

ПМК-УРАЛ

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «ПМК-Урал»



А.А. Зобнина

05 2026 г.

ПРОГРАММА

повышения квалификации по неразрушающему контролю методом
течеискания

(подготовка к аттестации по СДАНК-02-2020, I и II уровни)

г. Пермь, 2026

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа даёт подготовку по методам обнаружения сквозных дефектов и оценки герметичности с применением различных пробных веществ. Рассчитана на получение II уровня. Особое внимание уделено способам изменения давления и трассирующего газа.

2. ЦЕЛЬ

Освоить методы течеискания для контроля герметичности сосудов, трубопроводов и агрегатов, научиться выбирать способ контроля, настраивать оборудование и интерпретировать результаты.

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (98 часов: 35 + 63)

№	Тема	Часы
1	Основы НК и течеискания	8
2	Физические принципы течеискания	12
3	Способы контроля герметичности	10
4	Оборудование и пробные вещества	12
5	Технология течеискания объектов	14
6	Нормы герметичности и оценка результатов	8
7	Нормативная документация и безопасность	6
8	Практика: подготовка оборудования	6
9	Практика: проведение контроля на стендах	10
10	Практика: разработка инструкций и заключения	8
11	Предэкзаменационная подготовка	4
Всего		98

4. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ

Тема 1. Основы НК и течеискания (8 ч)

1.1. Назначение и место течеискания в системе НК

Роль течеискания в обеспечении герметичности оборудования, работающего под давлением и вакуумом. Связь с промышленной безопасностью, экологическими

требованиями. Отличие течеискания от капиллярного контроля: первый выявляет сквозные дефекты (течи), второй – поверхностные. Обзор нормативных документов, регламентирующих обязательность контроля герметичности для различных объектов (сосуды, трубопроводы, запорная арматура, теплообменники).

1.2. Основные понятия и термины

Герметичность, негерметичность, течь. Поток газа через течь. Единицы утечки: Па·м³/с, мбар·л/с, атм·см³/с. Соотношение между единицами. Допустимая утечка, норма герметичности. Стандартные условия (температура, давление). Классификация течей по величине потока: грубые ($> 10^{-3}$ Па·м³/с), средние (10^{-3} – 10^{-7}), малые (10^{-7} – 10^{-10}), сверхмалые ($< 10^{-10}$).

1.3. Типы течей и дефектов, вызывающих утечку

Сквозные трещины, свищи, непровары в сварных соединениях, неплотности фланцевых и резьбовых соединений, дефекты уплотнений, пористость материалов. Связь с технологическими процессами (сварка, литьё, механообработка).

1.4. Система аттестации персонала по ПВТ

Требования СДАНК-02-2020 к специалистам I, II и III уровней по ПВТ. Особые требования к персоналу, работающему с газами под давлением и вакуумным оборудованием. Электробезопасность, взрывопожаробезопасность.

Тема 2. Физические принципы течеискания (12 ч)

2.1. Основы газовой динамики

Давление, абсолютное и избыточное давление. Разрежение, степень вакуума. Идеальный газ, уравнение состояния. Молярная масса. Плотность газа. Вязкость газов, зависимость от температуры. Число Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течение.

2.2. Течение газа через течи

Модели течи: капилляр, щель, пористая среда. Расчёт потока через капилляр для ламинарного режима (закон Пуазейля), для молекулярного режима при низких давлениях. Переходная область. Влияние длины, диаметра, формы канала. Зависимость потока от перепада давления.

2.3. Методы создания перепада давления

Способы создания избыточного давления (компрессоры, баллоны) и разрежения (вакуумные насосы). Схемы испытаний: опрессовка с контролем падения давления, вакуумный метод с регистрацией нарастания давления.

2.4. Регистрация пробных веществ

Физические эффекты, используемые для индикации:

- Масс-спектрометрия (гелиевый течеискатель).
- Теплопроводность (водородный датчик).
- Электронный захват (галоидный течеискатель).
- Химические реакции (аммиак, фреон).
- Пузырьковый метод (визуальное наблюдение в жидкости).
- Акустическая эмиссия при истечении газа под высоким давлением.

