

Be sure.

testo



Практическое руководство

Измерительные технологии для систем отопления

Советы и рекомендации
2018

Авторские права, гарантии и ответственность

Информация, собранная в этом практическом руководстве защищена авторским правом. Все права принадлежат исключительно компании Testo.

Содержание и изображения не могут воспроизводиться для коммерческих целей, изменяться или использоваться в других целях, кроме специально предусмотренных для надлежащего использования без предварительного письменного согласия Testo.

Информация в данном практическом руководстве была подготовлена с максимальной тщательностью. Тем не менее, предоставленная информация не является фиксированной, и Testo сохраняет за собой право внести изменения или дополнения.

Testo не дает никакой гарантии или ручательства за корректность и полноту предоставленной информации.

Testo не несет ответственности за ущерб, возникший прямо или косвенно в результате использования данного руководства, поскольку они не могут быть отнесены к преднамеренному умыслу или халатности

Testo, 2018

Предисловие

Дорогой читатель,

это практическое руководство представляет собой обзор параметров измерения, измерительных задач и методов измерений в отопительной отрасли. Оно содержит компетентные ответы на часто задаваемые практические вопросы и основано на опыте пользователей приборов Testo по всему миру.

Руководство предлагает увлеченному новичку обзор соответствующего законодательства Германии, а также нормы предельных значений концентраций дымовых газов в выбросах, которые должны быть проконтролированы.

Для опытного профессионала - это ценный справочник с действующими нормативными документами. В этом издании рассмотрены рекомендации и технические приёмы для практического применения, предлагаются ценные советы, когда дело доходит до использования портативных газоанализаторов. Данное руководство спасет Вас от необходимости поиска нужной информации в различных источниках, который является утомительным и отнимающим много времени. Мы всегда открыты для любых дополнительных идей и предложений по улучшению нашего практического руководства.



Wolfgang Schwörer, Head of Product Management

Содержание

1. Что подразумевается под «дымовыми газами»?	6
1.1 Единицы измерения	7
1.2 Компоненты дымовых газов	10
2. Виды топлива	17
2.1 Твердое топливо	17
2.2 Жидкое топливо	20
2.3 Газообразное топливо	23
3. Горелки	25
3.1 Принцип работы горелки	25
3.2 Текущая ситуация в области котлостроения	26
3.3 Классификация горелок по типу топлива	29
3.3.1 Твердотопливные котлы	29
3.3.2 Газовые горелки	29
3.3.3 Жидкотопливные горелки	32
3.3.4 Другие типы горелок	36
4. Законодательные основы для измерений на системах отопления (на примере Германия)	39
4.1 Постановление о малых и средних топливосжигающих установках (1st BImSchV)	40
4.2 Немецкий закон о проверке дымоходов (KÜO)	41
5. Измерительные задачи для систем отопления	43
5.1 Проверка функциональности и настройка газовых систем	43
5.2 Проверка функциональности и настройка дизельных систем	64

6. Проверка герметичности газовых и водопроводных труб	67
6.1 Проверка газовых труб	67
6.1.1 Предварительный тест	67
6.1.2 Основной тест	68
6.1.3 Проверка пригодности к эксплуатации	70
6.1.4 Комбинированное испытание газовых труб	73
6.1.5 Обнаружение утечек газа	73
6.2 Испытание систем питьевого водоснабжения	74
6.2.1 Испытание под давлением с использованием воды	74
6.2.2 Испытание под давлением с использованием воздуха или инертного газа	75
6.2.2.1 Проверка герметичности	76
6.2.2.2 Испытание под нагрузкой	77
7. Измерительные технологии	79
7.1 Сенсоры	79
7.2 Принцип работы химических двух/трех электродных сенсоров	79
7.2.1 Принцип работы химического 2-хэлектродного сенсора	80
7.2.2 Принцип работы химического 3-хэлектродного сенсора токсичных газов	81
7.3 Принцип работы полупроводникового сенсора горючих газов	82
7.4 Электронные схемы	83
7.5 Конструкция	84
8. Приложение	85
8.1 Расчетные формулы	85
8.2 Презентация приборов Testo	88

1. Что подразумевается под “дымовыми газами”?

Значительное увеличение количества процессов сгорания приводит к ещё большей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере. Прямыми последствиями данных процессов являются образование смога, выпадение кислотного дождя, а также учащение случаев аллергии среди населения. Для того, чтобы производство энергии было сопряжено с минимальным ущербом для окружающей среды, необходимо уделить основное внимание

вопросу сокращения выбросов в атмосферу. Наиболее эффективным способом сокращения количества загрязняющих веществ в дымовых газах является оптимальная настройка действующих установок и прекращение использования котлов, отработавшие газы которых являются ядовитыми. Анализ дымовых газов позволяет определить концентрации загрязняющих веществ и максимально эффективно настроить системы отопления.



Рис. 1: Состав топлива / дымовых газов

Основными составляющими топлива являются углерод (C) и водород (H₂). Воздух, подаваемый на горение, состоит из кислорода (O₂), азота (N₂) и небольшого количества остаточных газов и паров воды. В результате сгорания этих веществ расходуется кислород (O₂). Этот процесс называется окислением. Из компонентов воздуха, идущего на горение, и топлива образуются новые соединения.

1.1 Единицы измерения

Параметр “ppm” (частей на миллион)

Наличие загрязняющих веществ в дымовых газах можно определить по концентрации компонентов газа. Обычно используются следующие единицы измерения: Как и “проценты (%)”, параметр “ppm” описывает пропорцию. Проценты – это “количество X частей в сотне частей”, а “ppm” – “количество X частей в миллионе частей”. Так, например, если в газовом цилиндре содержится 250 ppm оксида углерода (CO), это означает, что если взять один миллион частиц газа из цилиндра, то 250 из этих частиц будут частицами окиси углерода. Остальные

999,750 частиц – это частицы диоксида азота (NO₂) и кислорода (O₂). Единица измерения “ppm” – это независимый от температуры и давления параметр, который используется при измерениях низких концентраций. В случае с более высокими концентрациями измеряемые параметры исчисляются в процентах (%). Преобразование выполняется следующим образом:

10,000 ppm	= 1%
1,000 ppm	= 0.1%
100 ppm	= 0.01%
10 ppm	= 0,001%
1 ppm	= 0.0001%

Концентрация кислорода 21% от объёма будет эквивалентна концентрации, равной 210,000 ppm O₂.

Что подразумевается под “дымовыми газами”?

мг/Нм³
(миллиграммов на нормальный кубометр)

При использовании единицы измерения мг/Нм³, стандартный объём (стандартные кубические метры = м³ (н.у.) = Нм³) используется в качестве контрольной переменной, а масса загрязняющего газа приводится в миллиграммах (мг). Поскольку данная единица измерения зависит от давления и температуры, то в качестве контрольной единицы используется объём при нормальных условиях:

Температура: 0 °С

Давление: 1013 мбар (гПа)

Тем не менее, только этих сведений недостаточно, поскольку соответствующие объёмы дымовых газов изменяются в соответствии с пропорциональным содержанием в них кислорода (объём окружающего воздуха на единицу объёма дымовых

газов). Таким образом, измеряемые значения подлежат преобразованию в определённый объём кислорода – эталонное содержание кислорода (эталонное содержание O₂). Прямому сравнению подлежат только данные с одинаковыми эталонными объёмами кислорода. Измеренное содержание кислорода (O₂) в дымовых газах также является необходимым при преобразовании параметра “ppm” в “мг/Нм³”. Формулы преобразования для оксида углерода (CO) и оксида азота (NO_x) приводятся ниже. Используемые в формулах коэффициенты соответствуют стандартным значениям плотности газов в мг/м³.

$$\text{CO (мг/м}^3\text{)} = \left[\frac{21 - \text{эталонный O}_2}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times \text{CO (ppm)} \times 1.25$$

$$\text{NO}_x \text{ (мг/м}^3\text{)} = \left[\frac{21 - \text{эталонный O}_2}{(21 - \text{O}_2)} \right] \times 2.05 \times (\text{NO (ppm)} + \text{NO}_2 \text{ (ppm)})$$

Формулы преобразования мг/Нм³

мг/кВт-ч (миллиграмм на кВт-ч энергии)

Для определения концентраций загрязняющих веществ в дымовых газах в “мг/кВт-ч”, расчёты производятся на основе коэффициентов для заданного вида топлива. Таким образом, для различных видов топлива применяются различные коэффициенты преобразования. Коэффициенты преобразования “ppm” и мг/м³ в “мг/кВт-ч” приводятся ниже. Перед преобразованием в мг/кВт-ч измеренные значения концентраций выбросов необходимо преобразовать в значения для

неразбавленных дымовых газов (содержание эталонного воздуха – 0%) (см. Приложение 13.1). Коэффициенты преобразования для твёрдых видов топлива также зависят от формы имеющегося топлива (в виде цельного блока, измельчённого топлива, порошка и т.п.). По этой причине используемые коэффициенты топлива подлежат тщательной проверке.

Лёгкое дизельное топливо		
CO	1 ppm = 1.110 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0.900 ppm
	1 мг/м ³ = 0.889 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1.125 мг/м ³
NO _x	1 ppm = 1.822 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0.549 ppm
	1 мг/м ³ = 0.889 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1.125 мг/м ³

Природный газ (G20)		
CO	1 ppm = 1.074 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0.931 ppm
	1 мг/м ³ = 0.859 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1.164 мг/м ³
NO _x	1 ppm = 1.759 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0.569 ppm
	1 мг/м ³ = 0.859 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1.164 мг/м ³

Рис. 2: Коэффициенты преобразования для единиц измерения энергии

Что подразумевается под “дымовыми газами”?

1.2 Компоненты дымовых газов

Ниже приводятся компоненты дымовых газов в порядке уменьшения их концентрации в дымовых газах.

Азот (N₂)

Азот (N₂) - основной компонент воздуха, которым мы дышим (79 об. %). Газ без цвета, запаха и вкуса, не участвующий в процессе сгорания. Этот газ нагнетается в котёл в качестве балласта, нагревается и перекачивается в дымоход.

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные/газовые горелки: 78% – 80%

Углекислый газ (CO₂)

Углекислый газ – это газ без цвета и запаха с кисловатым привкусом. Под воздействием солнечного света растения с зелёным пигментом листьев - хлорофиллом - преобразуют углекислый газ (CO₂) в кислород (O₂). В процессе дыхания людей и животных происходит обратный процесс - преобразование кислорода (O₂) в углекислый газ (CO₂). Это приводит к равновесию, которое нарушается при наличии

газообразных продуктов сгорания, в результате чего усиливается парниковый эффект. Максимально допустимая концентрация CO₂ в воздухе рабочей зоны составляет 5,000 ppm.

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные горелки: 12.5 – 14%

Газовые горелки: 8 – 11%

Водяной пар (влажность)

Содержащийся в топливе водород соединяется с кислородом, в результате чего образуется вода (H₂O). Из топлива он выходит вместе с водой и подаваемым на горение воздухом в виде содержащейся в дымовых газах влаги (при высоких значениях температуры дымовых газов - FT) или в виде конденсата (при низких значениях FT). При сжигании водорода образуется водяной пар. Для полного сгорания 1 кг H₂ требуется 8 кг O₂, в качестве продукта сгорания образуется 9 кг воды. В обычных условиях процесса горения количество образующегося пара при “сжигании воды” зависит от вида топлива. Природный газ (CH₄) имеет самое высокое содержание H₂ (ок. 22%), а кокс - самое низкое (ок. 3%). Газообразные продукты сгорания

паров воды (доля которых до 15% по объему) содержат энергию (парообразования), которая используется в технологии конденсационного котла.

Кислород (O₂)

Остаточный кислород, не использованный в процессе сгорания ввиду избыточного воздуха, “отходит” в виде газообразных дымовых газов и используется для оценки эффективности сгорания. Он также используется для определения потерь тепла с дымовыми газами и содержания углекислого газа.

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные горелки: 2 – 5%

Газовые горелки: 2 – 6%

Оксид углерода (CO)

Оксид углерода – это ядовитый газ без цвета и запаха, являющийся продуктом неполного сгорания. CO имеет ту же плотность, что и воздух, в отличие от CO₂, который тяжелее и поэтому накапливается у поверхности земли. При высоких концентрациях угарный газ препятствует поступлению в кровь кислорода. CO действует на кровь как яд путем образования связи CO с гемоглобином. CO привлекает в

300 раз больше красных кровяных телец в крови, чем кислород. Так, например, при содержании в воздухе помещения 700 ppm CO, вдыхание такого воздуха на протяжении 3 часов приводит к летальному исходу. Максимально допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны составляет 30 ppm. В процессе сгорания углерода при недостатке кислорода, образуется только монооксид углерода, только 1/3 энергии преобразуется в тепло, а 2/3 теряется!

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные горелки: 80 – 150 ppm

Газовые горелки: 80 – 100 ppm

Оксиды азота (NO_x)

При высоких значениях температуры (процесс сгорания), азот (N₂) присутствующий в топливе, образует связь с кислородом, содержащемся в воздухе (O₂) в результате чего формируется оксид азота (NO). Спустя некоторое время данный бесцветный газ окисляется под воздействием кислорода (O₂) и образуется диоксид азота (NO₂). NO₂ это водорастворимый дыхательный яд, вызывающий тяжёлое поражение лёгких при вдыхании и способствующий образованию озона под воздействием

Что подразумевается под “дымовыми газами”?

ультрафиолетового излучения (солнечного света). Компоненты NO и NO_2 называются оксидами азота (NO_x). Предельно допустимая концентрация составляет 5 ppm.

Образование оксидов азота зависит от содержания азота в топливе, времени пребывания азота в зоне горения (длины факела пламени) и температуры пламени. При температуре пламени свыше $1,300^\circ\text{C}$, образование NO_x резко возрастает. Образование NO_x можно снизить с помощью современных технологий горения, таких как “холодное пламя”, рециркуляция дымовых газов и низкого уровня избыточного воздуха.

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные/газовые горелки: 50 – 100 ppm

Быстрые оксиды азота (NO_x)

образуются в процессе сгорания свободного кислорода (избыточного воздуха) в реакционной зоне пламени.

Топливные NO_x

образуются при высоких температурах горения в результате соединения содержащегося в топливе азота (мазут, уголь) с кислородом.

Данная реакция поглощает тепло.

В процессе сгорания природного газа топливные NO_x не образуются, поскольку природный газ не содержит азотных соединений.

Тепловые NO_x

Решающими критериями при образовании тепловых NO_x являются концентрация кислорода в процессе сгорания, время пребывания воздуха, идущего на горение, в зоне горения (длине факела пламени) и температура пламени (до прим. $1,200^\circ\text{C}$ = низкое, от $1,400^\circ\text{C}$ = значительное и от $1,800^\circ\text{C}$ = максимальное образование термальных NO_x).

Диоксид серы (SO_2)

Диоксид серы (SO_2) – бесцветный и токсичный газ с резким запахом. Этот газ образуется при наличии в топливе серы, и вызывает раздражение дыхательных путей и глаз. Максимально допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - 5 ppm. Сернистая кислота (H_2SO_3) образуется в результате соединения с водой (H_2O) или с конденсатом.

Типичное содержание в дымовых газах для дизельных горелок:

180 ppm – 220 ppm

Сера - S

Сера – это твердое химически очень активное вещество желтого/зеленого цвета. При нагревании сера взаимодействует почти со всеми элементами. Для сгорания 1 кг S требуется 1 кг O₂. Температура воспламенения: 260 °С.

Триоксид серы (SO₃)

В процессе сгорания часть SO₂ (около 3-7%) окисляется с образованием SO₃. Это твердое белое вещество поглощает большое количество воды с образованием серной кислоты (SO₃ + H₂O = H₂SO₄), компонента кислотных дождей.

Несгораемые остаточные углеводороды (C_xH_y)

Несгораемые углеводороды (C_xH_y) формируются в результате неполного сгорания и способствуют образованию парникового эффекта. В данную группу входят метан (CH₄), бутан (C₄H₁₀) и бензол (C₆H₆). Причины их образования аналогичны причинам образования угарного газа (монооксида углерода): недостаточное распыление и перемешивание при использовании жидкого топлива и недостаток воздуха при использовании природного газа или твердого топлива. Обнаружение

всех компонентов дымового газа с помощью измерительных технологий является сложным, поэтому на практике в случае с жидким топливом проводится проверка на содержание нефтепродуктов, а в случае с природным газом проводится измерение CO. В дизельных установках углеводороды заметны в следствие типичного неприятного запаха газообразных продуктов сгорания.

Типичное содержание в дымовых газах для дизельных горелок: менее 50 ppm

Сажа

Сажа – это (практически) чистый углерод (C) и образуется в результате неполного сгорания в дизельных горелках.

При нормальных температурах углерод реагирует очень медленно.

Для полного сгорания 1 кг углерода (C) требуется 2.67 кг O₂. Температура воспламенения: 725 °С. Более низкие температуры приводят к образованию сажи.

Типичное содержание в дымовых газах для дизельных горелок: сажевое число 0 или 1.

Что подразумевается под “дымовыми газами”?

Твердые частицы

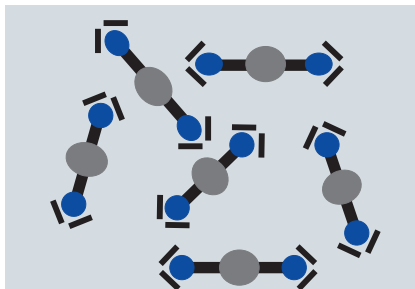
Твердыми частицами называют пылинки, которые настолько малы, что при дыхании через рот и нос вдыхаются вместе с воздухом. Поскольку размер частиц различается в зависимости от происхождения (от нескольких нанометров (нм) до нескольких микрон (мкм)), частицы подразделяются на несколько размерных категорий. Обычно для этого используется аэродинамический диаметр¹. Отсюда происходит широко используемый измерительный параметр, PM10 (“Твердые частицы (‘Particulate Matter’ < 10 (мкм) μm”). В Европе предельное значение для PM10 составляет 50 мкг/м³ в день или в среднем год - 40 мкг/м³. В США и Японии предельные значения установлены даже для более мелких частиц PM2.5. Частицы могут различаться по размеру, происхождению и составу. Возможные источники образования твердых частиц:

- Техническое воздействие (транспорт, промышленность, сельское хозяйство), и естественные процессы (например, распространение песчаной пыли Сахары).

- Как правило в результате механических процессов образуются частицы размером > 1 мкм, в то время как частицы размером < 1 мкм, которые представляют значительный риск для здоровья, почти всегда образуются в результате процессов горения.
- Другим источником образования частиц являются атмосферные процессы, где газообразные компоненты преобразуются в капельки или частицы соли вследствие конденсации или в результате химических реакций – как правило, после воздействия солнечных лучей.

Разница между газом и частицей Молекулы газа

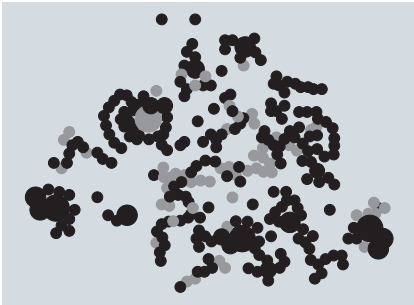
- Четко определены химически и физически
- Идентичны друг другу
- Характерные особенности → характерные частицы



¹ Аэродинамический диаметр частицы определяется как геометрический диаметр сферической, жесткой сравнительной частицы

Частицы

- Большое разнообразие геометрических характеристик
 - Большое разнообразие материального состава
 - Большое разнообразие физических характеристик
- мелкодисперсные частицы



Таким образом, процессы измерения частиц всегда имеют статистический характер и имеют определенное расхождение результатов. Следовательно, множество различных характеристик частиц приводит к наличию такого же количества методов измерения (каждый направлен на определение конкретной характеристики частиц). Одним из широко используемых методов является определение массы частиц, то есть их взвешивание. Однако, особенно мелкие частицы в данном случае подвергаются очень ограниченному анализу.

Влияние твердых частиц на здоровье

Точно установлена связь между загрязнением воздуха твердыми частицами и преждевременной смертью (на территории ЕС около 250,000 – 300,000 человек).

Частицы пыли в большинстве случаев попадают в организм человека через легкие.

Верхние и нижние дыхательные пути являются эффективным фильтром для частиц большого размера (диаметр: ~ 5 мкм).

