С + преобразователи тип D, G,  
ООО «НПП «Машпроект», г. Санкт-Петербург



Константа КТ + преобразователи тип D, G, DL,  
ООО «Константа», г. Санкт-Петербург





# Упругий отскок бойка по Либу

опробование приборов **Константа КТ** и **ТКМ-359с**

ТКМ-359С + преобразователи тип D, G,  
ООО «НПП «Машпроект», г. Санкт-Петербург

Константа КТ + преобразователи тип D, G, DL,  
ООО «Константа», г. Санкт-Петербург

## Выводы Отчета:

- В целом и Константа КТ и ТКМ-359с хорошо показали себя на практике
- Преобразователи и Константы и ТКМ соответствуют параметрам ГОСТа Р 8.969. Отличия не значительны, описаны в Отчете
- Имеет место отличие расчета СКО по выборке одним из приборов от хорошо известной формулы
- Имеет место не качественная компенсацию значений при измерении твердости в положении отличного от вертикального
- Точность и повторяемость измерений на приемлемом уровне. При соблюдении условий контроля погрешность измерений находится в пределах допускаемой по паспорту
- Половина и более погрешности возникает от допускаемой погрешности калибровочных мер

# Процедура калибровки

## различными методами

- Подстройка зашитой в памяти прибора градуировочной характеристики по двум точкам (мер твердости)
- Меры выбираются как наиболее близкие к ожидаемым значениям твердости на объекте измерения так, чтобы значения объекта попадали в интервал между твердостями мер

### Метод Либа

Материал мер должен быть **того же класса**, что и объект измерения

- малоуглеродистая сталь,
- высоколегированная сталь аустенитного класса,
- чугуны,
- алюминий и т.д.

### УЗ контактный импеданс UCI

Материал мер должен быть **идентичен** объекту измерения.

Сказывается высокая зависимость результатов метода от упругих свойств материала объекта (модуль Юнга).

Фактически это означает необходимость изготовления образцов для калибровке из объекта измерения - изготавливать **вырезки** ?!

### Portable Rockwell

Отличие материала мер от объекта измерения не имеет значения.

Важно только чтобы твердости были близки.

# Стандарты

## на методы

### Portable Rockwell

Нет отечественных стандартов

**DIN 50157 (ч.1, ч.2)**  
(P = 50 – 1000 Н)

**ASTM B-724-00**  
(алюминий)

Близкие по принципу измерения (Супер-Роквелл P = 15, 30, 45 кгс):

**ГОСТ 22975-78**

**ASTM-E18**

### УЗ контактный импеданс UCI

Нет отечественных стандартов

**DIN 50159 (ч.1, ч.2)**

Испытание на твердость методом UCI

**ASTM A1038**

Испытания твердости ультразвуковым методом контактного импеданса

### Метод Либа

**ГОСТ Р 8.969-2019**  
**(ИСО 16859-1-2015)**

Определение твердости по шкалам Либа. Часть 1. Метод измерения

Другие стандарты:

**ISO 16859 (1-3)**

**DIN 50156 (1-3)**

**ASTM A956**



# Portable Rockwell

## Условия применения и **ограничения**

### Требования к контролируемому изделию:

- Шероховатость поверхности  $\leq Ra 1,25$  мкм (ГОСТ 22975)
- Толщина стенки – не менее чем в 10 раз больше глубины внедрения индентора (от 0,5 мм при HV 100)
- Форма поверхности – заявляется о возможности контроля цилиндрических поверхностей со специальной насадкой. Измерения с обычной насадкой практически не возможны.

### Другие ограничения:

- Малая глубина и площадь внедрения – **влияние микроструктуры** (размер зерна). Вызывает ограничения на измерения твердости стальных поковок, литья, чугуна, сложности при измерении твердости крупнозернистой структуры наплавленного металла шва.
- **Контроль неглубокой поверхностной зоны** – влияние наклепа, окисления, обезуглероживания и других процессов, изменяющих структуру в приповерхностном слое.
- Требуются меры исключения перегрева или наклепа поверхности при подготовке (в том числе шлифовании) контролируемой поверхности.
- Метод измеряет твердость поверхностного слоя металла.