2.5. Факторы, влияющие на чувствительность

Температура, концентрация пробного газа, время накопления, расстояние от течи до детектора, ветер (для наружных работ).

Тема 3. Способы контроля герметичности (10 ч)

3.1. Способ изменения давления

Метод падения давления: регистрация снижения давления в изолированном объёме за определённое время. Расчёт суммарной утечки. Достоинства (простота, интегральная оценка), недостатки (не показывает место течи). Метод нарастания давления в вакуумированном объёме. Компенсационный метод (сравнение с эталонной ёмкостью). Требования к манометрам (класс точности, разрешение).

3.2. Пузырьковый метод

Способ аквариума (погружение объекта под воду или другую жидкость и наблюдение пузырьков). Способ обмыливания (нанесение пенообразующего состава и наблюдение пузырей). Способ вакуумной камеры (установка прозрачной камеры с жидкостью над контролируемым участком, создание вакуума, наблюдение пузырьков).

Чувствительность, ограничения, требования к освещению и чистоте жидкости.

3.3. Способ трассирующего газа (обзор)

Принцип: заполнение объекта или оболочки пробным газом и обнаружение его выхода снаружи (способ щупа) или, наоборот, обдув снаружи и регистрация проникновения внутрь (вакуумный способ). Основные пробные газы: гелий, водород, фреоны, аммиак. Сравнение по чувствительности, стоимости, безопасности.

3.4. Масс-спектрометрический метод с гелием

Устройство гелиевого течеискателя: ионизационная камера, магнитный или квадрупольный масс-спектрометр, вакуумная система. Принцип селективного детектирования ионов гелия ($m/z=4$). Способы применения: вакуумный (объект вакуумируется, течеискатель подключён к вакуумной линии, снаружи обдувается гелием), щуповой (объект заполняется гелием, снаружи обследуется щупом), способ накопления (объект помещают в герметичную камеру, где накапливается гелий). Чувствительность до 10^{-13} Па·м³/с.

3.5. Водородный метод

Использование водорода или смеси 5% H₂ в азоте. Датчик на основе полупроводникового сенсора или электрохимической ячейки. Высокая чувствительность, взрывобезопасность смеси. Способ щупа после заполнения объекта водородсодержащим газом.

3.6. Галоидный и другие методы

Галоидный течеискатель реагирует на фреоны. Используется в холодильной технике. Ограничения: экологические нормы (Монреальский протокол). Аммиачный метод (индикаторная бумага, фенолфталеин). Люминесцентный метод (введение люминофора в рабочую жидкость и осмотр под УФ).

Тема 4. Оборудование и пробные вещества (12 ч)

4.1. Гелиевые течеискатели

Портативные и стационарные модели. Основные узлы: входной фильтр, форвакуумный насос, турбомолекулярный насос, масс-спектрометрическая камера, блок управления. Режимы работы: «вакуум», «щуп». Подготовка к работе: прогрев, калибровка по контрольной течи. Встроенные калиброванные течи (гелий в кварцевой мембране). Технические характеристики: минимальная регистрируемая утечка, постоянная времени, диапазон измерений. Обслуживание: замена масла в насосах, чистка ионного источника.

4.2. Водородные течеискатели

Устройство, принцип работы сенсора. Преимущества: лёгкий газ, быстрое рассеивание, не требуется вакуумирование. Детектор со встроенным насосом.

4.3. Оборудование для способа изменения давления

Манометры (механические, электронные), датчики давления, регистраторы. Вакуумметры (теплопроводные, ионизационные). Системы создания давления (компрессоры, газобаллонные установки). Запорно-регулирующая арматура. Герметизирующие заглушки, надувные пробки.

4.4. Пробные газы и вспомогательные материалы

Гелий (марка А, Б), баллоны, редукторы. Водородная смесь (5% H_2 в N_2). Фреоны, аммиак (меры безопасности). Пенообразующие составы (мыльные растворы, специальные жидкости). Контрольные течи (калиброванные капилляры, диффузионные мембраны).

Тема 5. Технология течеискания объектов (14 ч)

5.1. Подготовка объекта к контролю

Очистка поверхности от загрязнений, масел, краски, которые могут временно перекрывать течь. Сушка. Установка заглушек на все отверстия, кроме контрольного. Проверка прочности и герметичности заглушек. Сборка схемы подачи давления или подключения вакуума.