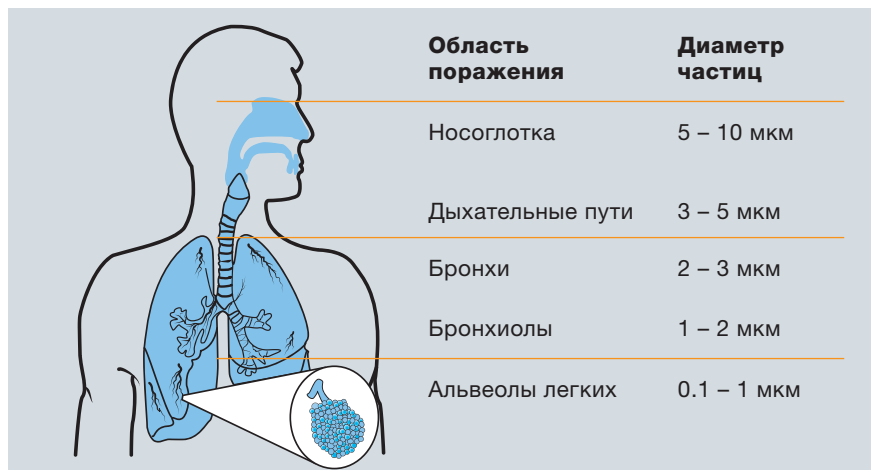
Однако, чем меньше размер частицы, тем глубже она проникает в легкие.

Это особенно опасно в связи с тем, что:

- Отсутствуют защитные механизмы легочных альвеол
- Защитная ткань прилегающих к ним кровеносных сосудов, толщиной всего несколько сотен нм, – таким образом, частицы могут попасть непосредственно в кровотоки и могут быть перенесены в любой орган.

Типичное содержание (по массе твердых частиц) в дымовых газах:
 $5 - 150 \text{ мг/м}^3$

Что подразумевается под “дымовыми газами”?



Заболевания, вызываемые загрязнением твердыми частицами:

различные респираторные заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, которые могут привести к летальному исходу. Частицы, образующиеся в результате процессов горения особенно опасны для здоровья. В частности, ВОЗ классифицирует частицы дизельных выхлопов как канцерогенные (пресс релиз ВОЗ, 12 Июнь 2012).

Аэрозоли

Аэрозоли представляют собой взвеси (гетерогенные смеси как минимум двух веществ) жидких и/или твердых частиц (размером от 2 нм – 100 мкм) в газообразной

среде, обычно в воздухе. Это разнообразие также означает, что частицы могут состоять из широкого спектра веществ и, следовательно, иметь различные характеристики. *Типичное содержание в дымовых газах для твердотопливных котлов не определено. Аэрозоль является динамичной системой и постоянно меняется в результате конденсации паров на частицах, испарению жидких составляющих частиц, коагуляции мелких частиц в крупные или оседания частиц на окружающие объекты.*

2. Виды топлива

2.1 Твердое топливо

К видам твёрдого топлива относятся каменный уголь, битуминозный уголь, торф, древесина и щепа. Основными компонентами данных видов топлива являются углерод (C), водород (H₂), кислород (O₂) и небольшое количество серы (S) и воды (H₂O). Твёрдые виды топлива классифицируются в основном по теплотворной способности; наивысшей теплотворной способностью обладает уголь, затем идут битуминозный уголь, торф и древесина. Основной проблемой при использовании данных видов топлива является образование большого количества пепла, твёрдых частиц и сажи. Для “отсеивания” данных отходов требуется наличие соответствующих механических приспособлений (например, колосниковой решётки).

Древесина

Древесина является натуральным, твердым топливом с длинным факелом. Мягкая древесина (ель, пихта и сосна) является смолистой и при некорректной эксплуатации топочной установки приводит к образованию крайне опасной

раскаленной сажи. Твердая древесина, например бук и дуб, подходит для топочных установок с высокотемпературной топкой и для топочных установок без колосниковой решетки (печи для обжига керамической плитки). Древесина горит длинным ярким пламенем, для сгорания тлеющих углей дополнительная подача кислорода не требуется. Температура воспламенения: около 290 °С, объем дымовых газов около 8 м³/кг, низшая теплотворная способность 12-15 МДж/кг в зависимости от содержания влаги, точка росы дымовых газов около 40 – 45 °С, С 40%, H₂ 6%, O₂ 35 – 40%, зола 1 – 2%, H₂O 15 – 20%, CO_{2макс} 20.3%, избыточный воздух 10 – 200% (в зависимости от фазы горения).

Пеллеты и брикеты (Прессованные изделия из натурального дерева)

Механически сформированное, твердое топливо с длинным факелом, сделанное из необработанных древесных остатков без применения вяжущих средств. Древесина рубится,

Виды топлива

измельчается и прессуется в цилиндрические формы под высоким давлением. Содержание H_2O очень низкое (5 – 6%), поэтому низшая теплотворная способность выше, чем у древесины, выращенной естественным путем. Низшая теплотворная способность в основном зависит от фактического содержания воды в прессованных изделиях. Требования и правила контроля для данного топлива определяются в законодательстве (например, ÖNORM M7135).

Древесные брикеты

Также как и расколотые бревна, используются в топочных установках с колосниковой решеткой или без нее.

Пеллеты

Используются для бытовых топочных установок и котельных установок с автоматической подачей топлива и регулируемой подачей воздуха. Таким образом, обеспечивается равномерное, регулируемое отопление с низким уровнем выбросов.

Древесная стружка (щепа)

Древесная стружка обычно производится с помощью мобильных или стационарных дисковых,

барабанных или спиральных рубильных машин. Она состоит из 100% древесины. Однако, как правило, используется остаточная лесная древесина, мелкотоварная или другая низкокачественная древесина (например, отходы после измельчения), которая не может быть использована для высококачественных продуктов. Наибольшее влияние на низшую теплотворную способность имеет содержание воды. Оно может значительно варьироваться в зависимости от вида дерева и способа хранения. Содержание воды в свежей древесной стружке из леса составляет 50-60%, и сушка материала (например, до содержания воды в 20%) практически удваивает низшую теплотворную способность.

Бурый уголь

Натуральное, твердое топливо с длинным факелом, получаемое из остатков лиственных, хвойных и пальмовых деревьев. Углефикация происходит при отсутствии воздуха посредством геотермальной энергии и давления грунта. 90% добычи угля осуществляется в открытых карьерах. Различают лигнит (бурый уголь с древесным строением) и антрацит (черный, глянцевитый).

Подходит для использования в топочных установках с высокотемпературной топкой, широкой колосниковой решеткой, для дожигания требуется вторичный поток воздуха. Топливо с высоким сажеобразованием, с высоким содержанием золы.

Температура воспламенения: около 250 – 450 °С, объем дымовых газов около 7 м³/кг, низшая теплотворная способность около 12 – 20 МДж/кг, С 40 – 60%, Н₂ 3 – 5%, N 0.5%, O₂ 15 – 20%, S 1.5%, зола 5 – 20%, H₂O 5 – 20%, CO_{2макс} 19 – 20%, избыточный воздух 60 – 100%.

Каменный уголь

Натуральное, твердое топливо с длинным факелом. Процесс образования аналогичен образованию бурого угля. Значительно более выдержанный, чем бурый уголь, следовательно, с более высоким содержанием углерода. Исключительно подземная добыча. Ранжируется на виды исходя из летучих топливных компонентов: длиннопламенный уголь, газовый уголь, жирный уголь, кузнечный уголь, тощий уголь, антрацит. Подходит для использования в печах для обжига плитки с колосниковой решеткой, печей и котлов с нижним горением.

Высокое сажеобразование в фазе нагрева, низкое дымообразование в фазе догорания тлеющих углей. В фазе нагрева требуется надлежащая подача воздуха, идущего на горение. Температура воспламенения: 320 – 600 °С, объем дымовых газов около 13 м³/кг, точка росы газов, идущих на горение примерно 30 – 35 °С, С 75 – 90%, Н₂ 4 – 6%, O₂ 3 – 15%, N 1 – 1.5%, зола 3 – 12%, H₂O 2 – 4%, S 1% низшая теплотворная способность (Н) примерно 27 – 32 МДж/кг, CO_{2макс} 17 – 20%, избыточный воздух 60 – 100%.

Брикеты

Искусственное, твердое топливо с длинным или коротким факелом. Угольная пыль и угольная сажа прессуются в формы под высоким давлением или с добавлением связующих веществ.

Кокс

Искусственное, твердое топливо с коротким факелом. Каменный уголь нагревается примерно до 800 – 1000 °С при отсутствии воздуха. Летучие компоненты топлива высвобождаются (= городской газ), и остается кокс, твердое пористое топливо, которое разбито на частицы различного размера в зависимости от предполагаемого

Виды топлива

использования и системы сгорания. Подходит для длительного горения. Горит практически без образования сажи и дыма, коротким голубоватым пламенем. Очень низкая температура дымовых газов, низкая точка росы и длительная фаза сгорания тлеющих углей. Температура воспламенения около 450 – 600 °С, объем дымовых газов около 12 м³/кг, точка росы дымовых газов около 13 – 15 °С, С 85%, Н₂ 1 %, О₂ 2 – 4%, N 1%, S 1%, зола 7 – 9%, Н₂О 5%, низшая теплотворная способность (Н) около 29 МДж/кг, СО_{2макс} 20.6%, избыточный воздух как для бурого угля.

Антрацит

Натуральное, твердое топливо с коротким факелом. Наиболее древний и, поэтому самый качественный каменный уголь. Обычно присутствует на рынке только в форме брикетов (брикеты яйцевидной формы).). Самое высокое содержание С и самое низкое содержание Н₂.

Древесный уголь

Искусственное, твердое, топливо с коротким факелом. Древесина нагревается в условиях отсутствия воздуха (в углевыжигательной

печи). Летучие составляющие топлива, такие как древесный газ, пары древесной смолы и вода высвобождаются. Используется в коммерческих целях и в качестве угля для барбекю. Горит коротким пламенем без образования дыма.

2.2 Жидкое топливо

Жидкое топливо извлекается из нефти. Нефть проходит различные стадии переработки на нефтеперерабатывающих заводах, в результате чего получают экстра-лёгкое (EL), легкое (L), среднее (M) и тяжелое (S) жидкое топливо. Жидкое топливо типа EL и S в основном используется для отопительных котлов. Экстра-легкое жидкое топливо широко используется в малых топливосжигающих установках спектр его применения идентичен применению дизельного топлива (окрашенное дизельное топливо). При применении тяжёлого жидкого топлива, требуется предварительное нагревание для достижения жидкого состояния. Для лёгкого жидкого топлива нагревание не требуется.

Дизельное топливо

Искусственное, жидкое, топливо с длинным факелом. Дизельное топливо получают

путем перегонки (нагреванием в условиях отсутствия воздуха) сырой нефти (нефтепродуктов) на нефтеперерабатывающих заводах. Сырая нефть добывается аналогично каменному углю, где исходными материалами являются вещества животного происхождения (планктон и микроорганизмы).

Добыча нефти осуществляется посредством собственного (природного) давления или выкачки.

Типы дизельного топлива: Экстра легкое (HEL) для испарительных и распылительных горелок, легкое (HL), среднее (HM) и тяжелое (HS) исключительно для распылительных горелок с предварительным нагревом. Требования к дизельному топливу определяются на законодательном уровне (например, в ÖNORM C 1108 и C 1109). Объем дымовых газов примерно $12 \text{ м}^3/\text{кг}$, точка росы газов идущих на горение примерно $45 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воспламенения около $300 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$, температура вспышки около $55 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$, избыточный воздух для распылительной горелки $30 - 40\%$, - для горелки желтого пламени с принудительной подачей воздуха $15 - 30\%$, - для горелки синего пламени с принудительной подачей воздуха $10 - 20\%$, диз. топливо типа

HEL $H = 42.8 \text{ МДж/кг}$, $S = 0.1\%$, $C = 86\%$, $H_2 = 13.7\%$, $CO_{2\text{макс}} = 15.4\%$, диз. топливо типа HL $H = 41.8 \text{ МДж/кг}$, $S = 0.2\%$, $C = 87.3\%$, $H_2 = 12.1\%$, $CO_{2\text{макс}} = 15.8\%$, диз. топливо типа HS $H = 40 \text{ МДж/кг}$, $S = 1\%$, $C = 86.5\%$, $H_2 = 10.7\%$, $CO_{2\text{макс}} = 16.4\%$.

Свойства дизельного топлива

Плотность дизельного топлива при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$ колеблется, для экстра легкого (HEL) между $0.83 - 0.86 \text{ кг/л}$, а для тяжелых (HS) между $0.90 - 0.98 \text{ кг/л}$. При сравнении цен и значений низшей теплотворной способности, проверьте, указана ли цена за литр или цена за килограмм, поскольку возможны расхождения до 20% ! Степень вязкости жидкого топлива уменьшается при нагревании и увеличивается при охлаждении, и всегда обусловлена конкретной температурой. остаточное жидкое топливо (HL, HM и HS) перед распыливанием необходимо предварительно нагреть, чтобы добиться наименьшей вязкости. Степень коксования выражается числом Конрадсона и показывает, какой остаток в виде кокса останется в процессе сжигания топлива (закоксовывание сопла горелки и отражательных плит, а

Виды топлива

также впускного сопла «чашечной горелки» для печи, работающей на жидком топливе. Точка вспышки – это температура, при которой легковоспламеняющиеся газо-воздушные смеси воспламеняются от искрового зажигания.

Точки вспышки делятся на три класса опасности:

Класс I: точка вспышки ниже 21 °С, например, бензин.

Класс II: точка вспышки 21 °С-55 °С, например, нефть

Класс III: точка вспышки 55 °С-100 °С, HEL, HL, HM (для HS точка вспышки выше 100 °С).

Точка воспламенения – это температура, при которой газозадушные смеси продолжают гореть независимо. Если при

горении не была достигнута точка воспламенения, это приводит к неполному сгоранию (образованию сажи).

Точка текучести – это температура дизельного топлива, при которой топливо все еще обладает текучестью. Температура застывания – это температура, при которой происходит разделение парафина и топливо теряет свойства текучести.

2.3 Газообразное топливо

Газообразное топливо – это смесь горючих и не горючих газов. К горючим компонентам газа относятся углеводороды (например, метан и бутан), угарный газ (CO) и водород (H₂). Газообразное топливо, используемое для отопления на сегодняшний день, это природный газ, основным компонентом которого является метан (CH₄). Небольшое количество жилых домов (10%) до сих пор снабжаются бытовым газом, основными компонентами которого являются водород (H₂), угарный газ (CO) и метан (CH₄). Однако теплотворная способность бытового газа в два раза ниже, чем теплотворная способность природного газа.

Природный газ (метан)

Газообразное топливо с коротким или длинным факелом. В естественной среде метан не имеет запаха. Его состав может значительно отличаться в зависимости от района производства. Основными компонентами являются CH₄ (метан) около 80 – 95% и N₂, серные соединения и вода. Перед использованием необходима обработка. В природный газ добавляют одорант (для имитации

запаха). В отличие от городского (бытового) газа, метан не токсичен, поскольку не содержит CO. Природный газ очень взрывоопасен! В большинстве случаев, месторождения природного газа располагаются рядом с залежами нефти и угля; газ образуется из простых организмов, которые откладывались и изменялись под воздействием высоких температур и давления. Природный газ из месторождений по трубопроводу подается к местам потребления, однако он также может быть сжижен при температуре -162 °C (111 К) и транспортирован под давлением с помощью танкеров. Для хранения используются пустые газовые коллекторы. Природный газ сжигается в горелках поверхностного горения (атмосферные горелки), горелках на искусственной тяге (однопламенная горелка) и в матричных (премиксных) горелках (горелка с предварительным смешением). Температура воспламенения примерно 630 °C, макс. температура пламени примерно 1900 °C, объем дымовых газов около 10 м³, объем водяного пара около 2 м³.

Виды топлива

Состав: метан 93.1%, этан 3.7%, N 2.2%, CO₂ 0.9%, CO_{2макс} 11.7%, потребление воздуха примерно 9.5 м³, плотность: 0.777 кг/м³, низшая теплотворная способность 36.4 МДж/м³ (10.1 кВт-ч), высшая теплотворная способность 40.3 МДж/м³ (11.2 кВт-ч), низшая теплопроизводительность (НВ) 34.3 МДж/м³ (9.5 кВт-ч), избыточный воздух: для горелки без вентилятора 200 – 300%, для горелки на искусственной тяге (вентиляторные горелки) 10 – 30%, для горелки с предварительным смешением (премиксные горелки) 10 – 40%.

Сжиженный углеводородный газ (СУГ)

Представляет собой побочные продукты нефтяной и топливной промышленности. Основными компонентами являются пропан и бутан. СУГ хранится в жидком состоянии под давлением в газовых баллонах и газгольдерах. При стандартном давлении СНГ является газообразным и тяжелее воздуха.

1 кг пропана (C₃H₈) = 1.87 л дает в результате примерно 0.5 м³/N газа, 1 м³. Низшая теплотворная способность пропана (Н) = 93.8 МДж, потребление воздуха примерно 23 м³, точка росы газов идущих на горение около 45-50 °С, объем дымовых газов примерно 26 м³, объем водяного пара примерно 4 м³, CO_{2макс} 13.9%, избыточный воздух 20-40%, 1 кг бутана (C₄H₁₀) = 1.67 л дает в результате примерно 0.37 м³/N газа, 1 м³. Низшая теплотворная способность бутана = 123.6 МДж, потребление воздуха примерно 31 м³, объем дымовых газов примерно 33 м³, бъем водяного пара примерно 5 м³.

3. Горелки

3.1 Принцип работы горелки

Горелка в сочетании с теплообменником используется для производства тепла. Это означает, что горячие дымовые газы, нагреваемые пламенем горелки, в свою очередь нагревают воду в отопительном змеевике, которая затем подаётся по трубам в качестве “теплоносителя” (теплопередающей жидкости) различным точкам потребления (например, в батарее.)

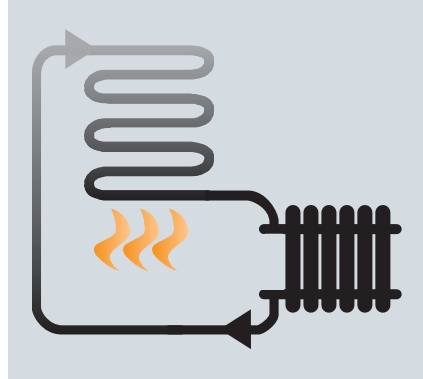


Рис. 3: Принцип работы горелки и системы отопления

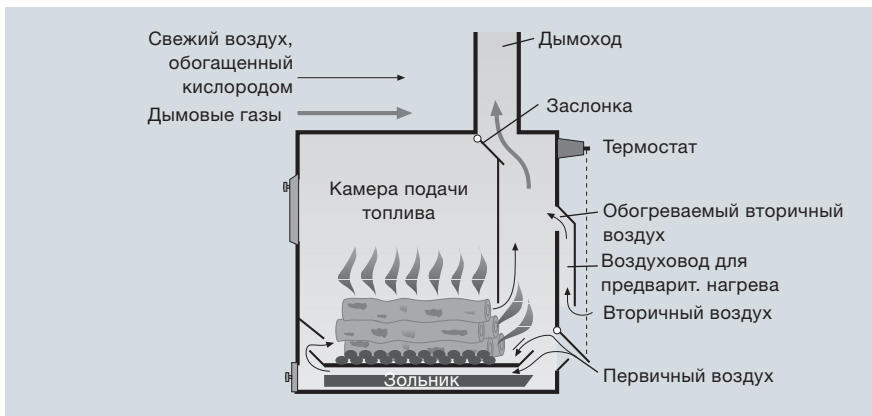


Рис. 4: Простая колосниковая печь

3.2 Текущая ситуация в области котлостроения

Котлы конструируются с учетом типов горелок и определенного типа топлива. Котлы изготавливаются с учетом очень низких температур горения газов и частичной конденсации газов идущих на горение в теплогенераторе или в нижнем теплообменнике (конденсационные котлы). Используются модулируемые устройства, точно настроенные с учетом теплопотребления, а, следовательно, варьируется и подача топлива, и бесступенчато регулируемая мощность нагревателя. Понижение температуры котловой воды может сократить как потери тепла (горячие дымовые газы) так и потери на излучение котла.

Использование котлов (погодозависимое управление) со скользкой температурой котловой воды может увеличить годовую эффективность использования. Однако снижение температуры котловой воды требует нагревателей с большой поверхностью теплопередачи (например, полы с подогревом). В котлах обычного типа температура котловой воды (температура

теплоносителя) составляет примерно 70 – 90 °С а температура дымовых газов для:

- Твердотопливных котлов выше примерно 160 – 300 °С
- Жидкотопливных котлов выше примерно 160 – 260 °С
- Газовых котлов выше примерно 100 – 260 °С

В ходе эксплуатации данных котлов, конденсации отработавших газов в котле не происходит.

Благодаря конструкции и применяемым материалам

низкотемпературные котлы эксплуатируются при температуре теплоносителя около 40 – 50 °С, без риска коррозии. Температура дымовых газов ниже в силу более низкой температуры поверхности теплообменников, что приводит к более высокой эффективности.