# УЗ контактный импеданс

## Условия применения и ограничения

### Требования к контролируемому изделию:

- Шероховатость поверхности  $\leq Ra 0,8$  мкм (РЭ Константа КТ).
- Толщина стенки – не менее 2 – 3 мм (ASTM A1038 и РЭ Константа КТ), но (!) вплоть до толщины 15 мм в жестких трубных образцах может наблюдаться резонанс с УЗ-колебаниями искажающий показания.
- Толщина контролируемого слоя (покрытия) – в 10 раз больше глубины проникновения (от 0,15 мм)
- Масса образца (влияние явления резонанса) – от 1 кг (РЭ Константа КТ), от 0,3 кг (ASTM A1038)

### Другие ограничения:

- Малая глубина и площадь внедрения индентора (метод между методом Виккерса и микротвердостью) – **влияние размера зерна металла**. Недоступны для измерения стальные поковки, литые, сложности с металлом шва и даже некоторым прокатом.
- Аналогично метода Portable Rockwell **контроль неглубокой поверхностной зоны**.
- **Влияние модуля упругости** – материал настроечных образцов, д.б. **идентичен** исследуемому, что налагает сильные ограничения на применение метода, так как изготовление образцов из эксплуатируемого оборудования равноценно выполнению вырезов для разрушающего контроля.

# Упругий отскок бойка по Либу

Условия применения и **ограничения**

## Требования к контролируемому изделию:

- Шероховатость поверхности (ГОСТ Р 8.969)
- Толщина стенки без жесткой опоры
- Масса образца без с жесткой опоры

Преобр.	D, DL, D+15, S, E	G	C
Ra, мкм	$\leq 2,0$	$\leq 7,0$	$\leq 0,4$
S, мм	$\geq 25$	$\geq 70$	$\geq 0,5$
M, кг	$\geq 5$	$\geq 15$	$\geq 1,5$

## Другие ограничения:

- **Измерения под различными углами** относительно направления действия силы тяжести. Необходимо введение поправки из Приложения А ГОСТ Р 8.969. Современные приборы умеют распознавать направления и автоматически учитывать поправку. Но (!) имеют место ошибки, нужно проверять при калибровке.
- Контроль некоторого объема подповерхностной зоны – **влияние поверхностных слоев до 1 мм**
- **Влияние жесткости конструкции** объекта измерения – сложности контроля труб небольшого диаметра и толщины. Можно практически не учитывать при  $S \geq 10$  мм. Расстояние от жесткой заделки  $\geq 100$  мм.
- **Влияние наличия внутренних напряжений** – растягивающие напряжения до половины предела текучести материала уменьшают, такие же сжимающие увеличивают значение твердости на 7-8%.



# Организация обучения

Разработка и реализация программ обучения

## Программы обучения НК

**Базовые**

- Первичное овладение компетенциями
- Профессиональный стандарт
- НД по методам НК

**Углубленные**

- Расширение и углубление компетенций
- Новые объекты контроля
- Новые средства контроля
- Новые направления, например, УК бетонных конструкций

**Специальные**

- Овладение специальными технологиями контроля по специализированным методикам

Молодой специалист



Обучение

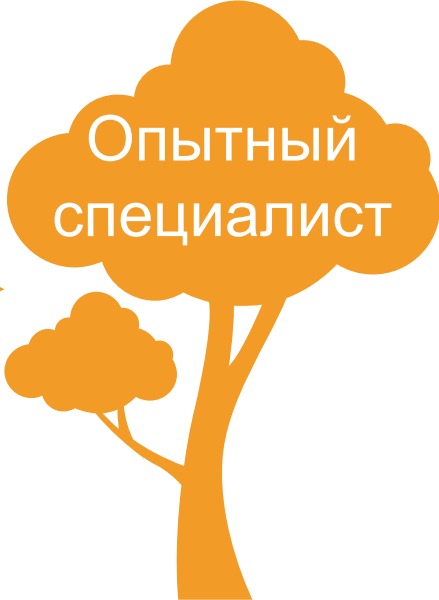
База

Практика  
3 – 12 мес.

Аттестация  
Отбор

Практика  
Обучение углублен

Отбор  
Обучение спец методики



Опытный специалист

# Организация обучения

Базовые знания, необходимые для освоения программы

Базовые знания, необходимые для освоения программы ДПП:

- Физика (механика - кинематика, динамика, акустика)
- Химия (в объеме среднего образования)
- Математика (в том числе математическая статистика и основы математической обработки результатов эксперимента)
- Основы материаловедения
- Основы сопротивления материалов
- Классические методы твердости, реализуемые стационарными твердомерами (желательно)