5.2. Выбор способа контроля

Анализ требований к герметичности (допустимая утечка). Оценка геометрии объекта, доступности. Экономические соображения. Таблицы сравнительной чувствительности методов. Комбинация методов (например, способ падения давления для общей оценки, гелиевый щуп для поиска места).

5.3. Технология контроля способом изменения давления

Заполнение объекта испытательной средой (газ, вода). Стабилизация температуры. Отсечение источника давления. Измерение начального давления, выдержка, измерение конечного давления. Расчёт утечки с поправкой на изменение температуры. Критерии приёмки по нормативным документам.

5.4. Технология контроля гелиевым течеискателем

- *Вакуумный способ:* вакуумирование объекта до рабочего давления течеискателя, обдув гелием снаружи (используется специальный пистолет-распылитель). Скорость

перемещения щупа, расстояние, время транспортной задержки. Фиксация сигнала, повторное обследование подозрительных мест.

- *Способ щупа:* заполнение объекта гелием до заданного давления, обследование снаружи щупом, подключённым к течеискателю. Порядок сканирования, оптимальное расстояние от щупа до поверхности, скорость движения.
- *Способ накопления:* помещение объекта в камеру, заполненную гелием или выдержка в гелиевой среде, регистрация накопленного гелия.

5.5. Особенности контроля конкретных объектов

Сосуды и аппараты: контроль сварных швов, разъёмных соединений. Трубопроводы: посекционный контроль, использование внутритрубных устройств. Теплообменники: контроль межтрубного пространства. Вакуумные камеры, криогенное оборудование.

5.6. Документирование контроля

Заполнение журнала течеискания, указание способа, применяемого оборудования, параметров, результатов. Оформление заключения о герметичности.

Тема 6. Нормы герметичности и оценка результатов (8 ч)

6.1. Нормирование герметичности

Общие принципы: классы герметичности, установленные стандартами (ГОСТ 9544, отраслевые нормы). Допустимая утечка в зависимости от рабочего давления, объёма, рабочей среды (токсичность, взрывоопасность). Примеры норм для сосудов, работающих под давлением, для газопроводов, для вакуумных систем.

6.2. Оценка результатов при способе изменения давления

Расчёт фактической утечки. Сравнение с допустимым значением. Учёт погрешности измерений. Если утечка превышает норму, необходимо найти и устранить течь.

6.3. Оценка результатов при использовании пробных газов

Показания течеискателя (в единицах потока, например, Па·м³/с). Определение местоположения течи по максимальному сигналу. Если течей несколько, оценка суммарной утечки затруднена. В таких случаях сначала выполняют ремонт обнаруженных течей, затем повторный контроль.

6.4. Составление заключения

Формулировка вывода о соответствии или несоответствии нормам. Рекомендации по ремонту дефектных участков. Примеры заключений.

Тема 7. Нормативная документация и безопасность (6 ч)

7.1. Основные нормативные документы

ГОСТ 24034-80 «Контроль неразрушающий. Радиационный. Термины и определения» (исторически содержит термины по течеисканию). Отраслевые стандарты: ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», ГОСТ 9544-2015 «Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов», стандарты ISO 20484, ISO 20485. Специальные методики предприятий.

7.2. Требования безопасности

При работе с газами под давлением: соблюдение правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Взрывопожаробезопасность при

использовании водорода, горючих газов. Токсичность аммиака, фреонов. Вентиляция помещений. Электробезопасность. Работа с вакуумным оборудованием.

Тема 8. Практика: подготовка оборудования (6 ч)

Цель: научиться подготавливать оборудование для течеискания, выполнять калибровку, собирать испытательные схемы.

Оборудование и материалы: гелиевый течеискатель (портативный), вакуумный насос, баллон с гелием, редуктор, контрольная течь (гелиевая), водородный течеискатель, смесь 5% H₂/N₂, манометры, заглушки, шланги, фитинги, инструмент.