Сверхнизкотемпературные котлы могут эксплуатироваться при температуре котловой воды до 20 – 40 °С, без риска коррозии. Сверхнизкотемпературный котел может быть запущен из «холодного» состояния и затем нагрет, таким образом потери тепла через стенки аккумулятора тепла и трубопроводов сокращаются до минимума. Температура дымовых газов варьируется исходя из температуры котловой воды и

температуры теплоносителя. Возможно снижение температуры дымовых газов до 80 °С (и ниже), что приводит к высокой эффективности с низкими потерями на излучение, однако необходим влагостойкий дымовой (газоотводный) канал.

Конденсационные котлы

Данный тип котлов посредством второго теплообменника позволяет использовать теплоту конденсации водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания. Продукты сгорания должны быть максимально охлаждены внутри горелки - ниже точки росы топлива. Чем ниже температура продуктов сгорания (в зависимости от температуры котловой воды в обратной трубе), тем выше приток тепла посредством конденсации. Температура дымовых газов может быть снижена до 40 °С.

При этом необходимы вытяжной вентилятор, ввиду отсутствия отрицательного давления в дымоходе, и влаго-кислотостойкий дымоход. В отличие от низшей теплотворной способности, высшая теплотворная способность – это количество энергии, получаемое в ходе полного сгорания топлива в соотношении к количеству используемого топлива. Низшая теплотворная способность – это количество теплоты пара воды, выделяемое в процессе сгорания, минус количество теплоты парообразования. По этой причине значение высшей теплотворной способности – принципиально выше значения низшей теплотворной способности. В конденсационных системах используется второй теплообменник

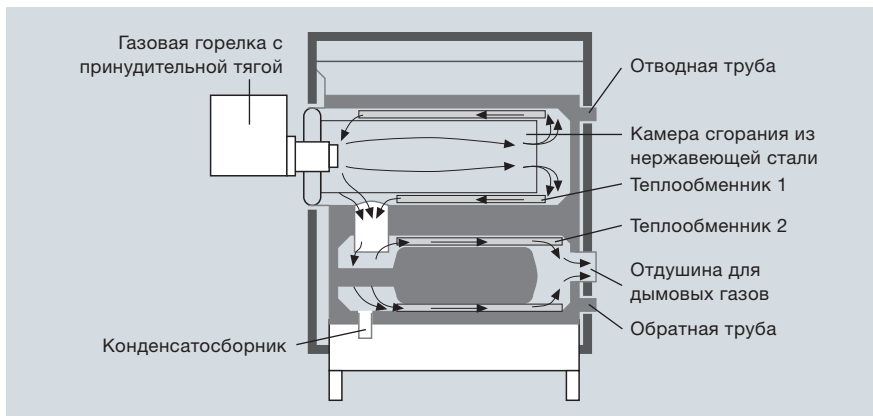


Рис. 5: Конструкция газового конденсационного котла

для обеспечения сочетания теплоты конденсации с теплотой сгорания. Значения температуры дымового газа в конденсационных приборах – значительно ниже обычных температурных значений в традиционных системах. Дополнительная (скрытая) теплота выделяется за счёт конденсации пара воды в дымовых газах. Температура, ниже которой содержание влаги в дымовых газах превращается в конденсат, называется температурой конденсации или точкой росы. У разных видов топлива точки росы различны и составляют примерно +58 °С для природного газа и примерно +48 °С для дизельного топлива. Точка росы для природного газа достигается быстрее при охлаждении дымовых газов. Это означает более быстрое выделение теплоты конденсации. Таким образом, энергия, полученная при использовании газа гораздо выше, нежели чем при использовании дизельного топлива. В конденсационной технологии преимущественно используется газ, поскольку при горении дизельного топлива выделяется диоксид серы (SO_2), преобразуемый частично в конденсат сернистой кислоты. Принимая во внимание

образующийся конденсат, система дымовых газов должна отличаться устойчивостью к воздействию влаги и кислоты.

- Для конденсационных систем не требуется соответствие каким-либо, даже минимальным, требованиям эффективности. Так в законе 1st BImSchV не дано указаний на используемые предельные значения.
- Поскольку энергия измеряется как низшая теплотворная способность, значение КПД может быть более 100%.
- Будьте внимательны при измерениях NO_x : пропорциональное соотношение NO к NO_2 может достигать 50:50. А это означает, что для измерения NO_x необходимо выполнить отдельные замеры концентраций NO и NO_2 .

3.3 Классификация горелок по типу топлива

3.3.1 Твердотопливные котлы

В случае с твёрдотопливными котлами следует различать системы, где в качестве топлива используется древесина, уголь, кокс или прессованный уголь. В твёрдотопливных котлах 80% воздуха, идущего на горение, требуется непосредственно для самого процесса сгорания. 20% идущего на горение воздуха (вторичного воздуха) подается в дымовые газы, получаемые в процессе сгорания, что обеспечивает оптимальный процесс горения. Вторичный воздух требует предварительного подогрева во избежание охлаждения дымовых газов (неполное сгорание).

3.3.2 Газовые горелки

Это установки, использующее газообразное топливо, например природный газ, сжиженный углеводородный газ и биогаз. Следует различать **атмосферные газовые горелки** с аварийным термостатом обратного хода дымовых газов и газовые **горелки с принудительной тягой** без аварийного термостата дымовых газов.

Горелки с предварительным смешением

- это атмосферные горелки с вентилятором, но без аварийного термостата дымовых газов, где воздух, идущий на горение точно дозируется и, следовательно, содержание CO₂ чрезвычайно высоко.

Основное преимущество газовых систем состоит в том, что в процессе сгорания не образуется шлаков и в возможности экономии пространства за счет обеспечения запаса топлива. В частности при использовании атмосферных газовых горелок, за счёт удаления дымовых газов происходит всасывание и смешивание воздуха, подаваемого на горение в камере сгорания. Топливо-воздушная смесь, сжигаемая в камере сгорания, отдаёт тепло через теплопроводящие поверхности, а дымовой газ отводится через регулятор тяги в дымоотвод. Задача управления потоком состоит в том, чтобы предотвратить возможность влияния на процесс сгорания в горелке за счёт поступления дымовых газов или обратной тяги.

Горелки с принудительной тягой

Воздух, идущий на горение, подается в горелку с помощью нагнетателя. Это обеспечивает

точное дозирование воздуха, идущего на горение, и его тщательное смешивание с газом. Высокая эффективность обеспечивается за счет низкого уровня избыточного воздуха (10 – 20%). Горелки с принудительной тягой отличаются высокой эксплуатационной безопасностью и нечувствительностью к атмосферным воздействиям. Избыточное давление в котле сбрасывается через предохранительные клапаны. Дымовые газы выводятся наружу за счет естественного отрицательного давления в дымоотводе в торцевой части котла. Газовые горелки с принудительной тягой по конструкции очень схожи с дизельными горелками. Как и в случае с дизельными горелками с принудительной

тягой потери в следствие простоя предотвращаются с помощью автоматических воздушных заслонок, которые препятствуют прохождению воздуха через котел, когда горелка не работает. Колебания тяги или избыточное отрицательное давление можно снизить за счет установки и настройки регуляторов тяги. Это также будет препятствовать проникновению влаги в дымоотвод.

Атмосферные горелки

Эти горелки созданы на основе инжекторных горелок и преимущественно используются в качестве горелок поверхностного горения или диффузионных (премиксных) горелок. Горелки такого типа работают с автоматическим забором воздуха. Атмосферные горелки состоят из

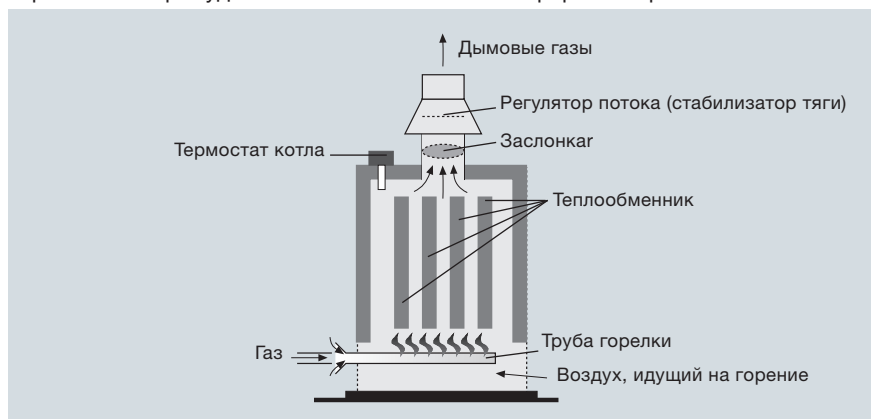


Рис. 6: Отопительный котел с атмосферной горелкой

горелочных труб, каждая из которых имеет инжектор и смесительную трубку. Первичный воздух (примерно 60%) всасывается в инжекционную трубку за счет отрицательного давления проходящего газа.

Газовоздушная смесь проходит через сопла горелки и на выходе еще раз смешивается с вторичным воздухом (примерно 40 %) и воспламеняется. Образуется вытянутое, голубоватое пламя.

Газ, идущий на горение, пропускается через горелку за счет термической подъемной силы. Дымовые газы выводятся за счет естественного отрицательного давления на выходе теплообменника. Как и в случае с горелками с принудительной тягой (дымосос), подача воздуха, идущего на горение, а значит и избыточный воздух не подлежат точной настройке и регулированию. Поскольку перебои в выведение дымовых газов не должны влиять на процесс горения, атмосферные горелки должны быть оснащены обратным клапаном. В зависимости от интенсивности отрицательного давления через открытый обратный клапан в поток дымовых газов попадает более или менее проконтролированный “инфильтрованный воздух”, так что в камере сгорания преобладают

наиболее подходящие условия горения из возможных (подача воздуха). Содержание инфильтрованного воздуха или вторичного воздуха может оказывать значительное влияние на результат измерения (измерение CO_2 или O_2 до или после обратного клапана). В случае закупорки или противотока, дымовые газы выводятся в помещение, где установлено топливосжигающее оборудование через отверстия дымосборной камеры. По прошествии безопасного промежутка времени примерно в 1-2 минуты анализатор дымовых газов (устройство защиты) посредством магнитного клапана останавливает подачу газа. С целью снижения процента NO_x в дымовых газах (возможно сокращение до 30%), атмосферные горелки оснащены каналами охлаждения или колосниковыми решетками с водяным охлаждением.

Горелки с предварительным смешением

В связи с более строгими законодательными требованиями (к эффективности, значениям NO_x и CO) были разработаны новые методы сжигания. Горелки с предварительным

смешением отличаются высокой эффективностью (КПД до 92%) и низкими нагрузками загрязнений. Горелки с предварительным смешением (премиксные) относятся к атмосферным горелкам. Воздух, идущий на горение, может подаваться из помещения, где находится топливосжигающая установка или через впускную трубу воздухозабора. Вентилятор всасывает воздух, идущий на горение, через воздухозаборники. С помощью вентилятора и регулятора дифференциального давления задается объем воздуха, необходимый для горения данного объема газа (мощности котла). Таким образом, может быть задано совсем незначительное количество избыточного воздуха. Преимущество: повышение эффективности за счет меньших потерь с дымовыми газами. Газовоздушная смесь пропускается через горелку поверхностного горения или диффузионную горелку, поджигается и горит коротким факелом или тонким поверхностным факелом. После охлаждения дымовые газы попадают в герметичную систему подготовки дымовых газов с избыточным давлением (200 Па) а затем выводятся наружу через систему дымоотвода.

3.3.3 Жидкотопливные горелки

Задачей жидкотопливных горелок является качественное распыление жидкого топлива. Существуют различные типы горелок:

Испарительные горелки для топлива типа HEL

Распылительные горелки для топлива типа HEL, HL, HM и HS

Испарительные горелки

Основным компонентом в испарительных горелках является чаша или горшок (соответственно горелка типа чаши или горшка). В этом сосуде жидкое топливо испаряется под воздействием тепла. Через отверстия в боковых стенках чаши поступает воздух, идущий на горение, и обеспечивает необходимое смешивание для стабилизации пламени в камере сгорания. Подача топлива и, следовательно, тепловая мощность, корректируется посредством регулирующего клапана в регуляторе топлива. В регуляторе топлива имеется поплавковый указатель уровня, который поддерживает постоянный уровень топлива, так что независимо от давления на впуске расход топлива остается неизменным. Если пламя гаснет, поплавковый указатель предотвращает вытекание топлива

выше отметки безопасности.

Жидкое топливо для работающей печи подаётся из внутреннего резервуара (примерно 20 литров) или внешнего резервуара (до 300 литров). Топливо поджигается вручную посредством парафиновых фитилей или спиртового запальника, или в автоматическом режиме с помощью электрического нагревательного провода.

Полностью автоматизированная работа возможна через терморегулятор. Все испарительные горелки очень чувствительны к тяге. Давление тяги должно составлять как минимум 10-15 Па. Колебания тяги или слишком большую силу тяги можно отрегулировать и настроить с помощью регулятора (стабилизатора) тяги. Испарительные горелки с вентилятором чаще всего нечувствительны к атмосферным воздействиям. Скорость вентилятора можно отрегулировать, следовательно, можно в совокупности управлять объемом воздуха и расходом топлива. Испарительные горелки отличаются высокой эффективностью! Тепловая мощность горелок без вентилятора составляет примерно от 3 до 15 кВт, с вентилятором – до 50 кВт, макс. сажевое число = 2, КПД 70-80 %, содержание CO_2 в дымовых газах 8-10%.

Необходимо регулярно чистить нагревательные поверхности. При недостаточном или избыточном давлении воздуха или в случае загрязнения воздушных отверстий, жидкотопливные печи покрываются копотью. Недостаточное разрежение в дымоходе может привести к дефлаграции (быстрому сгоранию без детонации).

Распылительные горелки

В горелках такого типа топливо поступает через электрически управляемый топливный насос при высоком давлении (7 – 20 бар) а затем подается в топливную форсунку, где оно распыляется на очень мелкие капельки. Вентилятор вытягивает воздух из котельного помещения и подает его через патрубки горелки к топливной форсунке, где он смешивается с распыленным топливом посредством соответствующих смесительных устройств (диффузор, инжектор, кольцевые и вихревые насадки, и т.д.). Объем воздуха задается с помощью клапанов или заслонок на стороне всасывания или нагнетания. Воздушные заслонки предотвращают потери на охлаждение во время простоя горелки. Смесь поджигается искрой высокого напряжения (электрод

розжига) и продолжает гореть до тех пор, пока идет подача топлива и воздуха. Топливный туман дополнительно выпаривается за счет теплоты пламени. Одноступенчатые горелки работают в режиме включения/выключения, т.е. они всегда работают на полную номинальную мощность горелки. Для большей эффективности и лучшего управления, в системах мощностью более 100 кВт используются двухступенчатые горелки или горелки с двумя соплами. Воздушная заслонка управляется гидравлическим или электрическим приводом в двух различных положениях. Для двухступенчатых горелок воздействие внешних факторов при запуске значительно меньше. В настоящее время с целью экономии энергии двухступенчатые горелки используются даже для небольших мощностей. Это означает, что на протяжении большей части года горелка может работать с пониженной мощностью. Для больших мощностей используются регулируемые (модуляционные) горелки с рециркуляционным соплом. Объем воздуха контролируется в соответствии с количеством поступающего топлива. Для жидкотопливных

горелок с управлением при помощи лямбда-зонда, в условиях непрерывного анализа дымовых газов циркониевым измерительным зондом, содержание O_2 в дымовых газах измеряется и удерживается в диапазоне 1 – 1.5%. Это обеспечивает высокую эффективность и незначительные выбросы загрязняющих веществ. В зависимости от вязкости топлива и обеспечения необходимой “текучести” для качественного распыления требуется предварительный нагрев до 70 – 120 °С. Нагревание уменьшает вязкость топлива и гарантирует наилучшее сгорание с низкими выбросами. При работе с топливом типа HEL также используются жидкотопливные горелки с предварительным нагревом.

Ротационные горелки

В горелках данного типа топливо проходит через быстровращающийся полый вал, открытую чашу ниже по стороне котла. Эффект центробежной силы заставляет топливо равномерно распределяться по внутренней части чаши, вращаясь, срывать с краев чаши на высокой скорости и мелко распыляться. Другими типами таких горелок являются эмульсионная

горелка, горелка с воздушным распылением и пароструйным распылением топлива.

Регулируемые и предохранительные устройства для распылительных горелок

Поскольку основным преимуществом отопления на жидком топливе является автоматический режим работы, сам автоматический механизм должен быть сконструирован особенно тщательно, для безопасной и безотказной работы. Небольшие системы работают по принципу включения/выключения. Системы средних мощностей можно настроить на «ступенчатую» работу: на частичную или полную мощность в зависимости от нагрузки. Системы большой мощности регулируются постоянно, благодаря модуляционному режиму работы.

Компоненты систем, работающих на жидком топливе

Полностью автоматическая система, работающая на жидком топливе состоит из следующих компонентов: *Трансформатор розжига* создает искры высокого напряжения (около 10,000 вольт) между двумя электродами в момент включения

горелки, таким образом, поджигая смесь топлива и воздуха.

Задача датчика контроля пламени заключается в контроле и уведомлении о наличии или отсутствии пламени.

Котловой термостат (регулятор температуры) установленный в котле, реагирует на температуру воды и в случае каких-либо отклонений от заданного значения, соответственно, включает или выключает горелку.

Устройство контроля предельной температуры (предельный термостат) выключает горелку, если превышено максимальное допустимое значение температуры.

Устройство автоматического розжига (блок управления) координирует все операции переключения согласно правильному порядку.

Как работает устройство автоматического розжига

Запуск:

- Включение двигателя с вентилятором и топливных насосов
- Активизируется трансформатор розжига
- По прошествии нескольких секунд (время до поджига) открывается магнитный клапан подачи топлива через форсунки
- Воспламеняется образовавшийся топливный туман
- Горит пламя
- Активируется датчик контроля пламени и отключается трансформатор розжига

Функционирование:

Горелка продолжает работать до тех пор, пока требуется подача тепла

В случае неисправности:

Если по прошествии определённого времени не произошло воспламенение или пламя погасло в ходе работы, горелка выключается и блокируется (кнопка разблокировки).

3.3.4 Другие типы горелок

Котлы с дизельными и газовыми горелками

В горелках данного типа воздух, идущий на горение подается с помощью нагнетателя (вентилятора). Поскольку современные дизельные и газовые котлы имеют практически идентичную конструкцию, то, например, газовый котел можно использовать в сочетании с элементами дизельной горелки и принудительной подачей воздуха. Преимуществами горелок с принудительной подачей воздуха являются независимость от тяги дымовых газов, меньшее сечение дымохода, стабильный процесс горения и высокая эффективность. Однако существует недостаток, заключающийся в высокой энергоёмкости горелки.

Герметичные котлы

Котлы данного типа работают как на дизельном, так и на газовом топливе. Такой котел оснащен вентиляторной горелкой, способной подавать в камеру горения необходимый объем воздуха, требующийся для эффективного сгорания топлива, а также поддерживать в топке избыточное

давление равное сопротивлению дымовых газов на всем протяжении контура дыма до выхода из котла. Установка турбулизаторов, завихрителей и рассекателей позволяет улучшить эффективность теплообмена благодаря более полной теплоотдаче дымовых газов, а следовательно повысить КПД котла. Технологические отверстия для очистки котла и соединения с горелкой должны быть герметично и туго затянуты.

Двухтопливные горелки

Данные горелки разработаны для попеременного сжигания дизельного и газообразного топлива. Горелки такого типа используются в тех областях, где требуется надежное теплоснабжение (например,

больницы и электростанции). Конструкция данных горелок во многом совпадает с конструкцией дизельных горелок. Газовый контур представляет собой полое кольцо, имеющее штуцер для подвода газа и распылительные трубки. Жидкотопливный контур включает дизельную или мазутную головку и форсунку. Подача топлива регулируется с помощью магнитного клапана.

Принцип действия основан на сжигании жидкого топлива и природного газа как отдельно, так и в виде смеси. Установка такой горелки минимизирует риски перебоев с топливом и обеспечивает стабильную работу отопительной системы.



4. Законодательные основы для измерений на системах отопления (на примере Германии)

В Германии работа небольших установок для сжигания регулируется двумя законодательными актами.

Во-первых **1-ым Немецким Федеральным законом о борьбе с выбросами (1st BImSchV)**,

который, был разработан с целью защиты окружающей среды, и, во-вторых Немецким законом по проверке дымоходов (KÜO), который призван обеспечивать эксплуатационную надежность системы. До 2013 главный районный трубочист являлся инспектором, отвечающим за контроль соблюдения данных нормативных требований. Вследствие расхождений в руководящих правилах Европейского Союза, в 2008 году парламентом Германии

был принят новый Немецкий закон, регламентирующий деятельность по очистке дымовых труб (SchfHwG). Согласно данному закону определенные обязанности государственных служб могут исполняться только уполномоченными районными трубочистами, например, проверка подключенного топочного оборудования. Для уполномоченных районных трубочистов данный закон устанавливает задачи, подлежащие выполнению согласно законам KÜO и 1st BImSchV, а также соответствующие временные рамки. Владелец системы должен самостоятельно выбрать авторизованную компанию, которая будет выполнять для него данный вид работ.

