



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «ПМК-Урал»

_____ **А.А. Зобнина**

« ____ » _____ **2026 г.**

ПРОГРАММА

**повышения квалификации по механическим статическим
испытаниям**

(подготовка к аттестации по СДА-24-2009, I и II уровни)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа предназначена для специальной подготовки специалистов-испытателей, желающих подтвердить квалификацию по механическим статическим испытаниям в соответствии с «Правилами аттестации (сертификации) персонала испытательных лабораторий» (СДА-24-2009). Обучение охватывает общетехнические вопросы, физические основы сопротивления материалов и механики разрушения, устройство и порядок подготовки испытательного оборудования, технологию проведения статических испытаний металлов, сварных и паяных соединений, арматуры, полиэтиленовых труб и пластмасс, а также практическое выполнение работ на испытательных машинах.

Программа полностью соответствует актуальному Перечню областей аккредитации испытательных лабораторий (лабораторий разрушающих и других видов испытаний), утверждённому Наблюдательным советом (решение бюро от 28.01.2026 № 116-БНС). Выпускники допускаются к сдаче экзаменов в Независимом органе по аттестации персонала (НОАП) для присвоения II уровня квалификации.

2. ЦЕЛЬ

Сформировать у слушателей знания и практические навыки, необходимые для самостоятельного проведения механических статических испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, вязкость разрушения, ползучесть и длительную прочность (включая испытания при пониженных и повышенных температурах, а также испытания полимерных материалов и полиэтиленовых труб), выбора и настройки оборудования, обработки и оценки результатов в соответствии с действующими стандартами, а также для разработки технологических инструкций и руководства персоналом I уровня.

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (120 часов)

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Общие основы испытаний и материаловедение	8
2	Физические основы сопротивления материалов и механики разрушения	12
3	Испытательное оборудование и средства измерений для статических испытаний	10
4	Статические испытания металлов на растяжение, сжатие, изгиб, кручение	14

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
5	Испытания сварных и паяных соединений, арматуры и закладных изделий	10
6	Испытания на трещиностойкость (вязкость разрушения, K_{1c})	8
7	Испытания на ползучесть и длительную прочность	6
8	Статические испытания полиэтиленовых труб, пластмасс и термопластов	8
9	Метрологическое обеспечение и оценка неопределённости	4
10	Нормативная база механических статических испытаний и оформление результатов	4
11	Подготовка образцов и настройка оборудования	10
12	Проведение испытаний и регистрация результатов	18
13	Обработка данных, оценка неопределённости, составление заключений	10
14	Предэкзаменационная подготовка и итоговое тестирование	2
Всего		120

4. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ

Тема 1. Общие основы испытаний и материаловедение (8 ч)

1.1. Роль механических испытаний в обеспечении промышленной безопасности. Связь с нормативной базой. Классификация методов разрушающих и неразрушающих испытаний.

1.2. Система аттестации персонала по СДА-24-2009. Уровни квалификации, требования к образованию, стажу, подготовке.

1.3. Основы материаловедения металлов. Атомно-кристаллическая структура, дефекты, кристаллизация. Диаграмма состояния железо-цементит: фазы, структурные составляющие. Легированные стали: классификация, влияние элементов.

1.4. Пластическая деформация и механические свойства. Дислокационный механизм, наклёп, рекристаллизация. Связь структуры со свойствами.

1.5. Строение сварных швов и зоны термического влияния. Особенности свойств.

1.6. *Основы строения полимеров.* Термопласты, реактопласты, эластомеры. Влияние температуры и скорости деформирования на механические свойства полимеров.

1.7. *Охрана труда.* Опасные факторы при механических испытаниях (высокие нагрузки, температура, химические вещества).

Тема 2. Физические основы сопротивления материалов и механики разрушения (12 ч)

2.1. *Напряжённое и деформированное состояние.* Нормальные и касательные напряжения, главные напряжения. Тензор напряжений.

2.2. *Упругое поведение.* Закон Гука, модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона. Пределы пропорциональности, упругости, текучести (физический и условный). Временное сопротивление (предел прочности).

2.3. *Пластическое поведение.* Истинные напряжения и деформации. Диаграммы условных и истинных напряжений. Работа деформации.

2.4. *Концентрация напряжений.* Влияние дефектов и формы образца на прочность.

2.5. *Основы механики разрушения.* Формула Гриффитса. Силовой критерий: коэффициент интенсивности напряжений K . Критический K_{Ic} (вязкость разрушения). J -интеграл. Диаграмма трещиностойкости.

2.6. *Виды разрушения.* Хрупкое, вязкое, смешанное. Фрактография изломов.

2.7. *Особенности поведения полимеров.* Крейзинг, шейкообразование, вязкоупругость.

Тема 3. Испытательное оборудование и средства измерений для статических испытаний (10 ч)

3.1. *Классификация испытательных машин.* Электромеханические (винтовые) и гидравлические (сервогидравлические). Принцип действия.

