

We measure it.



Содержит  
теорию и  
практику

**Практическое руководство**

**Измерительные технологии для  
наладки котельной техники**

[www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)

## Предисловие

Настоящее руководство предлагает вам краткий обзор параметров, измерительных задач и инженерных решений в секторе наладки и обслуживания систем отопления. Руководство включает в себя ответы экспертов на часто задаваемые вопросы, возникающие в процессе эксплуатации приборов. Рекомендации основаны на огромном опыте пользователей измерительных технологий компании Testo по всему миру.

Данное руководство предназначено для того, чтобы предоставить новым пользователям необходимые сведения об измерении выбросов. Для опытных специалистов в области анализа дымовых газов данная брошюра станет ценным справочником.

Издание сэкономит ваше время и усилия, затрачиваемые на поиск информации в разных источниках.

Мы с радостью рассмотрим все ваши идеи и пожелания. Просто напишите нам по электронной почте на адрес [info@testo.kiev.ua](mailto:info@testo.kiev.ua) или посетите наш официальный сайт [www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)

Новые идеи и предложения найдут свое достойное место в следующем издании.

Совет Директоров Testo AG

*Буркарт Кноспе*

*Лотар Валлесер*

*Мартин Винкле*



Содержание	Страница
I. Что подразумевается под “дымовыми газами”? - Единицы измерения - Компоненты дымовых газов	6
II. Состав топлива	12
III. Горелки	15
IV. Параметры - Непосредственно измеряемые параметры - Рассчитываемые параметры	19
V. Базовые измерения дымовых газов - Дизельные и газовые горелки	24
VI. Измерения концентрации CO для газовых горелок - Измерение концентрации CO в атмосфере	30
VII. Расчёт КПД - Для традиционных систем отопления - Для конденсационных котлов	33
VIII. Измерения концентрации NO <sub>2</sub> для газовых горелок	36
IX. Проверка функциональности отопительного оборудования - Проверка герметичности газовых трактов - Регулирование потока с помощью детекторов утечек	37
X. Настройка горелок - Малые горелки - Низкотемпературные и конденсационные котлы - Газовые системы отопления	40

Содержание	Страница
XI. Проверка герметичности газопроводных и водопроводных конструкций в соответствии с положениями DVGW	44
- Предварительные тесты	
- Основные тесты	
- Измерения объёмов утечки	
- Испытание гидравлических трубопроводов под давлением	
- Обнаружение утечек газа	
XII. Измерительные технологии	49
- Сенсоры	
- Принцип работы химического 2-х электродного сенсора	
- Принцип работы химического 3-х электродного сенсора токсичных газов	
- Принцип работы полупроводникового сенсора при измерении концентрации горючих газов	
- Электронные схемы	
- Конструкция анализаторов дымовых газов	
XIII. Приложение	56
- Формулы расчёта	
- Презентация измерительных приборов Testo	

Единица измерения  
**ppm**

## I. 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 в первую очередь уделить 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.

### Единицы измерения

Наличие загрязняющих веществ в дымовых газах можно определить по концентрации компонентов газа. Обычно используются следующие единицы измерения:

#### Параметр “ppm”

Как и “проценты (%)”, данный параметр описывает пропорцию. Проценты – это “количество X частей в сотне частей”, а “ppm” – это “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 (NO<sub>2</sub>) и кислорода (O<sub>2</sub>). 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:

$$\begin{aligned}
 10\,000 \text{ ppm} &= 1\% & 10 \text{ ppm} &= 0.001\% \\
 1\,000 \text{ ppm} &= 0.1\% & 1 \text{ ppm} &= 0.0001\% \\
 100 \text{ ppm} &= 0.01\% & &
 \end{aligned}$$

Концентрация кислорода 21% от объёма будет эквивалентна концентрации, равной 210 000 ppm O<sub>2</sub>.