Следующие измерения должны быть проведены согласно 1st BImSchV:

Тип топлива	Необходимые измерения
Дизельное топливо	<ul style="list-style-type: none"> - Потери с дымовыми газами - Концентрация CO - Подъемная сила / тяга в дымоходе - Сажевое число
Газ	<ul style="list-style-type: none"> - Потери с дымовыми газами
Древесина	<ul style="list-style-type: none"> - Содержание пыли - Концентрация CO

4.1 Постановление о малых и средних топливосжигающих установках (1st BImSchV)

Федеральный закон о борьбе с выбросами был принят в 1974 для защиты окружающей среды. Ввиду существования различных угроз окружающей среде, нормативно-правовая база по охране окружающей среды была закреплена в 18 Федеральных Постановлениях по борьбе с выбросами.

Существует четыре свода правил по контролю загрязняющих выбросов относительно утилизации отходящего тепла системами отопления, которые указывают, как экологически безопасным образом эксплуатировать систему в соответствии с ее мощностью и типом используемого топлива.

1-ое Федеральное постановление по

борьбе с выбросами регулирует состояние и эксплуатацию малых систем для сжигания.

4-ое Федеральное постановление по борьбе с выбросами применяется для систем средней мощности в диапазоне низких мегаватт и регламентирует эксплуатацию систем, требующих утверждения. Большие системы свыше 50 МВт регулируются 13-м Федеральным постановлением по борьбе с выбросами (BImSchV). Эксплуатация систем, сжигающих отходы или аналогичные горючие вещества регулируется 17-м Федеральным постановлением по борьбе с выбросами (BImSchV).

В рамках борьбы с загрязнением воздуха к техническому оснащению систем отопления предъявляются более строгие требования, поскольку малые системы для

Мощность МВт \ Тип топлива	Мощность МВт					
	0 до 1	1 до 5	5 до 10	10 до 50	50 до 100	>100
Твердое топливо						
Легкое диз. топливо		1-ое Фед. Постановление	4-ое Фед. Постановление		13-ое Фед. Постановление	
Диз. топливо иного типа			TI air			
Газообразное топливо						

Рис. 7: Действующие BImSchV исходя из мощности системы и типа топлива

сжигания, расположенные в густонаселенных городских районах, способствуют значительному загрязнению окружающей среды. Особенно важно стремиться к минимизации загрязняющих выбросов и сохранять запасы топлива в помещениях, требующих утверждения. Для оптимальной настройки малых систем для сжигания, должны быть записаны системные данные и определены концентрации загрязняющих веществ. Приборы, используемые для проведения измерений должны проходить квалификационные испытания (испытания в TÜV). В Германии для проведения официальных измерений измерительные приборы должны каждые 6 месяцев проходить проверку на испытательном стенде.

4.2 Немецкий закон о проверке дымоходов (KÜO)

В январе 2010 года KÜO был опубликован в Германии в качестве государственного постановления и 8 апреля 2013 в него были внесены поправки. Немецкий закон по проверке дымоходов (KÜO) устанавливает обязанности инспекторов по проверке дымоходов и анализу дымовых газов в области обеспечения эксплуатационной и пожарной безопасности, защиты окружающей среды, эффективного использования энергии и охраны климата. Он содержит указания на типы систем, подлежащих проверке, устанавливает сроки и предельные значения, а также процедуры, которые необходимо соблюдать во время проверок или очистки.

Следующие измерения должны быть проведены согласно KÜO:

Тип топлива	Необходимые измерения
Дизельное/газ	- Концентрация CO - Измерения в двойной стенке

Подробная информация о процедурах проведения измерений представлена в разделе 5.



5. Измерительные задачи для систем отопления

Для обеспечения оптимальной работы на газовых системах, дизельных и твердотопливных системах, необходимо проводить различные функциональные проверки, настройку и замеры как на этапе ввода в эксплуатацию, так и на регулярной основе.

Ниже представлено подробное описание данных мероприятий, а также на примере Германии даны предельные значения, установленные законодательством. Также ознакомьтесь со стандартами, руководящими правилами и редельными значениями, установленными в вашей стране!

5.1 Проверка функциональности и настройка газовых систем

Описанные ниже действия и полезные рекомендации описывают основные элементы проверки функциональности и конфигурации при вводе в эксплуатацию атмосферных газовых котлов и конденсационных котлов. Описание мероприятий, проводимых для газовых горелок с принудительной подачей воздуха не представлено.



Рис. 8: Для осуществления настройки необходимо иметь анализатор дымовых газов, например, testo 330

1 Проверка давления в газовых магистралях

Перед вводом

топливосжигающих систем в эксплуатацию необходимо проверить давление в газовых магистралях (давления потока). Оно должно находиться в пределах допустимого диапазона, указанного в документации производителя (для природного газа это обычно 18 – 25 мбар). Если допустимые пределы превышены, эксплуатация газового котла невозможна и для решения проблемы необходимо уведомить соответствующую газоснабжающую компанию.

Для измерения давления газа манометр подключается к соответствующему измерительному штуцеру газового котла, при закрытом основном запорном газовом кране. Затем, когда основной газовый кран открыт, горелка доводится до полной



Рис. 9: Проверка давления в газовых магистралях с помощью testo 510 мощности через соответствующее меню управления и измеряется давление газа поступающее в топливосжигательную систему. Если давление допустимо, измерительный штуцер снова закрывается и продолжается процесс ввода в эксплуатацию.

Возможные последствия неправильных значений давления газа:

Давление газа слишком высокое

- Отрыв пламени
- Неполное сгорание
- Высокие концентрации CO
- Риск отравления
- Высокий расход газа

Давление газа слишком низкое

- Затухание пламени
- Высокие потери с дымовыми газами
- Высокое содержание O₂
- Низкое содержание CO₂

2 Установка соотношения газа и воздуха

Целью для экологически безопасной и максимально эффективной работы топливосжигающей системы является полное сгорание всех компонентов, входящих в состав топлива. Ключом к оптимальной работе является установление объема воздуха, идущего на горение. На практике доказано, что небольшое количество избыточного

воздуха является оптимальным для работы системы. На горение подается немного больше воздуха, чем это теоретически необходимо. Отношение реального количества воздуха, идущего на горение к теоретически необходимому называется «избытком воздуха» и обозначается λ (лямбда).

Это иллюстрирует следующая модель процесса сгорания.

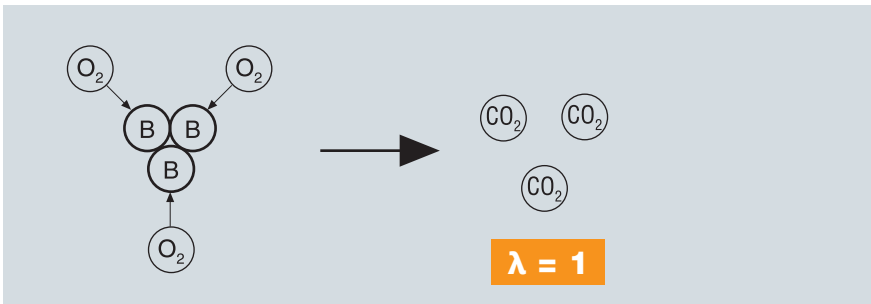


Рис. 10: Идеальный процесс сгорания

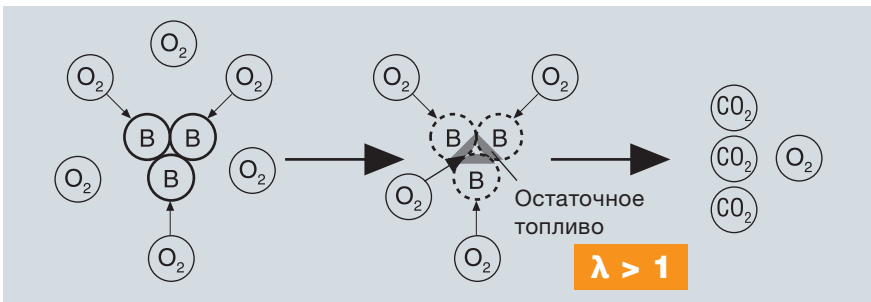


Рис. 11: Реальный процесс сгорания

Соотношение топливо-воздух определяется исходя из концентрации дымовых газовых компонентов CO , CO_2 и O_2 . Взаимосвязи отображены в так называемой диаграмме сгорания (см. рис. ниже). Во время горения любое содержание CO_2 в свою очередь имеет конкретное содержание CO (при недостатке воздуха/ $\lambda < 1$) или O_2 (для избыточного воздуха/ $\lambda > 1$). Значение CO_2 само по себе не дает четкого представления, так как отображает максимальную

концентрацию (см. рисунок), поэтому дополнительно требуется измерение CO или O_2 . При работе с избыточным воздухом предпочтительным является определение O_2 . Для каждого топлива есть своя отдельная диаграмма и свое значение для $\text{CO}_{2\text{макс}}$ (см. Приложение).

Максимальная эффективность сгорания достигается только если потери тепла с дымовыми газами минимальны за счет незначительного количества избыточного воздуха.

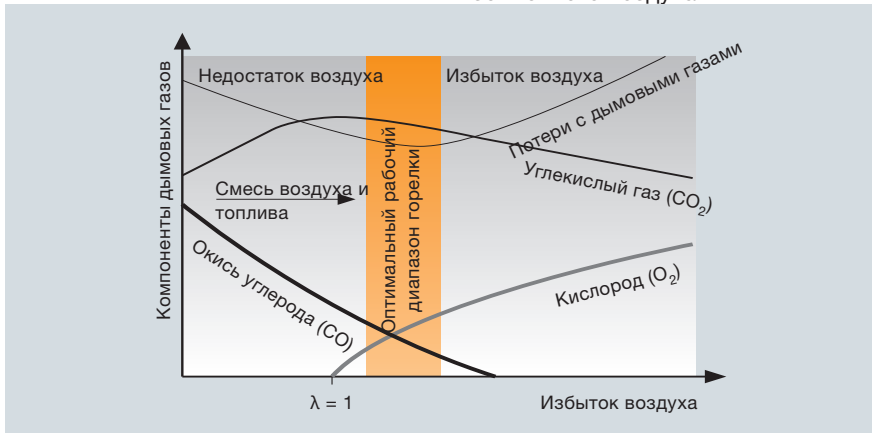


Диаграмма показывает, что потери с дымовыми газами увеличиваются при недостатке воздуха, а также при наличии определенного количества избыточного воздуха. Относительное увеличение потерь с дымовыми газами можно объяснить следующим:

1. При недостатке воздуха используемое топливо сгорает не полностью и увеличивается расход топлива.
2. При наличии избыточного воздуха большее количество кислорода нагревается и непосредственно через дымоход выводится наружу, при этом, не используя для выработки тепла.

Отдельные этапы по установлению соответствующего отношения топливо-воздух для требуемой тепловой выходной мощности подробно описаны в документации производителя, и в общем виде представлены ниже:

В случае с неконденсационным оборудованием соотношение газ-воздух устанавливается с помощью манометрического метода, т.е. давление перед соплом горелки устанавливается для минимальной и максимальной мощности.

Уплотнительный винт штуцера контроля давления отворачивается и манометр подключается к измерительному соединению для измерения давления.

Газовый котел, как правило, сначала включается на максимум (полная нагрузка), а затем опускается до своей минимальной мощности

(слабая нагрузка) через меню управления. Для обоих уровней мощности давление перед соплом корректируется соответствующими регулировочными винтами на газовой арматуре и контролируется манометром.

Информация о требуемом давлении дана в документации производителя (в зависимости от числа Воббе используемого газа, которое можно уточнить у поставщика газа):

В случае с конденсационными котлами соотношение газ-воздух обычно устанавливается посредством измерения содержания углекислого газа (CO₂) в дымовых газах. Подготовьте анализатор дымовых газов, как описано дальше в шаге 3 и установите газоотборный зонд в дымоход. Затем через меню управления установите котел на максимальную мощность и измерьте

Давление перед соплом (мбар)		Тепловая мощность (кВт)			
		11	13	15	17
Число Воббе	12.0 – 16.1	6.0	8.4	11.2	14.5
(кВт·ч/м ³)	10.0 – 13.1	4.8	6.9	8.7	11.3

Таблица 1: Примеры значений давления перед соплом

Тип газа	CO ₂ при максимальной тепловой мощности	CO ₂ при минимальной тепловой мощности
Природный газ E (H)	9.5%	8.7%
Природный газ LL (L)	9.2%	8.6%

Table 2: Примеры установки значения CO₂

содержание CO_2 в дымовых газах.

Для установки соотношения газ-воздух необходимо с помощью регулировочных винтов (дроссельной заслонки) корректировать объем газа, пока содержание CO_2 в дымовых газах не

достигнет значения, указанного в спецификации производителя. В некоторых случаях производители указывают заданные значения для минимальной мощности оборудования. Выполните настройку в соответствии с процедурой для максимальной мощности.

После выполнения обеих базовых настроек, проведите проверку уже настроенного газового котла. Проверка заключается в измерении потерь тепла с дымовыми газами (q_A) и измерении содержания угарного газа (CO) в дымовых газах.

В Германии для каждого из этих параметров установлены предельные значения, которые указаны в 1-ом Федеральном немецком законе о борьбе с выбросами (1st BImSchV) и Немецком закон по проверке дымоходов (KÜO).

В Австрии предельные значения устанавливаются в соответствии с Законом о чистом воздухе и Постановлении о топочных установках (см. Приложение).

3 Подготовка анализатора дымовых газов

Для подготовки прибора рекомендуется выполнить следующие шаги:

- Определение значений концентрации газов: для защиты сенсора от перегрузки в случае высоких концентраций CO могут быть определены пороговые значения. Если заданные пороговые значения превышены, тогда выключается газовый насос и прекращается всасывание дымовых газов в прибор. В некоторых приборах, таких как testo 330-2 LL, при превышении пороговых значений дымовые газы разбавляются свежим воздухом, что исключает необходимость прерывания измерения.
- Проверка герметичности: чтобы избежать незаметного попадания свежего воздуха в прибор и, как следствие, искажения результатов, перед проведением измерений дымовых газов необходимо выполнить проверку герметичности. Зонд отбора пробы необходимо плотно закрыть колпачком, измеряемая скорость потока в газовом насосе через определенное время должна равняться нулю. Если этого не происходит, следовательно

существует утечка в газовом тракте прибора. В этом случае необходимо проверить, плотно ли закрыта заглушка на конденсатосборнике.

- Обнуление газового сенсора и датчика тяги: для обнуления сенсоров, зонд отбора пробы необходимо располагать вне дымохода, желательнее на чистом (свежем) воздухе. Прибор всасывает окружающий воздух через зонд отбора пробы и выдувает его через газовые сенсоры. Сенсоры таким образом “промываются” и измеренная концентрация газа устанавливается в качестве “нулевой” точки. В то же время сенсор давления анализатора дымовых газов обнуляется до давления воздуха, окружающего топочную установку. В случае с некоторыми приборами, такими как testo 330-2 LL и testo 340/350, зонд в процессе обнуления также можно сразу устанавливать и оставлять в дымоходе. В данном случае, в процессе обнуления газовый тракт

и сенсор давления отделены от зонда отбора пробы и для обнуления используется концентрация газа или давление воздуха, окружающего прибор.

4 Определение потери тепла с дымовыми газами

Потери тепла с дымовыми газами это разница между количеством теплоты в дымовых газах и количеством теплоты в воздухе, идущем на горение по отношению к низшей теплотворной способности топлива. Следовательно это количество теплоты в дымовых газах, отводимых через дымоход. Чем больше потери тепла с дымовыми газами, тем ниже эффективность и, следовательно, больше затраченной энергии, и тем больше выбросов от данной отопительной системы. По этой причине в некоторых странах существуют ограничения на допустимые потери с дымовыми газами для установок сжигания. В таблице 3 в качестве примера приведены предельные значения, установленные в Германии.

Заданная тепловая мощность в киловаттах	Предельные значения потерь с дымовыми газами в %
≥ 4 ≤ 25	11
> 25 ≤ 50	10
> 50	9

Таблица 3: Предельные значения потерь с дымовыми газами для Германии согласно 1-ому BImSchV

После определения содержания кислорода и разницы между температурой дымовых газов и воздуха, идущего на горение, потери тепла с дымовыми газами будут автоматически рассчитаны с учётом специальных коэффициентов для топлива. Специальные коэффициенты для топлива (A2, B) хранятся в памяти анализатора дымовых газов. Для того, чтобы обеспечить использование корректных значений для коэффициентов A2 и B необходимо правильно выбрать тип топлива в приборе.

Вместо значения содержания кислорода для расчета может использоваться значение концентрации углекислого газа (CO₂). Температура дымовых газов (FT) и содержание кислорода или содержание углекислого газа (CO₂) должны быть измерены одновременно в одной точке. В это же время необходимо измерить температуру воздуха, идущего на горение (AT).



Для конденсационных котлов данное измерение не проводится вследствие их высокой эффективности.

Определение оптимальной настройки отопительной системы путем расчета

окупаемости потерь тепла с дымовыми газами:

1% потерь тепла с дымовыми газами = 1% доп. топлива или энергопотери/год = потери тепла с дымовыми газами × потребление топлива/год.

Следующий пример поможет лучше понять схему расчета:

Рассчитанные потери тепла с дымовыми газами = 10%

Потребление топлива/год = 3000 л дизельного топлива

Исходя из этого энергопотери соответствуют примерно 300 л дизельного топлива/год.

Формула для расчета потерь с дымовыми газами представлена в Приложении в п.13.1.



В соответствии с законом BImSchV во всех системах для расчета температуры воздуха, идущего на горение должен использоваться отдельный зонд температуры, поскольку в процессе измерения температура воздуха, идущего на горение может меняться.

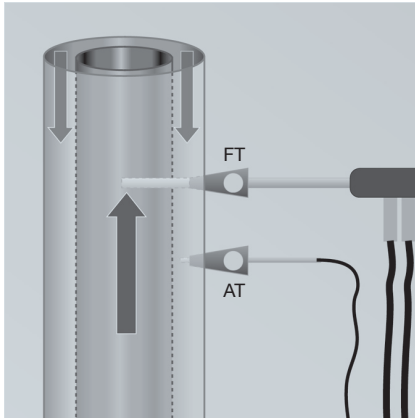


Рис. 12: Проведение измерений на котлах с уравновешенной тягой

Ниже дано подробное описание параметров, необходимых для расчета:

Измерение температуры воздуха, идущего на горение (АТ)

Большинство анализаторов дымовых газов стандартно оснащены зондом температуры (в приборе). Таким образом температура воздуха, идущего на горение может быть измерена в непосредственной близости от заборного отверстия горелки путем присоединения прибора к корпусу горелки.

Например, для котлов с уравновешенной тягой данный зонд заменяется отделенным (выносным) зондом температуры, который

помещается в место подачи свежего воздуха/воздуха, идущего на горение (см. рисунок 12).

Измерение температуры дымовых газов (FT)

В зонде отбора пробы для измерения температуры используется термопара. Зонд отбора пробы устанавливается в технологическое измерительное отверстие дымоходе (расстояние между измерительным отверстием и котлом должно быть как минимум в два раза больше диаметра дымохода). Путем постоянного измерения температуры находится точка с самой высокой температурой дымовых газов (т.е. центр потока) и зонд располагается в данной точке. Центром потока считается точка с самой высокой температурой и самой высокой концентрацией углекислого газа (CO_2) и самым низким содержанием кислорода (O_2).

Примечание: осаждение конденсата на сенсоре температуры может привести к резкому падению значения температуры дымовых газов.

Измерение концентрации O_2

Кислород, который не сгорает по причине избыточного воздуха отводится в виде газообразного компонента дымовых газов и используется для измерения эффективности сгорания. Дымовой газ всасывается зондом отбора пробы с помощью насоса и перенаправляется в измерительный газовый тракт анализатора дымовых газов. Затем пропускается через газовый сенсор O_2 (кислородную измерительную ячейку) и таким образом определяется концентрация газа. Значение содержания O_2 также используется для расчета концентрации CO_2 в дымовых газах, которое в свою очередь используется для конфигурирования (настройки) газовых конденсационных котлов, как описывалось выше.