Порядок:

1. Подготовка гелиевого течеискателя к работе: проверка уровня масла, включение, прогрев. Калибровка по контрольной течи: подключение контрольной течи к входу, измерение сигнала, сверка с паспортным значением.
2. Подготовка схемы для вакуумного способа: подключение течеискателя к вакуумной магистрали, проверка герметичности соединений.
3. Подготовка щупа: продувка щупа гелием, проверка отклика.
4. Подготовка водородного течеискателя: включение, прогрев, проверка чувствительности с помощью пробного флакона.
5. Сборка схемы опрессовки: установка манометра на испытуемый сосуд, подсоединение баллона с азотом, проверка разъёмных соединений обмыливанием.
6. Документирование подготовки в лабораторном журнале.

Тема 9. Практика: проведение контроля на стендах (10 ч)

Цель: выполнить течеискание учебных объектов разными методами, определить места утечек и количественно оценить их величину.

Оборудование и материалы: учебный стенд – сосуд с дефектными элементами (трубная решётка с течами, фланцевое соединение с дефектной прокладкой), гелиевый течеискатель, вакуумный насос, баллон с гелием, гелиевый пистолет, щуп, водородный течеискатель, азот, мыльный раствор, пневмозаглушки.

Порядок:

1. **Контроль способом падения давления:** заполнить сосуд азотом до заданного давления, записать начальное давление, через 10 мин – конечное. Рассчитать утечку. Сделать вывод о суммарной герметичности.
2. **Поиск течей обмыливанием:** при рабочем давлении последовательно нанести мыльный раствор на сварные швы и фланцы, визуально наблюдать образование пузырей. Отметить места течей.
3. **Гелиевый течеискатель (вакуумный способ):** вакуумировать сосуд, обдуть гелием подозрительные места, наблюдать отклик течеискателя. Определить координаты течей, оценить поток.
4. **Гелиевый щуп:** заполнить сосуд гелием до избыточного давления 0,1 МПа, щупом сканировать поверхность, фиксировать сигнал. Сравнить с данными обмыливания.

5. **Водородный метод:** заполнить сосуд смесью 5% H_2/N_2 , щупом водородного течеискателя обследовать соединения.
6. **Обработка результатов:** записать в протокол все найденные течи с указанием метода, координат, величины утечки. Сделать заключение о соответствии заданному классу герметичности.

Тема 10. Практика: разработка инструкций и заключения (8 ч)

Цель: научиться разрабатывать технологические инструкции по течеисканию конкретных объектов и оформлять итоговые заключения.

Задание: каждый слушатель получает конкретный объект (участок технологического трубопровода, запорная арматура, корпус редуктора) и разрабатывает инструкцию по контролю герметичности, включающую:

- Общий анализ требований герметичности (норма).
- Выбор способа контроля (обоснование).
- Подготовку объекта и схему испытаний.
- Оборудование и пробные вещества.
- Последовательность операций, параметры (давление, концентрация, скорость сканирования).
- Критерии приёмки (допустимая утечка, отсутствие пузырей).
- Требования безопасности.

Ролевая игра: другой слушатель выполняет контроль по этой инструкции (на учебном стенде), а автор инструкции затем проводит инспекционный контроль: проверяет правильность подготовки, соблюдение методики, интерпретацию результатов.

Оформление заключений: на основе полученных данных каждый слушатель составляет заключение о герметичности объекта в соответствии с требованиями, описывает выявленные дефекты и даёт рекомендации. Проводится групповое обсуждение и анализ ошибок.

Тема 11. Предэкзаменационная подготовка (4 ч)

Цель: систематизировать теоретические знания и практические навыки, подготовиться к квалификационному экзамену.

Содержание:

- Повторение физических основ (режимы течения, единицы утечки, принципы детектирования).
- Решение тестовых заданий из сборника экзаменационных вопросов по ПВТ.
- Решение задач: расчёт утечки по данным падения давления, оценка чувствительности методов.
- Пробное практическое задание: за 2 часа выполнить поиск течи на стенде с неизвестными дефектами, заполнить протокол и заключение.
- Индивидуальные консультации по ошибкам, разбор сложных ситуаций.

5. НОРМАТИВНАЯ БАЗА

- ГОСТ 24034-80 (термины в области течеискания, исторический).
- Отраслевые стандарты (ОСТ, СТО) по течеисканию.
- Инструкции по эксплуатации конкретного оборудования.