### мг/Нм<sup>3</sup> (“миллиграммов на нормальный кубометр”)

При использовании единицы измерения мг/Нм<sup>3</sup>, стандартный объём (стандартные кубические метры = м<sup>3</sup> (н.у.) = Нм<sup>3</sup>) 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. Нормальные условия соответствуют:

Температура: 0°C

Давление: 1013 мбар г(Па)

Тем не менее, только этих сведений недостаточно, поскольку соответствующие объёмы дымовых газов изменяются в соответствии с пропорциональным содержанием в них кислорода (имеется в виду объём окружающего воздуха на единицу объёма дымовых газов). Таким образом, измеряемые значения подлежат преобразованию в определённый объём кислорода – эталонное содержание кислорода (эталонное содержание O<sub>2</sub>). Прямому сравнению подлежат только данные с одинаковыми эталонными объёмами кислорода. Измеренное содержание кислорода (O<sub>2</sub>) в дымовых газах также является необходимым при преобразовании параметра “ppm” в “мг/м<sup>3</sup>”. Формулы преобразования для оксида углерода (CO) и оксида азота (NO<sub>x</sub>) приводятся ниже.

$$CO (мг/м^3) = \left[ \frac{21 - \text{эталонный } O_2}{(21 - O_2)} \right] \times CO (ppm) \times 1,25$$

$$NO_x (мг/м^3) = \left[ \frac{21 - \text{эталонный } O_2}{(21 - O_2)} \right] \times 2,05 \times (NO (ppm) + NO_2 (ppm))$$

#### Формулы преобразования в мг/м<sup>3</sup>

Используемые в формулах коэффициенты соответствуют стандартным значениям плотности газов в мг/м<sup>3</sup>.

### Единицы измерения мг/кВт-ч

### Единица измерения мг/Нм

### “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/м<sup>3</sup>” 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%).

Коэффициенты преобразования для твёрдых видов топлива также зависят от формы имеющегося топлива (в виде цельного блока, измельченного топлива, порошка и т.п.). По этой причине используемые коэффициенты топлива подлежат тщательной проверке.

Лёгкое дизельное топливо (“EL”)			
CO	1 ppm	= 1,110 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0,900 ppm
	1 мг/м <sup>3</sup>	= 0,889 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1,125 мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	1 ppm	= 1,822 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0,549 ppm
	1 мг/м <sup>3</sup>	= 0,889 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1,125 мг/м <sup>3</sup>

Природный газ “Н” (“G20”)			
CO	1 ppm	= 1,074 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0,931 ppm
	1 мг/м <sup>3</sup>	= 0,859 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1,164 мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	1 ppm	= 1,759 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 0,569 ppm
	1 мг/м <sup>3</sup>	= 0,859 мг/кВт-ч	1 мг/кВт-ч = 1,164 мг/м <sup>3</sup>

Рис. 1: Коэффициенты преобразования для единиц измерения энергии

## Компоненты дымовых газов

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

### Азот (N<sub>2</sub>)

Азот (N<sub>2</sub>) – основной компонент (79 об. %) воздуха, которым мы дышим. 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 (CO<sub>2</sub>)

Углекислый газ – это газ без цвета и запаха с кисловатым привкусом. Под воздействием солнечного света растения с зелёным пигментом листьев - хлорофиллом - преобразуют углекислый газ (CO<sub>2</sub>) в кислород (O<sub>2</sub>). В процессе дыхания людей и животных происходит обратный процесс - преобразование кислорода (O<sub>2</sub>) в углекислый газ (CO<sub>2</sub>). Это приводит к равновесию, которое нарушается при наличии газообразных продуктов сгорания, в результате чего усиливается парниковый эффект. Предельное пороговое значение составляет 5000 ppm. Концентрации свыше 15% от объёма (150000 ppm) вызывают быструю потерю сознания.

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 (H<sub>2</sub>O). 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) или в виде конденсата (при низких значениях температуры дымовых газов).

Азот

Углекислый газ

Водород

Кислород

Оксид углерода

Оксид азота

### Кислород (O<sub>2</sub>)

Остаточный кислород, не использованный в процессе сгорания ввиду избыточного воздуха, “отходит” в виде газообразных дымовых газов и используется для полноты (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 содержащийся в воздухе ядовитый газ без цвета и запаха, являющийся продуктом неполного сгорания. При высоких концентрациях угарный газ препятствует поступлению в кровь кислорода. Так, например, при содержании в воздухе помещения 700 ppm CO вдыхание такого воздуха на протяжении 3 часов приводит к летальному исходу. Предельное пороговое значение составляет 50 ppm.