Измерение концентрации углекислого газа (CO_2)

Для расчета потерь с дымовыми газами может использоваться не только значение содержания кислорода, как описывалось выше, но и значение концентрации углекислого газа (CO_2). Потери с

дымовыми газами будут минимальными, когда при наличии очень низкого количества избыточного воздуха доля CO_2 максимально высока (полное сгорание). Для каждого топлива есть максимально допустимое содержание CO_2 в дымовых газах ($CO_{2\text{макс}}$) которое определяется исходя из химического состава топлива. Однако достигнуть данного значения на практике невозможно, поскольку для безопасной работы горелки всегда требуется определенное количество избыточного воздуха, и это снижает процентное содержание CO_2 в дымовых газах. Поэтому основной целью при настройке горелки является стремление не к максимальному содержанию CO_2 , но к максимально возможному содержанию CO_2 .

Значения $CO_{2\text{макс}}$ для различных типов топлива:

- Диз.топливо 15.4% по объему CO_2
- Природ. газ 11.8% по объему CO_2
- Уголь 18.5% по объему CO_2

Информацию о значениях концентрации CO_2 , которые могут



Неожиданно высокое значение O_2 может быть вызвано наличием течи (неплотности соединения) в приборе, то есть свежий воздух всасывается внутрь и разбавляет дымовые газы. Чтобы проверить это, необходимо провести проверку герметичности прибора.

быть достигнуты, а также об изменениях в параметрах настройки объемов воздуха, которые необходимо сделать для достижения данных значений концентраций, Вы найдете в документации производителя.

В большинстве анализаторов дымовых газов отсутствует сенсор CO_2 , концентрация CO_2 в дымовых газах рассчитывается с помощью измеренного значения содержания O_2 . Это возможно, поскольку данные значения прямо пропорциональны друг другу. Поскольку для расчета используется значение максимального содержания CO_2 для соответствующего топлива, то перед каждым измерением в анализатор дымовых газов необходимо ввести корректный тип топлива системы, на котором проводятся измерения.

Расчет потерь с дымовыми газами (qA)

Прибор рассчитывает потери с дымовыми газами, используя измеренные значения, упомянутые выше. В Германии потери с дымовыми газами, после завершения всех работ по настройке газового котла, не должны превышать предельные значения, указанные в таблице 3.



Неожиданно высокие потери с дымовыми газами могут быть обусловлены следующим:

- Некорректное обнуление прибора
- Установлен неправильный тип топлива

Неожиданное падение температуры дымовых газов может быть обусловлено следующим:

- На термопаре (сенсоре температуры) присутствуют капельки конденсата
- Способ устранения: Разместите зонд отбора пробы горизонтально или с небольшим уклоном так, чтобы конденсат мог стекать с трубки зонда.

Некорректные значения потерь тепла также могут быть получены из-за неиспользования выносного зонда температуры для измерения воздуха, идущего на горение.

5

Расчет эффективности (η)

Конвекционные котлы

Степень эффективности сгорания (η) для конвекционных систем отопления рассчитывается путем вычитания значения потерь с дымовыми газами (q_A) из значения общей подаваемой энергии (низшая теплотворная способность подаваемой энергии $HU = 100\%$). Поэтому для расчета эффективности необходимо сначала рассчитать потери с дымовыми газами (см. описание выше).

Конденсационные системы

Поскольку в современных конденсационных системах теплота конденсации также используется, то для корректного расчета компания Testo предложила использовать дополнительное значение “ХК”, которое учитывает использование теплоты конденсации по отношению к низшей теплотворной способности. Когда дымовые газы остывают до температуры ниже температуры точки росы (теоретическое значение температуры точки росы для каждого типа топлива заложено в анализаторах Testo (см. рис. 14)), пропорциональный коэффициент ХК

Топливо	Температура точки росы (в °C)
Природный газ Н	57.53
Легкое диз. топливо	50.37
СУГ (70/30)	53.95
Городской газ	61.09

Рис. 13: Температура точки росы дымовых газов в зависимости от типа топлива. Рассчитано для стандартного давления (1013 мбар) и стехиометрического сгорания на основе документов ZIV.

отображает теплоту испарения конденсируемой воды в качестве отрицательного значения, в результате чего потери с дымовыми газами могут снизиться или даже стать отрицательными. Степень эффективности по отношению к низшей теплотворной способности может принимать значения в более чем 100% (см. следующий пример).

$A_2 = 0.68$
 $B = 0.007$
 $FT = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
 $AT = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
 $O_2 = 3\%$
 $XK = 5.47\%$

q_A (без коэффициента XK) = 1%
 q_A (с коэффициентом XK) = -5%

$\eta = 100\% - (-5\%)$

Для наглядного примера на следующем графике отчётливо показано, в силу чего КПД конденсационных систем превышает 100%.

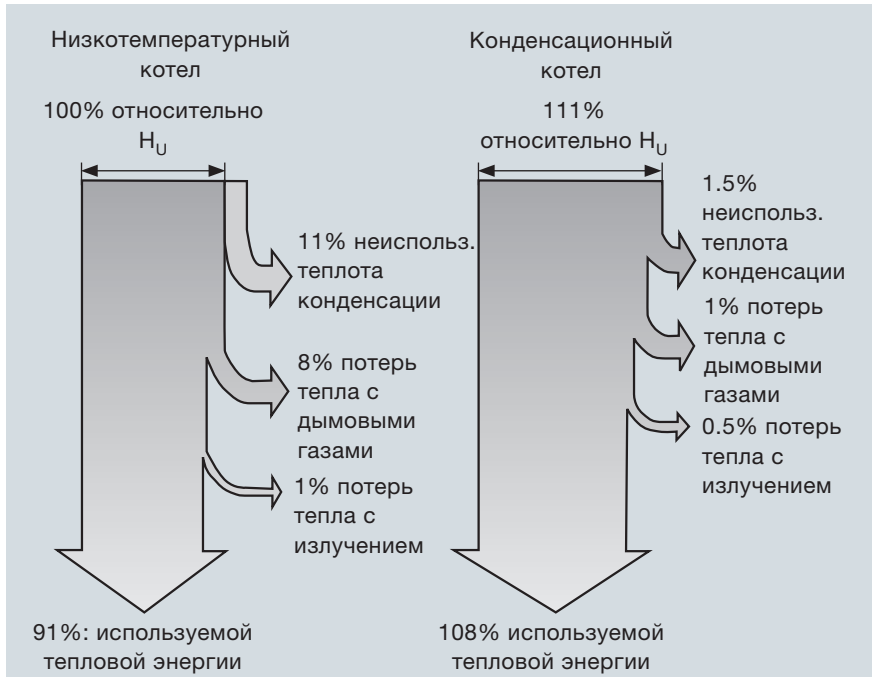


Рис. 14: Потери энергии в низкотемпературных и конденсационных котлах

В результате использования топлива в полном объеме, выделяются тепло и водяной пар.

- Если тепло фиксируется в полном объеме, достигается 100% низшей теплотворной способности (НУ).
- Если добавляется энергия, содержащаяся в водяном паре (теплота конденсации), то достигается высшая теплотворная способность (НС).
- Значения общей высшей теплотворной способности (НС) всегда выше, чем значение низшей теплотворной способности (НУ).
- Низшая теплотворная способность (НУ) всегда берется в качестве основы при расчете эффективности.
- Тем не менее, в конденсационных котлах в дополнение к низшейтеплотворной способности используется энергия конденсации. Это означает, что при расчете значение эффективности может быть больше 100%.

6 Измерение тяги дымохода

Для котлов с естественной тягой основным требованием для отвода дымовых газов через дымоход является подъемная сила или тяга дымохода. Поскольку плотность отходящих горячих газов ниже плотности более холодного наружного воздуха, в дымоходе создается вакуум, также известный как тяга дымохода. За счет этого вакуума воздух, идущий на горение, всасывается, преодолевая сопротивление котла и газохода. В котлах с наддувными горелками давление в дымоходе не является важным, поскольку горелка с принудительной тягой генерирует избыточное давление, необходимое для отвода дымовых газов. В системах такого типа может использоваться дымоход с меньшим диаметром.

При измерении тяги дымохода определяется разница между давлением внутри дымохода и давлением в помещении. Также как и при определении потерь с дымовыми газами, это необходимо делать в центре потока дымохода. Как говорилось выше, сенсор давления прибора необходимо обнулить перед проведением измерения.



Значения тяги могут быть слишком низкими по одной из следующих причин:

- Плохая изоляция канала тяги в приборе (утечка).
- Некорректное обнуление сенсора давления.

Слишком высокие значения могут быть обусловлены следующим:

- Слишком сильная тяга дымохода.
- Некорректное обнуление сенсора давления.

Типичные значения тяги дымохода:
Котлы с наддувной горелкой с принудительной тягой: 0.12 – 0.20 гПа (мбар) избыточного давления для дизельной испарительной горелки и для атмосферной газовой горелки: 0.03 – 0.10 гПа (мбар) разряжения.

7 Измерение концентрации CO

Проверка значения CO позволяет оценить качество сгорания и обеспечивает безопасность оператора системы. Если тракты прохождения дымовых газов блокируются, то в случае, например, с атмосферными газовыми горелками, дымовые газы будут поступать в котельную через регуляторы управления потоками, создавая тем самым опасность для оператора. Для предотвращения подобной ситуации после выполнения всех работ по настройке котла необходимо измерить концентрацию угарного газа (CO) и проверить тракты

прохождения дымовых газов. Данные меры безопасности не требуются для газовых вентиляторных горелок, так как в горелках такого типа дымовые газы принудительно подаются в дымоход. Измерения не следует проводить раньше, чем через 2 минуты после запуска горелки, поскольку повышенный уровень CO снижается



Рис. 15: Прибор testo 320 может использоваться как для анализа дымовых газов, так и для быстрого и точного измерения абсолютного и дифференциального давления.

до нормального рабочего значения лишь через некоторое время после запуска системы. Это также применимо для газовых котлов с регулятором процесса горения, поскольку их калибровка осуществляется во время запуска горелки, когда возможны кратковременные выбросы с высоким содержанием CO. Как и при определении потерь с дымовыми газами, измерения проводятся в центре потока дымохода. Однако поскольку дымовые газы разбавляются свежим воздухом, содержание CO необходимо пересчитать для неразбавленных дымовых газов (в противном случае на содержание

CO можно влиять добавлением воздуха). С этой целью прибор рассчитывает неразбавленную концентрацию CO с содержанием кислорода, одновременно измеренным в газоходе, и отображает это значение как $CO_{\text{неразбавленное}}$.
 Формула расчета концентрации неразбавленного угарного газа представлена в Приложении 13.1. В атмосферных газовых системах концентрация CO разнится на всем протяжении трубы, отводящей дымовые газы (стратификация). Поэтому при концентрациях > 500 ppm необходимо проводить дискретизацию (выборку) с использованием зонда с несколькими отверстиями. Такой зонд имеет ряд отверстий, которые регистрируют концентрацию CO по всему диаметру трубы, отводящей дымовые газы. В Германии предельные значения содержания CO для газовых установок определены в законе KÜO и также относятся к неразбавленным дымовым газам (см. таблицу 4).

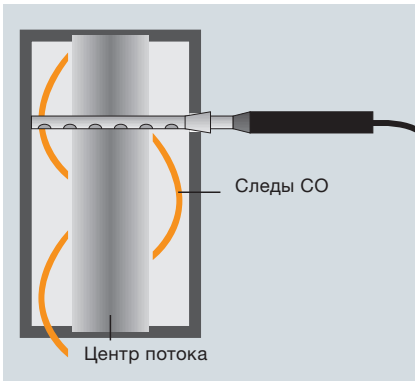


Рис. 16: Измерение CO зондом с несколькими отверстиями

Значения	Процедура
$CO_{\text{неразбавленное}} > 500 \text{ ppm}^*$	Требуется тех. обслуживание системы
$CO_{\text{неразбавленное}} > 1000 \text{ ppm}^*$	Отказ системы

Таблица 4: Значения CO и их последствия



Причинами обратной тяги могут быть:

- Сужение трубы, отводящей дымовые газы, вследствие загрязнения или деформации.
- Недостаточная подача воздуха, идущего на горение.
- Усталость материала уплотнений, сдвиг трубных соединений по отношению друг к другу, коррозия

8 Проверка газовых трактов Проверка управления потоком

Для атмосферных газовых котлов с управлением потоком необходимым условием для безопасной работы всей системы является бесперебойное отведение дымовых газов. С этой целью может использоваться аварийный термостат обратного хода дымовых газов, который закрепляется рядом с управлением потоком (стабилизатором тяги). При возникновении обратной тяги или попадании дымовых газов в помещение происходит срабатывание термостата, который выключает горелку.

Проверка герметичности газоотводящих трактов

Коаксиальные дымоходы проверяются на герметичность путём измерения уровня O_2 в трубе воздухозабора. Уровень концентрации O_2 в поступающем воздухе трубы воздухозабора обычно составляет 21%. Если значения измерений ниже 20.5%, это указывает на наличие утечек во внутреннем дымоходе, что, в свою очередь, указывает на



Рис. 17: Использование детектора утечек для контроля обратной тяги

необходимость проверки всей системы дымоудаления. Серпообразный зонд Testo (№ заказа 0632 1244) позволяет быстро и точно измерить уровень O_2 в трубе воздухозабора. Простым способом проверки герметичности дымоходной трубы является измерение давления. С помощью прибора для проверки герметичности в трубу дымового газа подаётся воздух, пока давление в трубе не составит 200 Па. Давление поддерживается на данном уровне, и определяется объём воздуха, выходящего в области утечки. Дымоход (газовый тракт) считается герметичным, если скорость утечки составляет 50 л/(гм2).

9 Техническое обслуживание прибора

После проведения измерений зонд отбора пробы необходимо извлечь из дымохода при работающем газовом насосе. В результате этого чистый окружающий воздух продуется через газовые сенсоры, таким образом, очищая их.

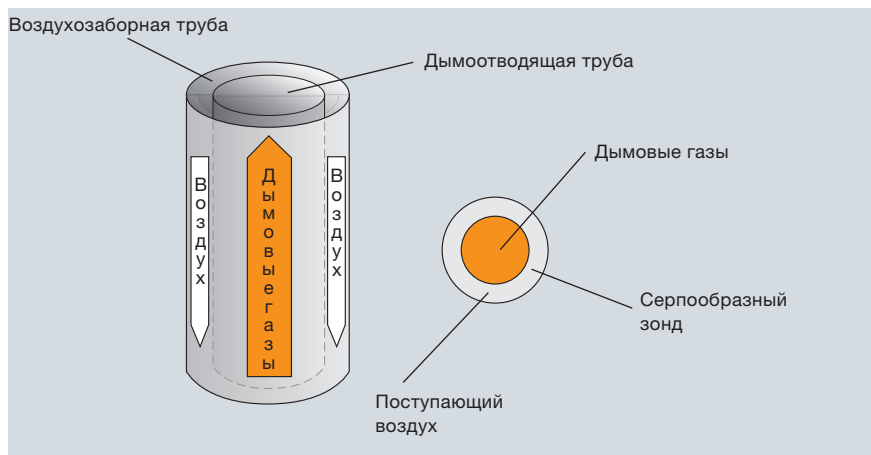


Рис. 18: Замер уровня O_2 в межстенном пространстве дымохода

Дополнительная проверка топливосжигающих установок:

Контроль оксидов азота (NO_x)

Измеряя оксиды азота, используйте методы сжигания, необходимые для сокращения их выбросов в атмосферу от топливосжигающей установки. Содержание оксидов азота (NO_x) указывает на общее содержание монооксида азота (NO) и двуоксида азота (NO₂). Обычно соотношение концентраций NO и NO₂ является постоянной величиной (97% NO, 3% NO₂). По этой причине измерение концентрации NO является достаточным для определения концентрации NO_x. Однако при использовании смешанного топлива или конденсационных установок вышеуказанное соотношение меняется. В силу этого обстоятельства содержание двух компонентов (NO и NO₂) измеряется отдельно, а сумма результатов этих измерений указывает на содержание NO_x.

Диоксид азота (NO₂) растворим в воде, поэтому для точного определения концентрации NO₂ необходимо проводить замеры в сухих дымовых газах, поскольку растворённый NO₂ не учитывается. Таким образом, перед проведением фактических замеров содержания диоксида азота необходимо использовать блок пробоподготовки (Пельтье) для удаления влаги из дымовых газов.

- При проведении замеров в непосредственной близости от электростатического фильтра зонд отбора пробы необходимо заземлить для исключения риска статического заряда.
- В случаях, когда возможно высокое содержание твёрдых частиц и сажи, следует использовать чистые сухие фильтры. Обязательным условием является наличие предварительного фильтра.



- Сигаретный дым влияет на результаты измерений (мин. 50 ppb).
- Дыхание курильщика искажает результаты измерений примерно на 5 ppb.
- Выполняйте обнуление в условиях свежего воздуха.

Контроль CO/CO₂ в окружающей среде. Измерение CO в атмосфере

Данное измерение необходимо провести до начала всех прочих измерений.

По соображениям безопасности при обслуживании газовых обогревателей в жилых помещениях наряду с измерением дымовых газов необходимо проводить замеры CO в окружающем воздухе, поскольку обратный поток дымовых газов может привести к высоким концентрациям CO и риску отравления оператора.

Смертельными для человека являются концентрации CO во вдыхаемом воздухе в 0.16% по объему и выше (1,600 ppm).

Концентрация CO в воздухе		Время вдыхания и влияние
30 ppm	0.003%	ПДК (макс. концентрация, при которой период вдыхания может превышать 8 часов)
200 ppm 400 ppm	0.02% 0.04%	Появление лёгкой головной боли в течение 2 - 3 часов Появление головной боли в области лба в течение 1 - 2 часов с последующим распространением на всю область головы
800 ppm	0.08%	Головокружение, тошнота и дрожь в конечностях в течение 45 минут, потеря сознания в течение 2 часов
1,600 ppm	0.16%	Головная боль, говокружение и тошнота в течение 20 минут. Летальный исход в течение 2 часов
3,200 ppm	0.32%	Головная боль, говокружение и тошнота в течение 5-10 минут. Летальный исход в течение 30 минут
6,400 ppm	0.64%	Головная боль, говокружение в течение 1 - 2 минут. Летальный исход в течение 10 - 15 минут
12,800 ppm	1.28%	Летальный исход в течение 1 - 3 минут

Измерение CO₂ в атмосфере

Как правило, замеры окружающей среды ограничиваются только измерением содержания CO в окружающем воздухе. Однако высокие концентрации CO₂, например, вызванные блокировкой отверстия для отхода дымовых газов, также являются вредными для человека.

Для того чтобы исключить потенциальные угрозы, необходимо учитывать оба значения.

Содержание CO₂ является надежным заблаговременным индикатором отравления и, следовательно, оптимально дополняет измерение CO.

Параллельное измерение обоих значений обеспечивает заблаговременное полное выявление опасных концентраций.

Влияние концентрации CO₂ на человека

387 ppm	0.0387%	Нормальная концентрация CO ₂ на открытом воздухе
5,000 ppm	0.5%	Максимально допустимая концентрация на рабочем месте
15,000 ppm	1.5%	Минутный объем дыхания (МОД) увеличивается как минимум на 40 процентов
40,000 ppm	4%	Концентрация CO ₂ при выдохе
50,000 ppm	5%	Головокружение, головная боль
80,000 – 100,000 ppm	8 - 10%	Одышка, слабость или даже потеря сознания Летальный исход в течение 30 - 60 минут
200,000 ppm	20%	Быстрая потеря сознания Летальный исход в течение 5 - 10 минут

5.2 Проверка функциональности и настройка дизельных систем

Все представленные здесь этапы работ и практические рекомендации описывают основные элементы настройки и измерений, осуществляемых при вводе в эксплуатацию неконденсационного оборудования. Сюда относятся низкотемпературные котлы с дизельными горелками с принудительной тягой. К конденсационному оборудованию описанные здесь действия не применимы.



Рис. 19: С помощью анализатора дымовых газов Вы можете быстро и точно рассчитать значения всех ключевых параметров.

1 Определение сажевого числа

При определении сажевого числа в дымоход вводится анализатор сажевого числа с бумажным фильтром, через который дымовая газ “прокачивается” с помощью насоса. Затем фильтрующий элемент извлекается и проверяется на наличие нефтепродуктов. Если фильтрующий элемент оказывается окрашенным ввиду наличия несгоревших нефтепродуктов, то такой фильтр

Сажевое число Установленное или измененное...	
до 30/09/1988	с 01/10/1988
2	1

Таблица 5: Предельные значения сажевого числа для дизельных котлов с принудительной тягой и горелкой мощностью более 11 кВт

не рекомендуется использовать для определения сажевого числа. Процедура определения сажевого числа включает в себя проведение трёх отдельных замеров. Степень окрашивания фильтра сравнивается со шкалой Бахареха.