3.2. *Силоизмерительные системы.* Датчики силы: тензометрические, пьезоэлектрические.

3.3. *Измерение деформации.* Экстензометры: механические, оптические, тензометрические, видеоэкстензометры.

3.4. *Температурное оборудование.* Электрические печи сопротивления, криокамеры. Системы нагрева и охлаждения.

3.5. *Оснастка для различных испытаний.* Захваты (клиновые, резьбовые, для труб и полимеров), опоры для изгиба, COD-датчики для трещиностойкости.

3.6. *Поверка и калибровка.* Калибровка силоизмерительной системы по образцовому динамометру (ГОСТ 8.640). Проверка соосности.

Тема 4. Статические испытания металлов на растяжение, сжатие, изгиб, кручение (14 ч)

4.1. *Испытания на растяжение при нормальной температуре.* ГОСТ 1497-2023, ГОСТ 6996-66. Образцы, подготовка, измерение. Проведение испытания, анализ диаграммы «нагрузка-удлинение». Определение σ , σ_t , δ , ψ .

4.2. *Испытания на растяжение при пониженных температурах.* ГОСТ 11150-84. Особенности охлаждения и термостатирования.

4.3. *Испытания на растяжение при повышенных температурах.* ГОСТ 9651-84. Контроль температуры, защита от окисления.

4.4. *Длительная прочность.* ГОСТ 10145-81. Испытания при повышенных температурах до 1200 °С.

4.5. *Испытания тонких листов и лент.* ГОСТ 11701-84. Особенности образцов и расчётов.

4.6. *Испытания проволоки.* ГОСТ 10446-80.

4.7. *Испытания труб.* ГОСТ 10006-80. Контроль прочности кольцевых и продольных образцов.

4.8. *Испытания на сжатие.* ГОСТ 25.503-97.

4.9. *Испытания на изгиб.* ГОСТ 14019-2003 (ИСО 7438:1985). Схемы трёхточечного и четырёхточечного изгиба.

4.10. *Испытания на кручение.* ГОСТ 3565-80.

Тема 5. Испытания сварных и паяных соединений, арматуры и закладных изделий (10 ч)

5.1. *Сварные соединения металлических материалов.* ГОСТ 6996-66. РД 03-495-02 (до 01.03.2026). ГОСТ Р ИСО 4136-2024 (продольное растяжение металла шва). ГОСТ Р ИСО 5178-2024 (цилиндрические образцы).

5.2. *Паяные соединения металлических материалов.* ГОСТ 28830-90.

5.3. *Испытания арматурной стали.* ГОСТ 12004-81. Определение предела текучести, временного сопротивления, полного относительного удлинения.

5.4. *Арматурные и закладные изделия сварные.* ГОСТ Р 57997-2017, ГОСТ 34227-2024. Испытания на разрыв, срез, отрыв.

Тема 6. Испытания на трещиностойкость (вязкость разрушения, K_{Ic}) (8 ч)

6.1. *Назначение и область применения.* Типы образцов: компактный на внецентренное растяжение, на трёхточечный изгиб. Геометрические ограничения.

6.2. *Подготовка образцов.* Нанесение усталостной трещины. Требования к росту трещины.

6.3. *Проведение испытаний.* Запись диаграммы «нагрузка – раскрытие трещины». Типы диаграмм. Определение критической нагрузки P_Q .

6.4. *Расчёт K_{1c} .* Проверка выполнения критериев достоверности.

Тема 7. Испытания на ползучесть и длительную прочность (6 ч)

7.1. *Физическая природа ползучести.* Стадии ползучести. Кривая ползучести.

7.2. *Испытания на ползучесть при растяжении.* ГОСТ 3248-81. Оборудование, проведение, обработка. Построение кривых ползучести, определение предела ползучести.

7.3. *Испытания на длительную прочность.* ГОСТ 10145-81. Построение диаграмм длительной прочности в логарифмических координатах. Экстраполяция параметрическими методами (Ларсон-Миллер).

Тема 8. Статические испытания полиэтиленовых труб, пластмасс и термопластов (8 ч)

8.1. *Испытания полиэтиленовых труб.* ГОСТ ISO 6259-1-2023, ГОСТ ISO 6259-2-2023, ГОСТ ISO 6259-3-2023 (растяжение). ГОСТ Р 58121.2-2018, ГОСТ Р 58121.3-2018.

8.2. *Испытания пластмасс.* ГОСТ 11262-2017, ГОСТ 26277-2021. Определение модуля упругости, предела текучести, относительного удлинения при растяжении.

8.3. *Испытания других полимерных изделий.* ГОСТ Р 55142-2025, ГОСТ Р 59398-2021. Контроль прочности сварных соединений полиэтиленовых труб.

8.4. *Влияние скорости деформирования, температуры и влажности.* Учёт условий кондиционирования образцов.

Тема 9. Метрологическое обеспечение и оценка неопределённости (4 ч)

9.1. *Поверка средств измерений.* Динамометров, экстензометров, датчиков температуры. Периодичность.