Краткое повторение

в курсе



Входное тестирование

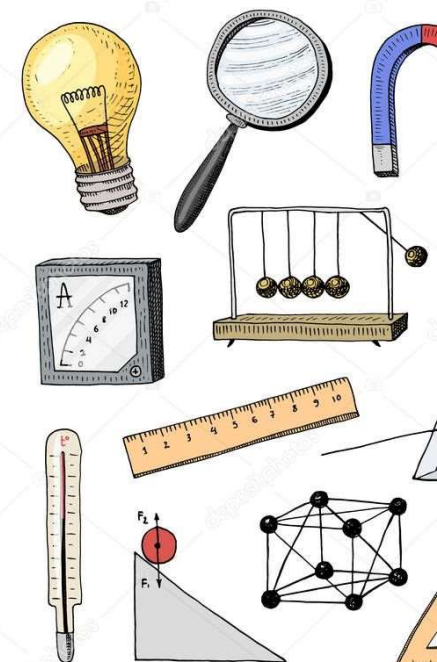


# Организация обучения

Разделы, включаемые в ДПП

## Блок 1. Общие предметы

- Основы строения металлов и сплавов
- Механические и физические свойства материалов. Оценка состояния материала по показателям твердости
- Обзор образцовых (лабораторных) методов измерения твердости
- Обзор безобразцовых методов измерений твердости портативными твердомерами и их отличие от образцовых (лабораторных) методов измерений
- Связь и условный пересчет различных шкал твердости по отечественным и зарубежным стандартам (**решение задач**)
- Типовые задачи измерения твердости на разных объектах на различных стадиях контроля (строительство (изготовление), эксплуатация, измерения на основном материале, измерения сварных соединениях, измерение толщин покрытий)
- Нормы оценки результатов измерений твердости в различных отраслях промышленности
- Математическая обработка результатов измерений. Погрешность, неопределенность
- **Практическая работа:** Расчет погрешности и неопределенности по действующим стандартам

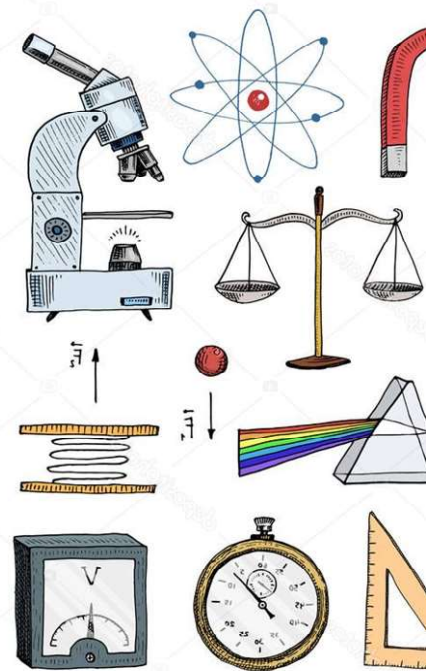


# Организация обучения

Разделы, включаемые в ДПП

## Блок 2. Метод ударного отскока бойка по Либу:

- Физический принцип работы прибора, расчет единиц твердости по шкале Либа
- Конструкция преобразователей, виды, отличия, назначение, современные приборы
- Требования к образцам и участкам измерений
- Другие условия проведения измерений, ограничения применения метода
- **Практическая работа 1:** Разработка тех. инструкции по твердометрии методом Либа
- **Практическая работа 2:** Измерения твердости методом Либа (настройка, калибровка, проведение измерений твердости ОМ детали, расчет погрешности, протокол)
- **Практическая работа 3:** Измерение под различными углами преобразователя (измерение твердости на поворачивающемся держателе, определение поправок)
- **Практическая работа 4:** Измерение на цилиндрических образцах (измерения твердости на образцах, различного радиуса скругления, определение поправок)
- **Практическая работа 5:** Измерения методом Либа кольцевого сварного соединения (проведение измерений твердости шва и основного металла на трубном образце в различных положениях по сечению, расчет погрешности, заполнение протокола)