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные горелки: 80 – 150 ppm

Газовые горелки: 80 – 100 ppm

### Оксиды азота (NO<sub>x</sub>)

При высоких значениях температуры (процесс сгорания) азот (N<sub>2</sub>), присутствующий в топливе, образует связь с кислородом, содержащемся в воздухе (O<sub>2</sub>), в результате чего формируется оксид азота (NO). Спустя некоторое время данный бесцветный газ окисляется под воздействием кислорода (O<sub>2</sub>), в результате чего образуется диоксид азота (NO<sub>2</sub>). NO<sub>2</sub> – это водорастворимый дыхательный яд, вызывающий тяжёлое поражение лёгких при вдыхании и способствующий образованию озона под воздействием ультрафиолетового излучения (солнечного света). Компоненты NO и NO<sub>2</sub> называются оксидами азота (NO<sub>x</sub>).

Типичное содержание в дымовых газах:

Дизельные/газовые горелки: 50 – 100 ppm

### Диоксид серы (SO<sub>2</sub>)

Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) – это бесцветный и токсичный газ с резким запахом. Этот газ образуется при наличии в топливе серы. Предельное пороговое значение составляет 5 ppm. Сернистая кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) образуется в результате соединения с водой (H<sub>2</sub>O) или с конденсатом.

Типичное содержание в дымовых газах для дизельных горелок: 180 – 220 ppm

Более подробные сведения об измерении концентраций SO<sub>2</sub> приводятся в техническом руководстве Testo, “Анализ дымовых газов в промышленности”, (№ заказа 0981 2773).

Диоксид серы

Примечание

### Несгораемые углеводороды (HC)

Несгораемые углеводороды (HC) формируются в результате неполного сгорания и способствуют образованию парникового эффекта. В данную группу входят метан (CH<sub>4</sub>), бутан (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) и бензол (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

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

Несгораемые углеводороды

### Сажа

Сажа – это (практически) чистый углерод (C), образующийся в результате неполного сгорания.

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

Сажа

### Твёрдые частицы

Твёрдые частицы (пыль) – это мелкие сухие вещества, передаваемые по воздуху. Такие частицы могут быть самой различной формы и плотности. Твёрдые частицы образуются из пепла и минеральных компонентов твёрдых видов топлива.

Твёрдые частицы

## II. Состав топлива

Основные компоненты топлива – это углерод (C) и водород (H<sub>2</sub>). В результате сгорания этих веществ расходуется кислород (O<sub>2</sub>). Данный процесс называется окислением. Из компонентов воздуха, идущего на горение, и топлива образуются новые соединения.



Рис. 2: Состав дымовых газов

Воздух, подаваемый на горение, состоит из кислорода (O<sub>2</sub>), азота (N<sub>2</sub>) и небольшого количества остаточных газов и паров воды. Теоретический объём воздуха, требуемый для полного сгорания (Л<sub>мин</sub>), оказывается недостаточным на практике. Для достижения оптимальной эффективности сгорания необходимо обеспечить подачу большего количества воздуха на тепловой генератор, чем требуется теоретически. Соотношение между фактическим и теоретически необходимым количеством воздуха называется “коэффициентом избытка воздуха”, λ (“лямбда”). Максимальная эффективность сгорания достигается при небольшом избыточном количестве воздуха, когда соотношение несгоревшего топлива и потерь тепла с дымовыми газами является минимальным. Следующая модель процесса сгорания ярко демонстрирует вышесказанное:

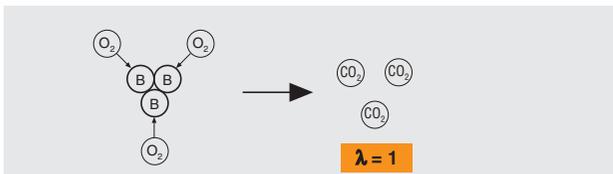


Рис. 3: Идеальный процесс сгорания

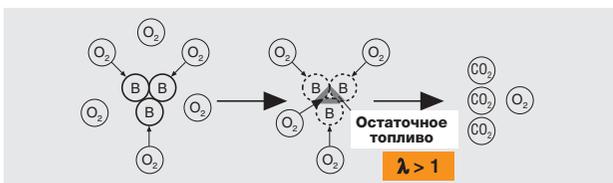


Рис. 4: Реальный процесс сгорания

### Виды твёрдого топлива

К видам твёрдого топлива относятся каменный уголь, битуминозный уголь, торф, древесина и солома. Основными компонентами данных видов топлива являются углерод (C), водород (H<sub>2</sub>), кислород (O<sub>2</sub>) и небольшое количество серы (S) и воды (H<sub>2</sub>O). 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).

Твёрдое топливо

Жидкое топливо

### Виды жидкого топлива

Жидкое топливо извлекается из нефти. Нефть проходит различные стадии переработки на нефтеперерабатывающих предприятиях, в результате чего получают лёгкое, среднее и тяжёлое жидкое топливо. Лёгкое и тяжёлое топливо используется в основном для систем отопления. Лёгкое топливо широко используется в малых топливосжигающих установках в промышленности; спектр его применения идентичен применению дизельного топлива (окрашенное дизельное топливо). При применении тяжёлого жидкого топлива последнее подвергается нагреванию с целью достижения жидкого состояния. Для лёгкого жидкого топлива нагревания не требуется.

### 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 (H<sub>2</sub>). Газообразное топливо, используемое для отопления на сегодняшний день, это природный газ, основным компонентом которого является метан (CH<sub>4</sub>). Небольшое количество жилых домов (10%) до сих пор снабжаются бытовым газом, основными компонентами которого являются водород (H<sub>2</sub>), угарный газ (CO) и метан (CH<sub>4</sub>). Однако теплотворная способность бытового газа в два раза ниже, чем теплотворная способность природного газа.

Газообразное топливо

### III. Горелки

#### 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).

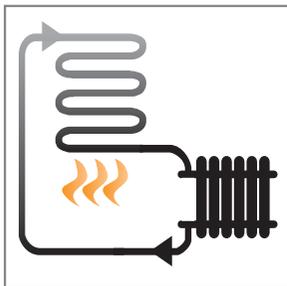


Рис. 5: Принцип работы горелки и системы отопления

Атмосферные газовые горелки

#### Твёрдотопливные 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 отработавшие газы, получаемые в процессе сгорания, что обеспечивает оптимальный процесс горения. Вторичный воздух требует предварительного подогрева во избежание охлаждения дымовых газов (неполное сгорание).

Твёрдотопливные котлы

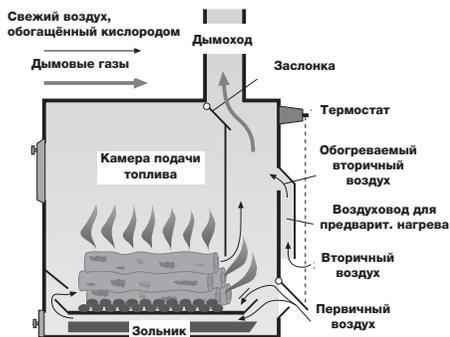


Рис. 6:

Простая колосниковая печь

#### Атмосферные газовые горелки

Основное преимущество газовых горелок состоит в том, что в процессе сгорания в таких горелках не образуется шлаков, что дает возможность экономии пространства за счёт камер подачи топлива. В частности, при использовании атмосферных газовых горелок за счёт выталкивающей силы 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 расхода 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.