9.2. *Внутрилабораторный и межлабораторный контроль точности.*

9.3. *Оценка неопределённости измерений.* Бюджет неопределённости (геометрия, сила, деформация, температура, модуль упругости). Расчёт расширенной неопределённости.

Тема 10. Нормативная база и оформление результатов (4 ч)

10.1. Обзор системы стандартизации. Актуальный Перечень областей аккредитации ИЛ-ЛРИ (ред. от 28.01.2026). Ключевые изменения стандартов на растяжение, сварные соединения, полимеры.

10.2. Оформление протоколов испытаний. Требования к содержанию протокола (ссылка на стандарт, сведения об оборудовании, результаты, неопределённость). Составление и подписание заключений.

Тема 11. Подготовка образцов и настройка оборудования (10 ч)

Цель: сформировать навыки отбора проб, изготовления, измерения образцов и подготовки испытательного оборудования.

Содержание: изготовление пропорциональных цилиндрических и плоских образцов для растяжения, измерение геометрии, маркировка. Подготовка образцов сварных соединений, полиэтиленовых труб. Настройка испытательной машины, калибровка силоизмерителя, установка захватов и экстензометра. Программирование режимов испытания в ПО. Проверка соосности.

Тема 12. Проведение испытаний и регистрация результатов (18 ч)

Цель: освоить технику самостоятельного выполнения статических испытаний различных материалов и регистрации первичных данных.

Содержание:

- Растяжение металлов при нормальной, пониженной, повышенной температурах.
- Испытания тонких листов, проволоки, труб.
- Испытания на сжатие, изгиб, кручение.
- Испытания сварных и паяных соединений.
- Испытания арматуры и закладных изделий.
- Определение K_{1c} .
- Испытания полиэтиленовых труб и пластмасс.
- Ведение лабораторного журнала, запись параметров.

Тема 13. Обработка данных, оценка неопределённости, составление заключений (10 ч)

Цель: научиться статистической обработке, расчёту неопределённости и оформлению итоговых документов.

Содержание: расчёт средних, среднеквадратичных отклонений, выбраковка. Составление бюджета неопределённости. Сравнение с нормами. Оформление

протоколов и заключений. Разработка технологической инструкции. Инспекционный контроль работ персонала I уровня (ролевая игра).

Тема 14. Предэкзаменационная подготовка и итоговое тестирование (2 ч)

Цель: систематизировать знания и подготовиться к квалификационному экзамену.

Содержание: повторение теории, решение тестовых заданий, решение расчётных задач. Пробное практическое задание с оформлением заключения. Индивидуальные консультации. Выдача допуска.

5. НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Основные правила

- СДА-24-2009. Правила аттестации (сертификации) персонала испытательных лабораторий.

Прочность на растяжение

- **При нормальной температуре:** ГОСТ 1497-2023, ГОСТ 6996-66
- **При пониженной температуре:** ГОСТ 11150-84
- **При повышенной температуре:** ГОСТ 9651-84
- **Длительная прочность до 1200 °С:** ГОСТ 10145-81
- **Тонких листов:** ГОСТ 11701-84
- **Проволоки:** ГОСТ 10446-80
- **Труб:** ГОСТ 10006-80
- **Стали арматурной:** ГОСТ 12004-81
- **Арматурных и закладных изделий сварных:** ГОСТ Р 57997-2017, ГОСТ 34227-2024
- **Сварных соединений металлических материалов:** РД 03-495-02 (до 01.03.2026), ГОСТ Р ИСО 4136-2024, ГОСТ Р ИСО 5178-2024
- **Паяных соединений:** ГОСТ 28830-90

Ползучесть

- ГОСТ 3248-81. Ползучесть на растяжение при температуре до 1200 °С.

Прочность на сжатие, изгиб, кручение

- ГОСТ 25.503-97. Прочности на сжатие.
- ГОСТ 14019-2003 (ИСО 7438:1985), ГОСТ 6996-66, ГОСТ Р ИСО 5173-2024. Прочности на изгиб.
- ГОСТ 3565-80. Прочности на кручение.

Трещиностойкость

- ГОСТ 25.506-85. Трещиностойкости на вязкость разрушения, K_{1c} .

Полиэтиленовые трубы, пластмассы, термопласты

- ГОСТ ISO 6259-1-2023, ГОСТ ISO 6259-2-2023, ГОСТ ISO 6259-3-2023
- ГОСТ Р 58121.2-2018, ГОСТ Р 58121.3-2018
- ГОСТ Р 55142-2025, ГОСТ Р 59398-2021
- ГОСТ 11262-2017, ГОСТ 26277-2021
- ГОСТ Р 54792-2024
- ГОСТ ISO 1167-1...4-2013
- ГОСТ ISO 3126-2023
- ГОСТ 27078-2014
- ГОСТ Р 70628.2-2023
- ГОСТ Р ИСО 13951-2020, ГОСТ Р ИСО 19899-2020

Метрология

- ГОСТ 8.640-2014. Динамометры. Методика поверки.