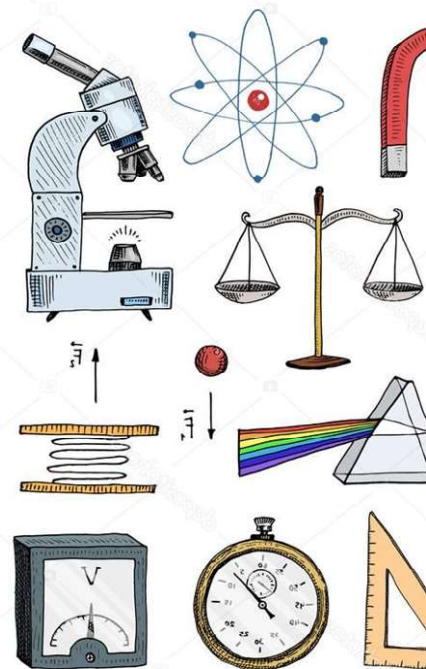


# Организация обучения

Разделы, включаемые в ДПП

## Блок 3. Метод ультразвукового контактного импеданса (UCI):

- Физический принцип работы прибора, расчет единиц твердости по шкале Виккерса
- Конструкция преобразователей, виды, отличия, назначение, современные приборы
- Требования к образцам и участкам измерений
- Другие условия проведения измерений, ограничения применения метода
- **Практическая работа 1:** Разработка тех. инструкции по твердометрии методом UCI
- **Практическая работа 2:** Измерения твердости методом UCI (настройка, калибровка, измерение твердости ОМ детали, расчет погрешности, заполнение протокола)
- **Практическая работа 3:** Сравнение результатов измерений твердости методом UCI и методом Либя при наличии поверхностного слоя различной толщины
- **Практическая работа 4:** Измерения твердости методом UCI сварного соединения (настройка, измерения, погрешность, протокол)
- **Практическая работа 5:** Измерения твердости методом Либя и методом UCI с калибровкой на участке металла объекта, значение твердости которого предварительно измерено методом ударного отпечатка (Польди) или методом Бринелля переносным твердомером

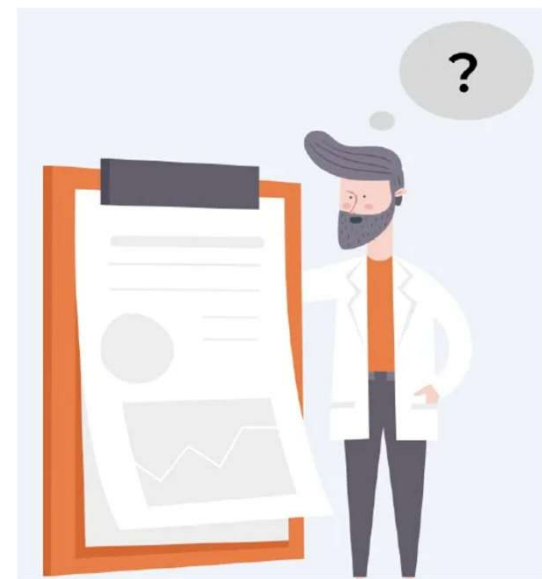


# Организация обучения

## Разработка рабочей программы обучения

*«Методические рекомендации-разъяснения по разработке дополнительных профессиональных программ на основе профессиональных стандартов», письмо Минобрнауки РФ от 22 апреля 2015 г. Алгоритм:*

1. Формирование рабочей группы
2. Выбор профессиональных стандартов
3. Сопоставление федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) и профессиональных стандартов
4. Формулирование результатов освоения ДПП
5. Разработка процедур и средств оценки результатов обучения по ДПП (включая: Выбор методов и разработка процедуры оценивания, Определение показателей и критериев оценки, Формирование типового задания, Формирование фонда оценочных средств)
6. Формирование структуры и содержания дополнительной профессиональной программы
7. Определение организационно-педагогических условий реализации дополнительной профессиональной программы
8. Разработка учебного плана и календарного учебного графика
9. Экспертиза дополнительной профессиональной программы



# Спасибо за внимание!

**Руководитель УЦ**

**Виталий Владимирович Маслеников**

Специалист 3 уровня по НК и РИ

Практик, разработчик методик

Специалист по сварке



И понимание !



**Григорий Андреевич Кобзарь**

Заместитель руководителя УЦ

Практик, разработчик методик

Специалист ВИК, УК, МК

Ведет Визуальный и измерительный контроль



**Сергей Владимирович Евсеев**

Практик, исследователь, разработчик методик, специалист методов акустического контроля

Методы: УК, АЭ, ВИК, МК, ВК, РИ

Проводит семинары по практическим вопросам акустико-эмиссионного контроля

Ведет обучение на учебном испытательном стенде АЭ

Ведет практическое обучение УК

**Ирина Геннадьевна Сидоренко**

Специалист УК, УТ 3 уровня

Преподаватель кафедры Электроакустики и ультразвуковой техники СПбГЭТУ («ЛЭТИ»)

Проводит лекции и практические занятия по УК и УТ

Практик, разработчик методик