В незнакомых системах прежде всего необходимо определить сажевое число в дымоходе, чтобы избежать ненужного загрязнения анализатора каким-либо продуктами сгорания, которые могут присутствовать (сажа и продукты переработки).



Причиной топливных остатков (продуктов сгорания), как правило, является загрязнение топливной форсунки. Причиной также могут быть электроды розжига, которые неправильно установлены и слишком выступают в зону распыла топливного тумана. В обоих случаях капли топлива распыляются недостаточно мелко и поэтому не сжигаются. Менее частыми, – но тем не менее требующими внимания, – являются случаи неполного сгорания (вследствие недостатка кислорода) или “переохлаждение пламени”. Последнее имеет место, когда котел и горелка не совместимы друг с другом, когда мощность горелки значительно меньше мощности котла.

Окончательное значение сажевого числа определяется путём расчёта среднего арифметического значения показаний, полученных в результате трех замеров. Таблица 5 содержит информацию о допустимых предельных значениях, применяемых в Германии. Одной из основных задач при настройке дизельных систем является достижение значения сажевого числа равного нулю.

Если сажевое число высокое, перед дальнейшей оптимизацией параметров настройки с помощью анализатора дымовых газов, необходимо, прежде всего, проверить основные настройки дизельной горелки и внести изменения.

Шаг 2 разъясняет данную процедуру:

2 Настройка дизельных горелок

При вводе в эксплуатацию и обслуживании дизельных горелок должны быть установлены и

проверены ключевые параметры. Отдельные этапы работ для этого подробно описаны в документации производителя, а также в общих чертах представлены ниже для так называемых горелок желтого пламени.

Выбор правильной форсунки

В таблице по подбору форсунки выберите требуемую мощность горелки, чтобы выбрать правильную форсунку, и значение давления подачи топлива, которое необходимо установить.

Настройки объема воздуха перед первым запуском горелки

В документации производителя содержится информация о настройках требуемого объема воздуха горелки, необходимых для её удачного запуска. В зависимости от требуемой тепловой мощности теплогенератора(котла), указаны соответствующие положения для воздушной заслонки и подпорной шайбы.



В случае с **горелками желтого пламени** дизельное топливо распыляется через форсунку и газификация топлива происходит в пламени. В процессе горения можно заметить пламя желтого цвета.

В случае с **горелками синего пламени** горячие дымовые газы используются для нагрева распыленного топлива до непосредственного сжигания, таким образом, газификация топлива происходит перед пламенем. В результате получается пламя синеватого цвета.

Основные настройки топливного насоса (давление насоса)

Давление насоса определяется посредством выбора требуемой мощности горелки и форсунки по таблице подбора форсунки.

На топливный насос крепится манометр для считывания давления

насоса, которое при необходимости корректируется с помощью соответствующего регулировочного винта.

Используя вакуумный манометр, который также крепится к топливному насосу, необходимо убедиться, что разрежение в всасывающей трубе не превышает 0.4 бар.

Оптимизация и контроль процесса горения

Выполнение основных настроек объема воздуха и давления топлива должно обеспечить соответствующую теплоту сгорания, которая может быть дополнительно оптимизирована с помощью измерения дымовых газов.

Оптимизация процесса горения обычно осуществляется за счет изменения объема воздуха на воздушной заслонке (грубая настройка) или подпорной шайбой (точная настройка). Недостаточное количество

воздуха, идущего на горение, препятствует полному сгоранию а, следовательно, и полному использованию топлива, и ведет к образованию сажи. Избыток

воздуха, идущего на горение, приводит к тому, что избыточный воздух нагревается в камере сгорания и выводится через дымоход, не будучи использованным

В зависимости от производителя горелки имеются методические указания по значениям CO_2 или CO , потерям с дымовыми газами / эффективности, позволяющие оптимизировать процесс горения. Эти значения определяют с помощью анализатора дымовых газов.

Следующие этапы работы не рассматриваются подробно, поскольку они аналогичны тем шагам, которые выполняются при проверке и настройке газовых систем. Их описание представлено в разделе 5.1 (шаги с 3 по 7).

Шаг 3: Подготовка анализатора дымовых газов

Шаг 4: Определение потерь с дымовыми газами

Шаг 5: Расчет эффективности (η)

Шаг 6: Измерение тяги дымохода

Шаг 7: Измерение концентрации CO

6. Проверка герметичности газовых и водопроводных труб

6.1 Проверка газовых труб

В Германии проверка газовых труб регламентируется техническими условиями для газовых установок (DVGW worksheet G 600 TRGI).

В целом данный документ определяет процессы планирования, установки, настройки, доработки и эксплуатации газовых установок с рабочим давлением до 1 бар в зданиях и на рабочих объектах. Данный документ регламентирует проверку герметичности и испытания под нагрузкой для новых или существенно оптимизированных труб.

Каждые 12 лет трубопроводная сеть с рабочим давлением до 100 мбар должна подвергаться проверке пригодности к эксплуатации.

Прибор testo 324 позволяет легко выполнить данные испытания и получить достоверные результаты, используя всего один прибор.

6.1.1 Предварительный тест

Суть проведения предварительного теста состоит в проверке под нагрузкой вновь проложенных труб без фитингов. На период проведения теста отверстия труб должны быть тщательно загерметизированы металлическими пробками, крышками, заглушками или временными фланцами. Соединения с газовыми трубами недопустимы. Предварительный тест может проводиться на трубах с фитингами при условии, что расчётное давление в области фитингов соответствует, по меньшей мере, тестовому давлению.

При проведении предварительного теста рекомендуется использовать воздух или инертный газ (например, азот или углекислый газ), но не кислород. При этом тестовое давление должно составлять 1 бар. Тестовое давление не должно снижаться в ходе проведения теста, продолжительность которого составляет 10 минут.

Измерения должны проводиться прибором с разрешением 0.1 бар.

6.1.2 Основной тест

Основной тест – это тест на герметичность труб и фитингов, но без использования газовых приборов и устройств контроля и обеспечения безопасности. При проведении основного теста можно использовать газовый счётчик.

При проведении основного теста рекомендуется использовать воздух или инертный (низкорреактивный) газ (например, азот или углекислый газ), но не кислород. При этом тестовое давление должно составлять 150 мбар.

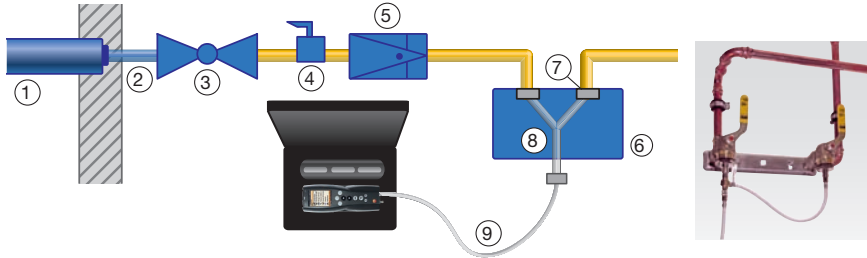
После компенсации температурного воздействия тестовое давление не должно снизиться в течение минимум 10 минут проведения теста. Длительность температурной компенсации и длительность теста определяется исходя из объема трубы.

Измерительный прибор должен быть настолько точным, чтобы регистрировать падение давления даже на 0.1 мбар.

Основной тест		
Объем трубы	Время настройки	Мин. продолжительность теста
< 100 л	10 мин.	10 мин.
> = 100 л < 200 л	30 мин.	20 мин.
> = 200 л	60 мин.	30 мин.

Пример схем подключения для проведения предварительного и основного тестов:

С двухтрубным счетчиком



С однострубным счетчиком



- 1 Соединительный кабель
- 2 Вспомогательное соединение
- 3 Главный запорный клапан
- 4 Мерный вентиль
- 5 Датчик газового потока с встроенным регулятором давления газа

- 6 Измеритель
- 7 Конусообразная заглушка (150 мбар)
 $\frac{1}{2}$ " 0554 3151 / $\frac{3}{4}$ " 0554 3155
 Ступенчатая заглушка (1 бар)
 $\frac{3}{4}$ " + $1\frac{1}{4}$ " 0554 0533
 $\frac{1}{2}$ " + 1" 0554 3164
 $\frac{3}{8}$ " + $\frac{3}{4}$ " 0554 3163

- 8 Y-образный распределитель 0554 0532
 Для одновременного измерения подводящей и распределительной трубы. Возможно также последовательное измерение – для этого testo 324 подсоединяется напрямую к соответствующей заглушке.
- 9 Соединительный шланг testo 324

- 10 Однотрубный реверсивный колпачок 0554 3156

i Во время проведения предварительного теста газовый котел должен быть отсоединен от системы. Повышение давления до 1 бар достигается с помощью ручного насоса прибора testo 324. Также может использоваться компрессор. Повышение давления до 150 мбар при проведении основного теста достигается автоматически с помощью внутреннего насоса прибора testo 324. Предварительный тест проводится на трубе без фитингов. Основной тест проводится с установленными фитингами, но без применения газовых приборов и связанной аппаратуры управления и обеспечения безопасности.

Необходимо также ознакомиться с национальными стандартами и методическими указаниями, действующими в Вашей стране!



Минимальные требования к электрическим приборам в Германии, используемым для измерения и определения скорости утечки газа, такие как диапазон измерения, погрешность, время настройки, время измерения и т.д., определены в DVGW G 5952.

G 5952 различает следующие классы устройств:

Приборы для измерения перепада давлений (Класс D)

Скорость утечки определяется через отношение измеренного перепада давления к объему трубы. Объем трубы необходимо определить прибором.

Приборы для измерения скорости утечки (Класс L)

Скорость утечки газа (л/ч) определяется непосредственно прибором, например testo 324.

Волюмометрические приборы (Класс V)

Скорость утечки определяется разницей измеренного давления при одновременной подаче определенного объема для поддержания постоянного давления.

Приборы, использующие другие методы измерения (Класс S)

Методы измерения, не охваченные Классами D, L и V.

6.1.3 Проверка пригодности к эксплуатации

Трубы низкого давления (рабочее давление до 100 мбар), независимо от того находятся они в эксплуатации или нет, проходят проверку на пригодность к эксплуатации в случае если подозревается наличие утечек, по запросу клиента или при повторном вводе в эксплуатацию. Постоянно использующиеся системы должны проходить проверку на пригодность к эксплуатации как минимум раз в 12 лет. Проверка

пригодности к эксплуатации или измерение утечки на газовой трубе проводится в рабочих условиях/при рабочем давлении (без увеличения испытательного давления). Например, в ходе проверки на наличие утечек с помощью testo 324, сертифицированного в соответствии с DVGW G 5952, определяется наличие утечки газа на трубе и ее величина. Длительность температурной компенсации и длительность проверки определяется исходя из объема трубы.

Определение наличия утечки

Объем трубы	Время настройки	Длит-ть проверки
< 100 л	10 мин	5 мин
< 200 л	30 мин	10 мин
< 300 л	60 мин	15 мин
< 400 л	120 мин	20 мин
< 500 л	240 мин	25 мин

Выделяются следующие уровни пригодности к эксплуатации:

а) Неограниченная

работоспособность, если скорость утечки газа при рабочем давлении составляет менее 1 л/ч.

б) Сниженная

работоспособность, если скорость утечки газа при рабочем давлении составляет от 1 до 5 л/ч.

с) Эксплуатация невозможна,

если скорость утечки газа при рабочем давлении составляет более 5 л/ч.

В зависимости от степени пригодности к эксплуатации должны быть приняты следующие меры:

а) При неограниченной работоспособности возможна дальнейшая эксплуатация труб.

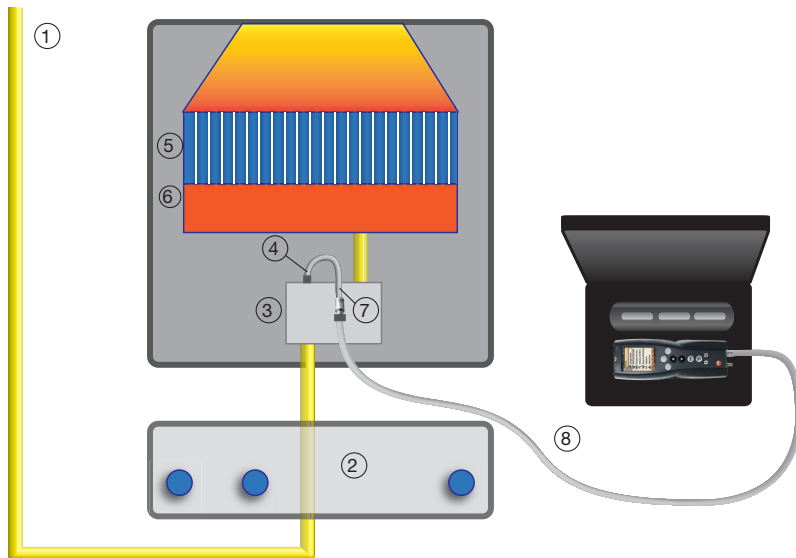
б) При сниженной работоспособности необходимо загерметизировать или заменить трубы. Герметичность должна быть восстановлена в течение 4 недель после выявления сниженной работоспособности.

с) При невозможности дальнейшего использования трубы должны быть незамедлительно изъяты из эксплуатации. Спецификации для вновь проложенных труб действительны для отремонтированных частей трубопровода и их повторного ввода в эксплуатацию.



Проверку на наличие утечки необходимо проводить после завершения любых ремонтных работ.

Пример схемы подключения для проверки пригодности к эксплуатации газового котла:



- 1 Линия подачи/питания
- 2 Функциональный блок
- 3 Управляющий модуль с подсоединением сальника прибора
- 4 Диагностический штуцер / сальник прибора
- 5 Теплообменник
- 6 Горелка
- 7 Соединение газового котла testo 324
- 8 Соединительный шланг testo 324



Газовая камера комплекта testo 324 заполнена местным газом. Это предотвращает образование опасных газо-воздушных смесей. **Необходимо ознакомиться с национальными стандартами и методическими указаниями, действующими в Вашей стране!**



6.1.4 Комбинированное испытание газовых труб

В Германии данному типу испытания подлежат трубы с рабочим давлением >100 мбар и до 1 бар включительно в соответствии с TRGI.

Измерение проводится на всей трубе с установленными фитингами, но без регуляторов давления, счетчиков газа, газовых приборов и связанной аппаратуры управления и обеспечения безопасности.

Испытание проводится при тестовом давлении в 3 бар на протяжении всего испытания, время испытания составляет как минимум 2 часа, после предварительной температурной компенсации на протяжении 3 часов.

Для труб объемом более 2000 литров, продолжительность испытания для каждых 100 литров увеличивается на 15 минут. В соответствии с TRGI 2008 G 600, разрежение (падение давления) не допускается.

6.1.5 Обнаружение утечек газа

Утечка природного газа из трубы или отопительной установки создаёт опасность отравления или взрыва.

Поскольку природный газ не имеет запаха, в него добавляются одоранты. При появлении запаха газа помещение необходимо немедленно проветрить. Утечку газа в трубе можно обнаружить с помощью детектора определения утечки. В целях безопасности нельзя превышать установленное предельное значение, составляющее 20% взрывоопасной концентрации.



Рис. 20: Обнаружение утечки в газовых трубах с помощью testo 316-2

6.2. Испытание систем питьевого водоснабжения

Европейский стандарт DIN EN 806-4 устанавливает требования по установке и вводу в эксплуатацию систем подачи питьевой воды в зданиях. Перед вводом в эксплуатацию предписывается проведение испытания под давлением. Оно может выполняться с использованием воды или воздуха или инертного газа, если это допускается национальными нормами.

6.2.1 Испытание под давлением с использованием воды

При проведении испытания под давлением с использованием воды в зависимости от материала трубы выделяют различные виды проверки под давлением (методы А, В и С), которые регламентируются стандартом EN 806-4:

Тип материала	Метод
Линейно-упругие материалы (т.е. металлы)	А
Эластичные материалы (PVC-U, PVC-C и т.д.) и многослойные композиционные материалы	А
Вязко-упругие материалы (т.е. PP, PE, PE-X, PA, PB и т.д.) с DN/OD ≤ 63	А
Вязко-упругие материалы с DN/OD > 63 (т.е. PP, PE, PE-X, PA, PB и т.д.)	В или С
Комбинированные системы с DN/OD ≤ 63 (металлы и пластик)	А
Комбинированные системы с DN/OD > 63 (металлы и пластик)	В или С

Метод	Давление испытания	Длит-ть
А	В 1.1 раз выше рабочего давления	10 мин
В	Часть 1	В 1.1 раз выше рабочего давления
	Часть 2	Снижено в 0.5 раз от давления испытания
С	Часть 1	В 1.1 раз выше рабочего давления
	Часть 2	Основано на Части 1, может быть уменьшено максимум на 0.6 бар
	Часть 3	Основано на Части 2, может быть уменьшено максимум на 0.2 бар



В Германии трубы с обжимными соединениями также подлежат предварительной проверке герметичности в соответствии с информационным листом ZVSHK.

Давление испытания = подводимое давление / макс. 6 бар или в соответствии со спецификациями производителя

Продолжительность испытания = 15 мин

6.2.2 Испытание под давлением с использованием воздуха или инертного газа

При тестировании установок подачи питьевой воды помимо стандарта DIN EN 806-4, необходимо также учитывать действующие национальные нормы. Так в Германии в дополнение к стандарту EN 806-4 применяется информационный лист ZVSHK. Согласно документу ZVSHK в Германии допускается проведение испытания с использованием воздуха.

Оно рекомендовано в следующих случаях:

- Длительный период простоя между проверкой герметичности и вводом в эксплуатацию, при средней ожидаемой окружающей температуре > 25 °C, чтобы исключить любое потенциальное развитие бактерий
- Если на период между проверкой герметичности и вводом в эксплуатацию трубопровод не может оставаться полностью заполненным, например, в период заморозков
- Коррозийная стойкость материала при частично заполненном трубопроводе ставится под сомнение.

Испытание должно проводиться с использованием воды только в том случае если между проверкой на

герметичность и вводом в эксплуатацию гарантируется регулярный водообмен.

Кроме того при проведении испытания с использованием воды необходимо обеспечить следующее:

- Водопровод для дома или производственного объекта очищен и одобрено его подключение и использование
- Трубопровод заполняется с использованием компонентов с идеальным гигиеническим состоянием
- На период между проверкой на герметичность и вводом в эксплуатацию система остается заполненной и можно предотвратить частичное заполнение.

Проведение испытания с использованием инертного газа рекомендуется только в зданиях с более жесткими требованиями гигиены.

Проведение испытания под давлением с использованием воздуха или инертного газа требует проведения проверки герметичности и испытания под нагрузкой.

По причинам безопасности при проведении испытаний с использованием воздуха или инертного газа давление испытания ограничено до максимум 3 бар, из-за того, что воздух или газ сжимаются под давлением сильнее, чем вода.

6.2.2.1 Проверка герметичности

Проверка герметичности выполняется перед проведением испытания под нагрузкой и проводится на тех элементах трубопроводной системы которые предназначены для испытания под давлением. В противном случае они

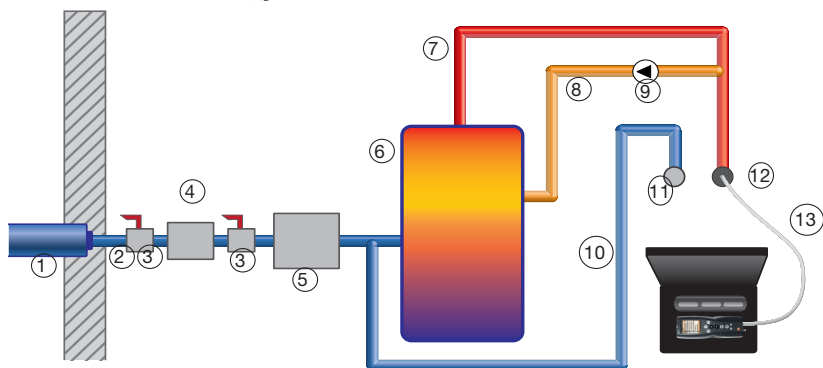
должны быть удалены.





Давление испытания: 150 мбар

Длительность испытания: 120 мин (на трубах объемом до 100 л)

Для каждых дополнительных 100 л, длительность испытания увеличивается на 20 мин

Пример схемы подключений для проверки герметичности с использованием воздуха



- | | | | |
|----|--|-----------|---|
| 1 | Линия подачи | 7 | Труба горячей воды |
| 2 | Вспомогательное соединение | 8 | Циркуляция |
| 3 | Запорные клапаны | 9 | Насос |
| 4 | Внутренний счетчик воды | 10 | Труба холодной воды |
| 5 | Фильтр | 11 | Штуцерное соединение |
| 6 | Котел | | |
| 12 | Ступенчатая заглушка высокого давления | | |
| | 1/2" + 1" | 0554 3164 |  |
| | 3/8" + 3/4" | 0554 3163 |  |
| | Коническая заглушка | | |
| | 1/2" | 0554 3151 |  |
| | 3/4" | 0554 3155 |  |
| 13 | Соединительный шланг testo 324 | | |

i Давление увеличивается автоматически посредством внутреннего насоса прибора testo 324. Если труба слишком большая, можно подсоединить к ней компрессор или использовать ручной насос прибора testo 324.