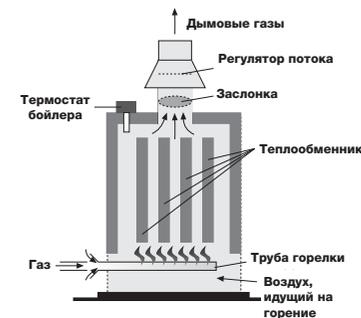


Рис. 7: Отопительный котел с атмосферной горелкой

#### Системы отопления с дизельными или газовыми горелками с принудительной тягой

При эксплуатации данного вида отопительного оборудования точный воздух подаётся в пламя горелки с помощью нагнетателя. Поскольку современные дизельные и газовые горелки имеют практически идентичную конструкцию, то в газовой отопительной системе можно, например, использовать сочетание дизельных и газовых горелок с принудительной тягой. Преимущество горелок с принудительной тягой состоит в независимости от тяги дымовых газов, меньшему сечению дымохода, более стабильному процессу сгорания и более высокому КПД. Тем не менее, у них имеется недостаток, состоящий в более высокой энергоёмкости системы.

Газовые горелки с принудительной тягой

## Конденсационные системы

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 для обеспечения сочетания теплоты конденсации с теплотой сгорания. Значения температуры дымового газа в конденсационных приборах – значительно ниже обычных температурных значений в традиционных системах. Конденсационные системы работают при температурах ниже стандартных температурных значений дымовых газов отопительных систем. 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 двуокись серы (SO<sub>2</sub>), преобразуемый частично в конденсат сернистой кислоты. Принимая во внимание образующийся конденсат, система дымовых газов должна отличаться устойчивостью к воздействию влаги и кислоты.

## Конденсационные системы

### Практические сведения

- Поскольку энергия измеряется как низшая теплотворная способность, значение КПД может быть более 100 %.
- Будьте внимательны при измерениях NO<sub>x</sub>: пропорциональное соотношение NO к NO<sub>2</sub> может достигать 50:50. А это означает, что для измерения NO<sub>x</sub> необходимо выполнить отдельные замеры концентраций NO и NO<sub>2</sub>.

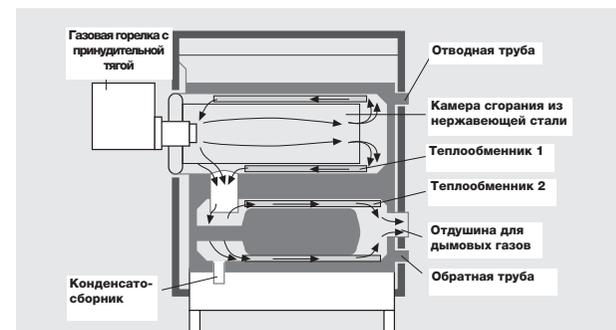


Рис. 8: Конструкция газового конденсационного котла

## IV. Параметры

### Непосредственно измеряемые параметры

#### Сажевое число

Сажевое число определяется с помощью прибора, схожего с велосипедным насосом. Определённое количество дымовых газов прокачивается через бумажный фильтр определённое количество раз. Степень черноты полученной точки на бумажном фильтре сравнивается с различными значениями шкалы серых тонов. Полученное сажевое число (по Бакараку) может быть от 0 до 9. Для газовых горелок сажевое число не определяется.

#### Нефтепродукты (осадки нефтепродуктов)

При неполном сгорании по причине недостаточного распыления несгоревшие углеводороды (НС) формируют отложения на бумажном фильтре, используемом для определения сажевого числа. Такие отложения можно обнаружить визуально, а их наличие – показать с использованием растворителя (ацетона).

#### Температура окружающего воздуха (АТ)

Температура окружающего воздуха измеряется на входе горелки. При использовании независимых от окружающего воздуха горелок температура измеряется в определённой точке подающей трубы.

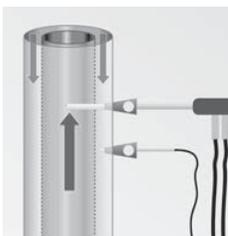


Рис. 9: Измерение температуры в дымоходе

#### Температура дымовых газов в горячей точке

Температура дымовых газов измеряется в горячей точке дымовых газов. В этой точке имеет место наиболее высокая температура и концентрация углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и самый низкий уровень содержания кислорода (O<sub>2</sub>).

Сажевое число

Продукты неполного сгорания

Температура окружающего воздуха

Температура дымовых газов

Тяга

Оксиды азота

Давление

#### Выталкивающая сила/тяга дымовых газов

В системах с естественной тягой выталкивающая сила или тяга дымовых газов является основным фактором, обуславливающим прохождение дымовых газов через дымоход. Поскольку плотность горячих отработавших газов ниже плотности холодного внешнего воздуха, в дымовой трубе создаётся частичный вакуум. Это называется тягой. В результате тяги происходит всасывание окружающего воздуха и преодоление сопротивлений системы и дымовой трубы. В системах под давлением соотношением давлений в дымовой трубе можно пренебречь, поскольку в данном случае горелка с принудительной тягой самостоятельно создаёт давление, необходимое для отвода дымовых газов. В установках данного типа можно использовать дымовую трубу меньшего диаметра.

#### Оксиды азота (NO<sub>x</sub>)

Измерение содержания оксидов азота – это способ проверки мер по обеспечению эффективности сгорания, направленных на сокращение выбросов оксидов азота горелками. Термин “оксиды азота” (NO<sub>x</sub>) означает общее количество монооксида азота (NO) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>). В малых горелках (в отличие от конденсационных котлов) соотношение NO и NO<sub>2</sub> всегда остаётся постоянным (97 % NO и 3 % NO<sub>2</sub>). Таким образом, содержание оксидов азота (NO<sub>x</sub>) обычно рассчитывается по показаниям измерений содержания монооксида азота (NO). При необходимости получения точных результатов измерений содержания NO<sub>x</sub> проводятся замеры содержания монооксида азота (NO) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>), а полученные показания складываются.

#### Давление потока

При проверке газовых горелок необходимо измерять давление потока газа в подающей трубе, а полученное значение сравнивать со значением, указанным производителем. Для этого проводится измерение дифференциального давления. Полученные значения дифференциального давления используются для регулировки давления форсунок газовых котлов/горелок, при этом мощность установки “подгоняется” под требуемое количество выделяемого тепла.

## Рассчитываемые параметры

Основные формулы, на основе которых рассчитываются следующие параметры, включая краткие пояснения, приводятся в Приложении.

### Потери тепла с дымовыми газами (qA) (расчёты по немецким стандартам)

Потери тепла с дымовыми газами – это разница между уровнем теплоты дымовых газов и уровнем теплоты воздуха окружающей среды относительно низшей теплотворной способности топлива. Таким образом, это измерение уровня теплоты дымовых газов, проходящих по дымоходу. Чем выше уровень потерь тепла с газами, тем ниже КПД и, соответственно, степень использования энергии, что в результате приводит к повышенному уровню выбросов нагревательной установки. По этой причине необходимо сокращать потери тепла с дымовыми газами в горелках. Определив содержание кислорода и разницу температур дымовых газов и воздуха окружающей среды, можно рассчитать коэффициенты потерь тепла с дымовыми газами для определённых видов топлива. В целях проведения расчётов вместо содержания кислорода можно использовать концентрацию углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Замеры температуры дымовых газов и содержания кислорода или углекислого газа (CO<sub>2</sub>) следует производить одновременно в одной и той же точке. Оптимальная настройка системы отопления на основе расчётов потерь тепла с дымовыми газами является гарантией положительных результатов.

1 % потерь тепла с дымовыми газами = 1 % доп. топлива или Потери энергии/год = Потери тепла с дымовыми газами/ потребление топлива/год

Для наглядности приводим следующий пример:

Рассчитанный уровень потерь тепла с дымовыми газами = 10 %  
Потребление топлива/год = 3000 л лёгкого дизельного топлива  
Потери энергии соответствует примерно 300 л лёгкого дизельного топлива/год

### Концентрация углекислого газа (CO<sub>2</sub>)

Уровень концентрации углекислого газа в дымовых газах указывает на эффективность работы горелки. Наивысшее содержание CO<sub>2</sub> с небольшим количеством избыточного воздуха

Потери тепла с дымовыми газами

Углекислый газ

Лямбда (λ)

(полное сгорание) говорит о минимальных потерях тепла с дымовыми газами. Для каждого вида топлива существует максимально возможный уровень содержания CO<sub>2</sub> в дымовых газах (CO<sub>2</sub> макс.), определяемый по химическому составу топлива, который нельзя получить на практике.