Примечание: максимальное давление 1 бар – при превышении, срабатывает предохранительный клапан избыточного давления .



6.2.2.2 Испытание под нагрузкой

Как уже говорилось ранее испытание под нагрузкой проводится после проведения проверки герметичности.

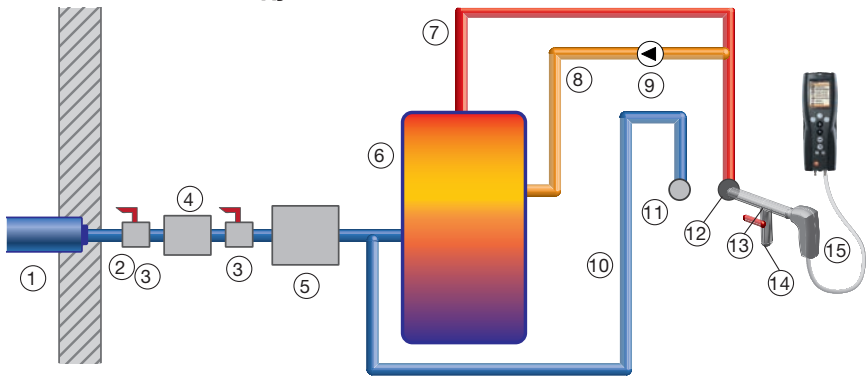
Давление во время испытания зависит от номинальной ширины трубы:

Давление испытания: < DN 50 = 3 бар

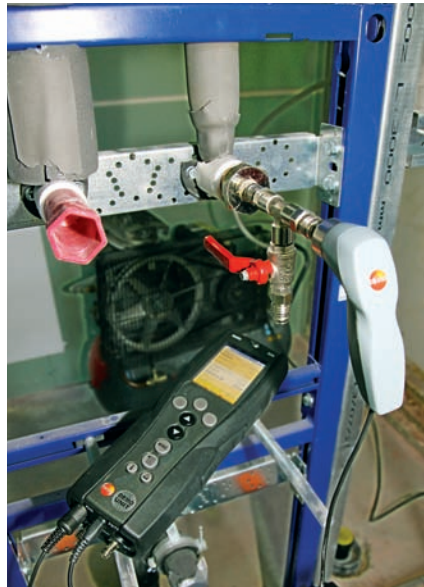
DN 50-DN 100 = 1 бар

Длительность испытания: 10 мин

Пример схемы подключений для испытания под нагрузкой с использованием воздуха



- 1 Линия подачи / питания
- 2 Вспомогательное соединение
- 3 Запорные клапаны
- 4 Внутренний счетчик воды
- 5 Фильтр
- 6 Котел
- 7 Труба горячей воды
- 8 Циркуляция
- 9 Насос
- 10 Труба холодной воды
- 11 Штуцерное соединение
- 12 Ступенчатая заглушка высокого давления
 $\frac{1}{2}'' + 1''$ 0554 3164
 $\frac{3}{8}'' + \frac{3}{4}''$ 0554 3163
- 13 Соединительная деталь высокого давления
0554 3139
- 14 Опция для подсоединения компрессора
- 15 Зонд высокого давления со шлангом 0638 1748





7. Измерительные технологии

Предъявляемые к портативным газоанализаторам требования ставят сложные задачи перед любым производителем измерительного оборудования. Необходимо создать высоко-технологичный прибор для применения в “жестких” условиях с возможностью автономной работы; кроме того, прибор должен соответствовать требованиям заказчика. Приборы должны отличаться компактностью, лёгкостью, портативностью и простотой в использовании. Другие важные требования – это быстрое получение результатов измерений, низкое энергопотребление и простота технического обслуживания.

7.1 Сенсоры

Требования, предъявляемые к измерительным приборам, обуславливают выбор сенсоров для определения концентраций газов. Электрохимические сенсоры газа прекрасно зарекомендовали себя в практическом применении. Основные преимущества сенсоров такого типа

заключаются в высокой степени быстродействия, компактности, возможности технического обслуживания пользователем, а также в экономичности при производстве. Однако, необходимо провести обширные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для создания оптимальных условий работы сенсоров газа. Требуется оптимизация газового тракта, соблюдение соответствующего допуска по перекрестной чувствительности, сохранение возможности легкой замены сенсора пользователем.

7.2 Принцип работы химических двух/трех электродных сенсоров

Двух- и трехэлектродные сенсоры используются для определения концентраций токсичных газов. Принцип работы трехэлектродного сенсора объясняется на примере сенсора CO. Стандартный двухэлектродный сенсор – это сенсор кислорода (O₂).

7.2.1 Принцип работы химического 2-х электродного сенсора

На рис. 21 показан принцип работы сенсора кислорода.

Принцип работы сенсора кислорода:

- Молекулы O_2 проходят через газопроницаемую мембрану и попадают на катод.
- Химическая реакция: образуются ионы OH^- (ионы = заряженные частицы)
- Ионы проходят через жидкий электролит и попадают на анод.
- Движение ионов создаёт электрическую проводимость во внешней цепи пропорционально концентрации O_2 .
- Это означает следующее: чем выше концентрация, тем выше электрическая проводимость.

- Падение напряжения измеряется в сопротивлении, а полученные данные обрабатываются электронным способом.
- Для компенсации влияния температуры служит интегральное сопротивление с отрицательным температурным коэффициентом, что обеспечивает стабильность работы сенсора независимо от температуры.
- Срок службы сенсора кислорода составляет примерно 3 года – срок службы газовых сенсоров Testo LL (long-life) составляет 6 лет.

Уравнения реакций

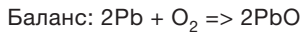
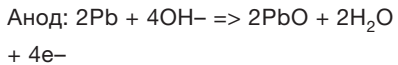
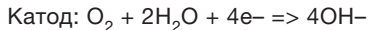


Рис. 21: Принцип работы кислородного сенсора

7.2.2 Принцип работы химического 3-х электродного сенсора токсичных газов

Принцип работы трёхэлектродного сенсора (на примере сенсора CO):

- Молекулы CO проходят через газопроницаемую мембрану и попадают на рабочий электрод.
- Химическая реакция: образование ионов H⁺.
- Ионы переносятся к считывающему электроду.
- Вторая химическая реакция с участием O₂ в свежем воздухе: электропроводность во внешней цепи

- Эталонный электрод стабилизирует сигнал сенсора.
- Срок службы сенсора CO составляет примерно 2 года – срок службы газовых сенсоров Testo LL (long-life) составляет до 5 лет.

Уравнения реакций:

Анод: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

Катод: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \Rightarrow \text{H}_2\text{O}$



Частые колебания температуры и низкие значения температуры могут сократить срок службы газовых сенсоров. Рекомендуется хранить в сухом помещении.

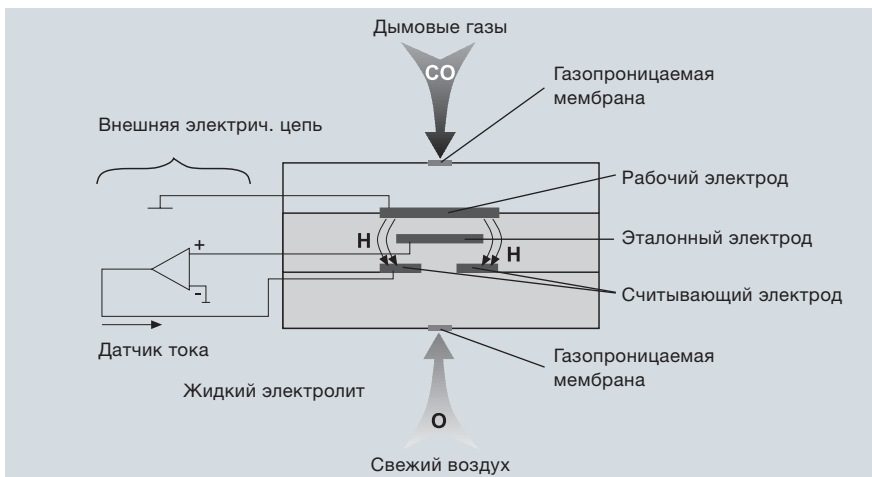


Рис. 22: Принцип работы сенсора CO

7.3 Принцип работы полупроводникового сенсора горючих газов

Полупроводниковый сенсор используется для измерений горючих газов, таких как C_xH_y , H_2 и CO . Он используется для обнаружения утечки газа.

Конструкция полупроводникового сенсора представлена на Рис. 23.

Принцип работы полупроводникового сенсора (на примере использования в зонде для обнаружения утечки газа):

- Сенсорный элемент нагревается до рабочей температуры $300\text{ }^\circ\text{C}$.
- При нагревании в оксиде олова создаётся высокое сопротивление.

- При наличии горючих газов (C_xH_y , H_2 , CO) в окружающем воздухе в области чувствительного элемента, т.е. внутри сенсора, эти газы собираются на слое оксида олова.
- Электрическое сопротивление будет уменьшаться.
- Падение сопротивления сопровождается визуальным или звуковым сигналом.



Необходимо избегать контакта ячеек с силиконами, растворителями, маслами и смазками, так как это может привести к образованию отложений на поверхности сенсора.

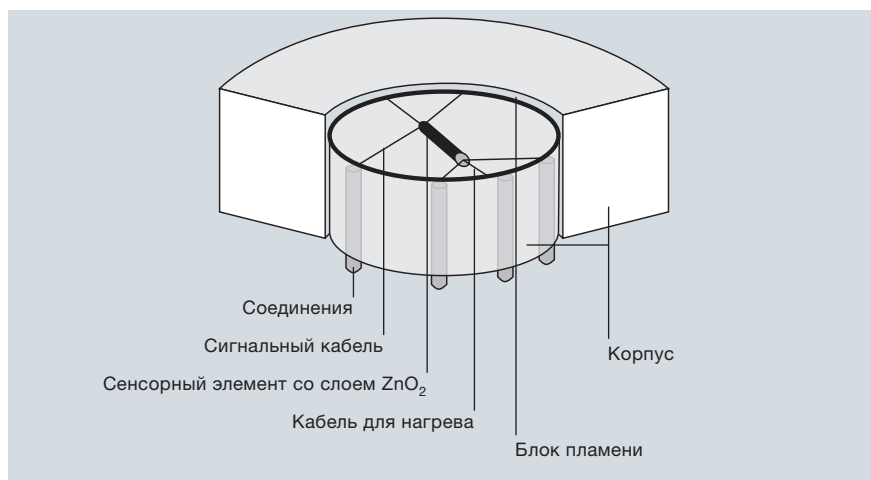


Рис. 23: Конструкция полупроводникового сенсора

7.4 Электронные платы

Создание еще более компактных измерительных приборов является ярко выраженной тенденцией в сфере развития и производства измерительного оборудования. Благодаря компьютерному проектированию (CAD) и автоматизированному производству, сложные электронные схемы можно размещать на чрезвычайно малом пространстве. Печатные платы разрабатываются по многоуровневому принципу, а при установке электронных компонентов применяются новейшие технологии (поверхностный монтаж - SMD). Для проверки плат в сборе и выявления дефектов на ранней стадии используется тестовый компьютер

(внутрисхемный тестер). Это позволяет экономично устранять неисправности и возвращать платы в производство. После установки плат и измерительных сенсоров в корпус, измерительные приборы подвергаются эксплуатационным испытаниям на компьютерном испытательном стенде и проходят калибровку с использованием поверочного газа. Сертификация DIN ISO 9001 гарантирует высокое качество и квалифицированное постпродажное обслуживание. Это оптимальный способ производства измерительных приборов, соответствующих последним требованиям в области анализа дымовых газов.

7.5 Конструкция

Проектирование газового тракта представляет собой важную задачу при разработке портативных анализаторов дымовых газов.

Поскольку наличие утечек искажает результаты измерений, все соединения в газовом тракте должны быть абсолютно герметичны. Во избежание повреждения сенсоров газа необходимо исключить наличие мест возможного образования конденсата. В современных анализаторах дымовых газов используются конденсатосборники, обеспечивающие сбор конденсата и предотвращающие повреждение измерительных приборов.

Дымовые газы забираются через зонд отбора пробы с помощью насоса. Встроенная в наконечник зонда термopара измеряет температуру дымовых газов.

Конденсатосборник и встроенный фильтр “осушивают” дымовые газы и задерживают частицы пыли и сажи. Проба газа проходит через насос и через капилляр (сужение в газовом тракте) подаётся в форкамеру (предварительную камеру), демпфирующую эффект биения, создаваемый мембранным насосом. После прохождения через форкамеру измеряемый газ поступает в сенсоры, в которых, в зависимости от конструкции прибора, выполняется измерение концентраций O_2 , CO , NO , NO_2 , и SO_2 . При измерении тяги дымовые газы не втягиваются внутрь прибора. Дымовые газы через газовый тракт поступают из зонда напрямую к сенсору давления анализатора, с помощью которого происходит измерение тяги. Температура идущего на горение воздуха измеряется с помощью зонда температуры, подключенного непосредственно к измерительному прибору.

8. Приложение

8.1 Расчетные формулы

Потери тепла с дымовыми газами: $q_A = \left[(FT - AT) \left[\frac{A2}{(21 - O_2)} + B \right] \right] - XK$

FT: Температура дымового газа

AT: Температура воздуха, идущего на горение

A2/B: Коэффициенты пересчёта для определённых видов топлива (см. таблицу)

21: Уровень кислорода в воздухе

O₂: Измеренное значение O₂ (округляется до ближайшего целого числа)

XK: Коэффициент, выражающий параметр qA как отрицательное значение, при недостижении точки росы. Используется при выполнении измерений на конденсационных горелках. Если значение температуры точки росы не занижено, то XK = 0.

$$q_A = f \times \frac{(FT - AT)}{CO_2}$$

Формула Зигерта для расчёта потерь тепла с дымовыми газами.

Используется, если факторы для определённых видов топлива A2 и B (для сравнения: см. Таблицу) равны нулю.

Таблица коэффициентов пересчёта для определённых видов топлива

Топливо	A2	B	f	CO ₂ макс
Диз. топливо	0.68	0.007	–	15.4
Природный газ	0.65	0.009	–	11.9
Сжиженный газ	0.63	0.008	–	13.9
Кокс, древесина	–	–	0.74	20.0
Пресованный уголь	–	–	0.75	19.3
Битумное покрытие	–	–	0.90	19.2
Антрацит	–	–	0.60	18.5
Коксовый газ	0.6	0.011	–	–
Бытовой газ	0.63	0.011	–	11.6
Поверочный газ	–	–	–	13.0

Количество воздуха L:

$$L = \lambda \times L_{\text{мин}}$$

L: Фактическое количество воздуха

λ : Коэффициент избытка воздуха

$L_{\text{мин}}$: Теоретически требуемое количество воздуха

Концентрация углекислого газа (CO₂):

$$\text{CO}_2 = \frac{\text{CO}_{2\text{макс}} \times (21 - \text{O}_2)}{21}$$

$\text{CO}_{2\text{макс}}$: Макс. значение CO₂ в зависимости от топлива

Коэффициент избытка воздуха λ :

$$\lambda = \frac{\text{CO}_{2\text{макс}}}{\text{CO}_2} = 1 + \frac{\text{O}_2}{21 - \text{O}_2}$$

$\text{CO}_{2\text{макс}}$: Макс. значение CO₂ в завис. от топлива

CO₂: Рассчитанное значение CO₂ в дымовых газах

O₂: Измеренное значение O₂ (округляется до ближайшего целого числа)

21: Уровень кислорода в воздухе

Концентрация неразбавленного угарного газа (CO_{неразбавл.}):

$$\text{CO}_{\text{неразбавл.}} = \text{CO}_{\text{разбавл.}} \times \lambda$$

CO: Измеренное значение CO

λ : Коэффициент избытка воздуха

КПД системы (η):

$$\eta = 100 - qA$$

qA: Потери тепла с дымовыми газами

Предельные значения согласно Постановлению о топочных установках

Тепловая мощность топлива	Твердое топливо			Жидкое топливо			Газообразное топливо	
	CO	NO	Dust/Wood	CO	NO	SO ₂	CO	NO
50 – 350 кВт	800 мг/м ³	250 мг/м ³	150 мг/м ³					
350 кВт – 2 МВт	250 мг/м ³	250 мг/м ³	150 мг/м ³					
> 2 МВт – 5 МВт	250 мг/м ³	250 мг/м ³	50 мг/м ³					
> 5 МВт – 10 МВт	100 мг/м ³	250 мг/м ³	50 мг/м ³					
> 10 МВт		200 мг/м ³	50 мг/м ³					
		13% O ₂ эталон.						
				Диз. топливо EL				
≤ 1 МВт				100 мг/м ³				
> 1 МВт				80 мг/м ³				
50 кВт – 50 МВт					150 мг/м ³			
> 50 МВт					100 мг/м ³			
> 50 МВт – 300 МВт					100 мг/м ³	350 мг/м ³		
> 300 МВт					100 мг/м ³	200 мг/м ³		
50 кВт – 2 МВт					Сажевое число 1			
					3% O ₂ эталон.			
								Природ. газ
≤ 3 МВт							80 мг/м ³	120 мг/м ³
> 3 МВт							80 мг/м ³	100 мг/м ³
								LPG
≤ 3 МВт							80 мг/м ³	160 мг/м ³
> 3 МВт							80 мг/м ³	130 мг/м ³
								3% O ₂ -эталон.

Потери тепла с дымовыми газами

В зависимости от используемого типа топлива, потери тепла с дымовыми газами для систем, предназначенных только для обогрева помещений или нагрева воды, при номинальной нагрузке не должны превышать следующих значений:

1. Системы с автоматической загрузкой, работающие на твердом топливе 19%
2. Системы, работающие на жидком или газообразном топливе 10%

8.2 Презентация приборов Testo

Измерительные технологии для окружающей среды, систем отопления, вентиляции и кондиционирования, промышленности

“We measure it.” Этот девиз является не просто лозунгом, но и ключом к успеху компании Testo со штаб-квартирой в г. Ленцкирх/Шварцвальд. Целью высокотехнологичной компании, расположенной в окрестностях Фрайбурга, является создание инновационных измерительных технологий. Будь то новая модель тепловизора, система мониторинга testo Saveris или инновационный прибор для измерения мелкодисперсных твердых частиц в дымовых газах testo 380 – измерительные технологии отличаются высоким уровнем инновации и широким спектром продуктов. Измерительные приборы Testo помогают нашим клиентам экономить время и сырье, они безопасны для окружающей среды и здоровья человека, позволяют улучшить качество товаров и услуг. Высокотехнологичные приборы используются, например,

в фармацевтическом и пищевом секторах при транспортировке и хранении чувствительных товаров, в различных отраслях промышленности при производстве и в области обеспечения качества, а также в сфере энергетики или фирмами-подрядчиками для мониторинга климатических параметров.

Помимо высококвалифицированных и мотивированных сотрудников ключом к успеху также являются инвестиции в будущее компании. Примерно 10% от годового оборота компания Testo тратит на исследования и разработки, укрепляя свои позиции на мировом рынке в качестве лидера в области портативных и стационарных измерительных технологий.

Testo по всему миру

В Германии услуги новым и существующим клиентам предлагают 6 сервисных центров. 30 филиалов работают в Аргентине, Австралии, Бельгии, Бразилии, Китае, Франции, Великобритании, Гонконге, Италии, Японии, Корее, Нидерландах, Австрии, Польше, Швейцарии, Испании, Чехии, Турции, Венгрии и США, а также

80 торговых представителей занимаются поставками точных измерительных приборов из Ленцкирха на всех пяти континентах и предоставляют качественные услуги по ремонту и поверке.

Проверенные на практике, качественные измерительные приборы

Число анализаторов дымового газа Testo, находящихся в использовании у наших заказчиков по всему миру, составляет свыше 100.000. Пользователи в промышленности, бизнесе и контролирующих органах по праву доверяют анализаторам дымового газа Testo, что подчёркивает нашу собственную уверенность в высоком качестве наших продуктов, подтверждённую длительными периодами гарантии.

Квалифицированное обслуживание

Даже по истечении срока гарантии Testo не оставляет своих заказчиков. Сервисные службы по всему миру гарантируют предоставление технической поддержки в кратчайшие сроки. В Германии работает круглосуточная служба технической поддержки (с

платой за срочность) и круглосуточная служба консультаций касаясь запасных частей. Кроме того, по запросу, на время ремонта клиент получает подменный прибор за небольшую фиксированную плату.

Сертификат ISO 9001

Впервые компания Testo получила сертификат качества ISO 9001 в октябре 1992 года, который был подтверждён повторно в октябре 1997 года. Грамотно применяемая и ориентированная на будущее система обеспечения качества гарантирует предоставление заказчику продуктов беспрецедентного качества. Строжайший аудит и сертификация проводились независимой компанией: Germanischer Lloyd. Данная организация регулярно контролирует соблюдение стандарта ISO 9001 компанией Testo. Приборы Testo для измерений в системах отопления представлены на следующих двух страницах.

Анализатор дымовых газов testo 330-1 LL / 330-2 LL

- Цветной графический дисплей
- 4 года гарантии на сенсоры O₂ и CO
- Самодиагностика прибора
- Дифференциальная температура измерения подающей/обратной линии
- Измерения CO в атмосфере
- Измерения O₂ в атмосфере
- Определение утечек с помощью зонда течеискателя
- Измерение дифференциального давления
- Определение расхода топлива
- Обнуление сенсора давления без извлечения зонда из дымохода (только для модели testo 330-2 LL)
- Расширение диапазона измерения CO до 30 000 ppm за счет автоматического разбавления чистым воздухом (только для модели testo 330-2 LL)
- IRDA-интерфейс для передачи данных на КПК/ноутбук
- USB-интерфейс для передачи данных на ПК



Анализатор дымовых газов testo 330i

- Дистанционное управление и отображение измеренных значений на экране Вашего смартфона/планшета благодаря встроенному Bluetooth-модулю и мобильному приложению для testo 330i
- Цифровое документирование и создание отчетов на месте замера с помощью мобильного приложения для testo 330i
- Надежная фиксация зонда отборы пробы в дымоходе благодаря специальному креплению для зондов testoFix
- Возможность обнуления газовых сенсоров и сенсора давления без извлечения зонда из дымохода
- Расширение диапазона измерения CO до 30 000 ppm за счет автоматического разбавления чистым воздухом
- Прочный пыленепроницаемый корпус из пластика для использования в промышленных условиях
- 4 года гарантии на сенсоры O₂ и CO



Технические данные testo 330-1 LL / 330-2 LL / 330i					
Изм. температуры	Изм. диап.	-40...+1200 °C	Потери тепла	Изм. диап.	0...99,9 %
Измерение тяги	Изм. диап.	-9,99...+40 гПа	CO ₂ расчет	Диап. отобр.	0...CO ₂ макс.
Изм. давления	Изм. диап.	0...+200 гПа	Изм. CO в окр. среде (с зондом CO)	Изм. диап.	0...500 ppm
O ₂ измер.	Изм. диап.	0...21 O ₆ %	Зонд течеискатель	Диап. отобр.	0...10.000 ppm CH ₄ /C ₃ H ₈
CO измер.	Изм. диап.	0...4000 ppm / 8000 ppm с H ₂ -компенсац.	CO ₂ в окр. среде	Изм. диап. (с зондом CO ₂)	0...1 O ₆ . % 0...10.000 ppm
КПД	Изм. диап.	0...120 %	NO измер. (опция)	Изм. диап.	0-3000 ppm.
Сист. требования*	IOS 7.1 или новее / Android 4.3 или новее; мобильное устройство с Bluetooth 4.0				

Высокоэффективный анализатор дымовых газов testo 310

- Дисплей с подсветкой
- Прочный корпус
- Фильтр зонда
- Автоматическое обнуление сенсора (30 с)
- Измерение концентрации CO в окружающей среде
- Измерение диф. давления
- Li-ion аккумулятор, 8ч
- Удобное крепление прибора
- Встроенный конденсатосборник
- Принтер



Технические данные

Измер. O ₂	Изм. диап.	0...21 Об. %	Тяга	Изм. диап.	-20...+20 гПа
Измер. CO (в окр. среде)	Изм. диап.	0...4000 ppm	Измер. давления	Изм. диап.	-40...+40 гПа
Измер. CO (без H ₂ -компенс)	Изм. диап.	0...4000 ppm	Измер. темпер. (дымовых газов)	Изм. диап.	0...+400 °C
КПД (Eta)	Изм. диап.	0...120 %	Измер. темпер. (окр. среды)	Изм. диап.	-20...+100 °C
Потери тепла	Изм. диап.	0...99,9 %			

Высокоэффективный анализатор дымовых газов testo 320

опционально с  **Bluetooth®**

- Графический дисплей с высоким разрешением
- Встроенная память
- Диагностика сенсора
- Простая установка зондов
- Опция Bluetooth
- Знак качества (одобрен TUV в соотв. с EN50379, Части 1-3)
- Измерение концентрации CO в окр. среде
- Обнаружение утечек газа
- Измерение диф. давления
- Измерение диф. температур
- Замена сенсоров пользователем
- Автоматическое обнуление сенсора (30 с)
- Li-ion аккумулятор, 8ч
- Прочный корпус
- Удобное крепление прибора
- Встроенный конденсатосборник
- Опция CO с H₂-компенс.



Технические данные

Измер. O ₂	Изм. диап.	0...21 Об. %	Измер. CO ₂ (в окр. среде)	Изм. диап.	0...1 Об. % 0... 10,000 ppm
Измер. CO (в окр. среде)	Изм. диап.	0...500 ppm	КПД (Eta)	Изм. диап.	0...120 %
Измер. CO (без H ₂ -компенс)	Изм. диап.	0...4000 ppm	Потери тепла	Изм. диап.	0...99,9 %
Измер. CO (с H ₂ -компенс)	Изм. диап.	0...8000 ppm	Тяга	Изм. диап.	-9,99...+40 гПа
Расчет CO ₂	Изм. диап.	0...CO ₂ макс	Измер. давления	Изм. диап.	0...+300 гПа
Измер. CO низ (с H ₂ -компенс)	Изм. диап.	0...500 ppm	Измер. темпер.	Изм. диап.	-40...+1200 °C

Анализатор дымовых газов testo 340

- Дооснащение макс. 4 сенсорами газа
- Два типа расширения диапазона измерения
- Параллельное изм. ДР и м/с
- Мощный автоматический мембранный насос
- Функция регистрации данных
- Объем памяти: до 250 000 значений
- Данные на 18 видов топлива + 10 доп. на выбор пользователя
- Встроенный блок питания и аккумулятор для работы автономно от сети



Технические данные			
Измерение O ₂	0...25 Об. %	Измерение NO	0...3000 ppm (опция)
Измерение CO ₂	0...CO ₂ макс	Измерение NO ₂	0...500 ppm (опция)
Измерение CO (с H ₂ -компенс.)	0...10,000 ppm	Измерение SO ₂	0...5000 ppm (опция)
КПД	0...120 %	Тяга	-40...+40 гПа, разреш.: 0,01 гПа
Потери тепла	-20...99,9 %	Измерение температуры	-40...+1200 °C

Портативная система для анализа дымовых газов testo 350

- Дооснащение макс. 6 сенсорами газа
- Съёмный управляющий модуль
- Большой цветной графический дисплей
- Прочный блок анализатора
- Легкодоступный сервисный отсек
- Контуры внешнего охлаждения
- Автомат. мониторинг уровня заполнения конденсатосборника
- Встроенный аккумулятор для работы автономно от сети
- Объем памяти: 250 000 значений
- Соединение по шине данных Testo



Технические данные			
Измерение O ₂	0...25 Об. %	Измерение NO ₂	0...500 ppm (опция)
Измерение CO ₂	0...CO ₂ макс	Измерение SO ₂	0...5000 ppm (опция)
Измерение CO (с H ₂ -компенс.)	0...10,000 ppm	Тяга	-40...+40 гПа, разреш.: 0,01 гПа
КПД	0...120 %	ДР1	±80 гПа; разреш.: 0,01гПа
Потери тепла	-20...99,9 %	ДР2	±1000 гПа; разреш.: 0,1гПа
Измерение NO	0...3000 ppm (опция)	Измерение температуры	-40...+1200 °C

Электронный теческатель testo 316-1

- Гибкий зонд для измерений в труднодоступных участках трубопровода
- Оптический и звуковой сигнал тревоги при превышении предельных значений
- Опциональный чехол TopSafe защищает прибор от загрязнений и повреждений
- Одобрен стандартом DVGW



Технические данные			
Диапазон измерения	0...10,000 ppm CH ₄	Дисплей	LED-дисплей (3-цветн.)
Нижний предел чувствительности	100 ppm	Быстродействие	< 5 с
1-ое сигнальное значение	от 200 ppm CH ₄ (желтый LED индикатор)	Время прогрева сенсора	< 30 с
2-ое сигнальное значение	от 10,000 ppm CH ₄ (красный LED индикатор)	Прочие характеристики	Полупроводниковый сенсор

Электронный теческатель testo 316-2

- Гибкий зонд для проведения измерений в труднодоступных местах
- Оптический и звуковой сигнал тревоги со шкалой отображения повышенных и опасных концентраций газа
- Отображение тренда для определения максимальной утечки
- Встроенный насос
- Возможность подключения гарнитуры для надежной локализации утечек в условиях повышенного уровня шума
- Возможность продолжительного использования благодаря встроенному аккумулятору



Технические данные			
Диапазон измерения	10 ppm...4.0 Об.% CH ₄ 10 ppm...1,9 Об.% C ₃ H ₈ 10 ppm...4.0 Об.% H ₂	1-ое сигнальное значение / 2-ое сигнальное значение	200 ppm CH ₄ , 100 ppm C ₃ H ₈ , 200 ppm H ₂ / 10.000 ppm CH ₄ , 5.000 ppm C ₃ H ₈ , 10.000 ppm H ₂
Дисплей	18-сегментный, со шкалой	Быстродействие	< 2 с
Ниж. предельное значение	10 ppm	Время прогрева сенсора	60 с

Прибор для тестирования на герметичность газовых и гидравлических трубопроводов testo 324

- Все необходимые виды измерений для тестирования газовых и гидравлических трубопроводов в одном приборе
 - Цветной дисплей с высоким разрешением
 - Удобная структура меню
 - Удобство управления
- благодаря разъему для подключения шланга
- Кейс с газопроводящим устройством
 - Встроенный нагнетатель давления до 300 мбар
 - Высокоточные сенсоры
 - Соответствие требованиям стандарта DVGW
 - Гарантия 2 года



Технические данные	
Измерение объема утечки	Диапазон измерения: 0...10 л/ч Погрешность: ±0,2 л/ч или 5% от изм. знач.
Измерение давления	Диапазон измерения: 0...1000 гПа Погрешность: ±0,5 гПа или 3% от изм. знач.
Измерение абсолютного давления	Диапазон измерения: 600...1150 гПа Погрешность: ±3 гПа
Перегрузка	до 1200 гПа
Измерение температуры (вн. зонд температуры (т/п тип К))	Диапазон измерения: -40...+600 °C Погрешность: ±0,5 °C или ±0,5%
Измерение температуры (зонд NTC (тип 5k))	Диапазон измерения: -20...+100 °C

Система для измерения мелкодисперсных твердых частиц testo 380

- В сочетании с testo 330-2 LL, инновационное решение для использования на системах, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе
 - Протестирован TÜV на соответствие предельным значениям ступеней 1/2 и в соответствии с VDI 4206 Часть 2
 - Параллельное измерение
- твердых частиц, O₂ и CO
- Графический дисплей отображает все значения в реальном времени
 - Экономичен в работе и тех. обслуживании
 - Интуитивное управление и легкая транспортировка
 - Высокие технологии в одном кейсе: измерение всех необходимых параметров всего одним зондом



Карманный дифференциальный манометр с функцией измерения скорости потока testo 510

- Отображение данных в Паскалях по всему диапазону
- С температурной компенсацией
- Магниты на задней части корпуса позволяют работать, не держа прибор в руках
- Измерение скорости потока трубкой Пито (не входит в комплект)
- С компенсацией плотности воздуха
- Подсветка дисплея
- Безопасное хранение и транспортировка с помощью входящих в комплект защитной крышки, ремешка на запястье и чехла для крепления на ремень



Технические данные	
Диапазон измерения	0...100 гПа
Погрешность ± 1 знач. цифра	±0,03 гПа (0...0,30 гПа) ±0,05 гПа (0,31...1,00 гПа) ±(0,1 гПа + 1,5% от изм. знач.) (1,01...100 гПа)
Разрешение	0,01 гПа
Цикличность измерений	0,5 сек
Класс защиты	IP40

Манометр для газовых и гидравлических трубопроводов testo 312-3

- Проведение предварительного и основного тестов на газовых трубах
- Гидравлические испытания водопроводных труб
- Четкий дисплей с часами
- Оптический сигнал тревоги при превышении заданных предельных значений
- Переключаемые диапазоны измерения, оптимальное разрешение



Технические данные		
Диапазон измерения	-300...+300 гПа	-6000...+6000 гПа
Погрешность ±1 знач. цифра	±0,5 гПа (0...50 гПа); ±1,5 гПа (+50...+300 гПа);	±2% от изм. знач. (+400...+2000 гПа); ±4% от изм. знач. (+2000...+6000 гПа); ±4 гПа (0...+400 гПа)
Разрешение	0,1 гПа (-300...+300 гПа)	1 гПа (-6000...+6000 гПа)
Перегрузка	±8000 гПа (-300...+300 гПа)	±8000 гПа (-6000...+6000 гПа)

Детектор утечек горючих газов во взрывоопасных зонах testo 316-Ex

- Подходит для применения во взрывоопасных зонах (соответствует требованиям директивы 94/9/EG, АTEX)
- Отображение концентрации газа с разрешением в 1 ppm
- Звуковое сигнальное оповещение при достижении нижнего предела взрывоопасной концентрации
- Съёмный гибкий зонд для измерений в труднодоступных местах



Технические данные			
Диапазон измерения	1...999 ppm / 0...2,5 Об.% CH ₄ 1...999 ppm / 1,0 Об.% C ₃ H ₈ 1...999 ppm / 0...2,0 Об.% H ₂	Разрешение	1 ppm / 0,1 Об. %
Дисплей	отображение ppm	Быстродействие	2-3 с
Ниж. предельное значение	10 ppm	Время прогрева сенсора	40 с

Детектор утечек газов testo 317-2

- Отображение концентрации газа на дисплее
- Самодиагностика сенсора сразу после включения прибора
- Звуковой сигнал, оповещающий о готовности к работе
- Нарастающий сигнал тревоги при увеличении концентрации газа
- Непрерывный звуковой сигнал при превышении предельного значения
- Уровень заряда батареи отображается на дисплее



Технические данные			
Диапазон измерения	0...20,000 ppm CH ₄ 0...10,000 ppm C ₃ H ₈	1-ое сигнальное значение	10,000 ppm CH ₄
Дисплей	8-сегментный (с отображением тренда)	2-ое сигнальное значение	5000 ppm C ₃ H ₈
Ниж. предельное значение	100 ppm CH ₄ / 50 ppm C ₃ H ₈	Время прогрева сенсора	60 с
Звуковой сигнал	85 Дб (А)	Быстродействие	< 5 с

Цифровой мультиметр testo 760

- Определение параметра измерения через распознавание разъема подключенного щупа
- Удобная современная технология управления с помощью функциональных кнопок вместо стандартно используемого переключателя
- Измерение истинного среднеквадратического значения
- Большой LCD-дисплей с подсветкой



Технические данные	testo 760-1	testo 760-2	testo 760-3
Диапазон измерения напряжения AC/DC	0,1 мВ - 600 В		0,1 мВ - 1000 В
Диапазон измерения силы пост./пер. тока	1 мА - 10 А	0,1 мкА - 10 А	
Диап. измер. сопр-ния	0,1 - 40 МОм	0,1 - 60 МОм	
Диап. измер. частоты	0,001 Гц - 500 кГц	0,001 Гц - 10 МГц	0,001 Гц - 30 МГц
Диапазон измерения электрической емкости	0,001 нФ - 200 мкФ	0,001 нФ - 30000 мкФ	0,001 нФ - 60000 мкФ
Диап. измер. темп-ры	-	-20 ... +500 °C	
Разрядность дисплея	4 000	6 000	
Класс перенапряжения	CAT4/300 В / CAT3/600 В	CAT4/600 В / CAT3/1000 В	
Класс защиты	IP 64		
Соотв. стандартам	EN 61010-1, IEC 61326		

Токоизмерительные клещи testo 770

- Уникальный механизм захвата облегчает работу с электрощитками
- Автоматическое определение AC/DC для измерения силы тока и напряжения
- Большой двухстрочный дисплей
- Измерение истинного среднеквадратического значения
- Дополнительные функции: измерение силы пускового тока, мощности и малых токов мкА, а также подключение по Bluetooth (для testo 770-3)



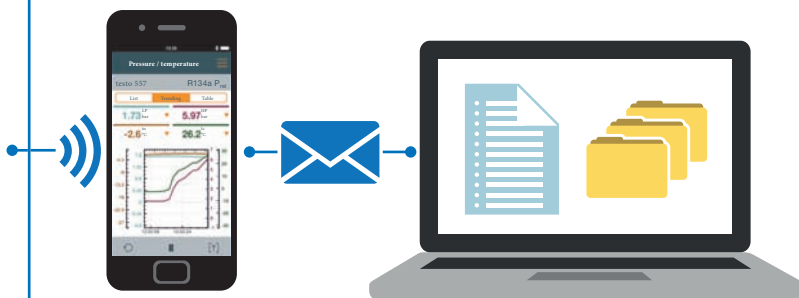
Технические данные	testo 770-1	testo 770-2	testo 770-3
Диапазон измерения напряжения AC/DC	1 мВ - 600 В		
Диапазон измер. силы пост./пер. тока	0,1 - 400 А	0,1 - 600 А	
Измерение мощности	-	√	
Диапазон измер. мкА	-	0,1 - 400 мкА	
Диап. измер. сопр-ния	0,1 Ом - 40 МОм	0,1 Ом - 60 МОм	
Диап. измер. частоты	0,001 Гц - 10 кГц		
Диапазон измерения электрической емкости	0,001 - 2000 мкФ	0,001 - 30000 мкФ	0,001 - 60000 мкФ
Диап. измер. темп-ры	-	-20 ... +500 °C	
Bluetooth	-	√	
Разрядность дисплея	4 000	6 000	
Класс перенапряжения	CAT4/600 В / CAT3/1000 В		
Разрешения	TÜV, CSA, CE		
Соотв. стандартам	EN 61010-1, IEC 61376		

Смарт-зонды Testo – компактные приборы, управляемые со смартфона

С новыми смарт-зондами Testo ваши измерения становятся проще и продуктивнее, чем раньше, потому что этими компактными приборами можно управлять со смартфона или планшета через приложение testo Smart Probes App.



Смарт-зонды Testo передают измеренные значения по Bluetooth на мобильное приложение testo Smart Probes App, установленное на вашем смартфоне или планшете. С его помощью вы сможете анализировать и документировать полученные данные, а затем отослать отчет по e-mail прямо на месте измерения.



Ваши преимущества:

- Больше мобильности: измеренные значения будут у вас под рукой всегда, когда они вам нужны.
- Больше безопасности: Результаты измерений обрабатываются непосредственно в цифровом формате. Больше никаких бумаг.
- Больше профессионализма: аккуратные отчеты в формате A4 с фотографиями, логотипами и комментариями.

Комплект смарт-зондов Testo для систем отопления

В комплект входят смарт-зонды testo 115i, testo 510i и testo 805i в кейсе testo Smart Case. С этим комплектом вы сможете проводить измерения и проверки всех показаний температуры и давления в системах отопления.



Смарт-зонд термометр для труб (зажим) testo 115i

- Измерение температуры подающего и обратного трубопровода в системах отопления
- Измерение температуры в холодильных системах для автоматического расчета перегрева и переохлаждения
- Удобство использования в случае с удаленными друг от друга местами замера
- Быстрое определение изменения температуры за счет отображения графика-кривой
- Диапазон измерения от -40 до +150 °C



Смарт-зонд ИК-термометр testo 805i

- Бесконтактное инфракрасное измерение поверхностной температуры
- Маркировка места замера с помощью четкого восьмиточечного лазерного круга
- Простой выбор коэффициента излучения из предустановленного списка материалов
- Документирование изображений с измеренными значениями и маркировкой места замера
- Оптика 10:1, диапазон измерения от -30 до +250 °C



Смарт-зонд манометр дифференциального давления testo 510i

- Измерение давления потока газа
- Измерение разряжения/тяги в дымоходах
- Простая настройка и расчет объемного расхода воздуха с помощью трубки Пито
- Магнит в корпусе прибора для прочной фиксации на металлической поверхности
- Диапазон измерения от -150 до 150 гПа



Смарт-зонды Testo работают с мобильным приложением testo Smart Probes
скачайте бесплатно в



Системные требования: iOS 8.3 или Android 4.3 или новее / Bluetooth 4.0 или выше