Значения CO<sub>2</sub> макс. для различных видов топлива:

- Лёгкое диз. топливо	15,4 об.% CO <sub>2</sub>
- Природный газ	11,8 об.% CO <sub>2</sub>
- Уголь	18,5 об.% CO <sub>2</sub>

Значения CO<sub>2</sub> макс. и уровень содержания кислорода в дымовых газах могут быть использованы для расчёта концентрации CO<sub>2</sub> в дымовых газах.

### Коэффициент избытка воздуха λ

Необходимый для процесса сгорания кислород подаётся в установку системы из воздуха окружающей среды. Для обеспечения полного сгорания требуется гораздо большее количество кислорода, нежели предусмотрено теоретически. Соотношение избыточного воздуха, идущего на горение, и теоретически необходимого его количества называется коэффициентом избытка воздуха λ (Лямбда).



Рис. 10: Диаграмма процесса сгорания

Коэффициент избытка воздуха определяется по концентрациям CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>. Эти соотношения представлены на Диаграмме процесса сгорания (см. Рис. 10). В процессе сгорания каждый из уровней CO<sub>2</sub> соответствует определённому уровню CO (при недостатке воздуха/ λ<1) или уровню O<sub>2</sub> (при избытке воздуха/ λ>1).

Значение  $\text{CO}_2$  является максимальным и не может являться репрезентативным значением. В силу этого обстоятельства требуется проведение замеров  $\text{CO}$  или  $\text{O}_2$ . При работе с избыточным воздухом (н.у.) на сегодняшний день является предпочтительным определение уровня  $\text{O}_2$ . Для каждого вида топлива существует отдельная диаграмма и соответствующее значение  $\text{CO}_2$  макс. (см. Приложение).

### Общий КПД

Общий КПД – это КПД, рассчитанный на основе анализа только удельной теплоты дымовых газов при отсутствии в последнем паров воды. Таким образом, в расчёт принимается только низшая теплотворная способность топлива.

### Суммарный КПД

Суммарный КПД – это КПД, рассчитанный на основе анализа потенциальной теплоты паров воды в дымовых газах. Таким образом, при расчёте потерь тепла с дымовыми газами используется значение высшей теплотворной способности топлива.

### Температура точки росы

Температура точки росы газа – это температура, при которой пары воды, содержащиеся в газе, переходят в жидкое состояние. Такой переход называется конденсацией, а образующаяся жидкость – конденсатом. При температуре ниже температуры точки росы влага находится в жидком состоянии, а при температуре выше точки росы – в газообразном. Примером может служить образование и исчезновение тумана или росы. Температура точки росы определяется по уровню влажности: значение температуры точки росы воздуха при уровне влажности 30 % составляет примерно 70 °С, а для сухого воздуха при уровне влажности 5 % – всего 35 °С.



Рис. 11: Зависимость влагосодержания воздуха от температуры точки росы (давление воздуха: 1013 мбар)

Шаг 1

КПД

Температура точки росы

Шаг 2

## V. Базовые измерения дымовых газов

### Дизельные и газовые горелки

#### Измерение температуры окружающей среды

Зонд отбора пробы устанавливается на входе горелки, и производится замер температуры окружающего воздуха. Полученное значение температуры сохраняется или измеряется непрерывно с помощью специального зонда температуры. Данное значение температуры необходимо для расчёта потерь тепла с дымовыми газами.



Рис. 12: Измерение температуры воздуха, идущего на горение

#### Измерение потерь тепла с дымовыми газами (qA)

Зонд отбора пробы устанавливается в дымоотвод через специальное отверстие. Цель измерений состоит в определении "горячей точки", т.е. точки с наивысшей температурой дымовых газов. Для установки зонда отбора пробы в требуемом положении используются специальные механические устройства. Температура дымовых газов измеряется через измерительный наконечник газоотборного зонда. С помощью мембранного насоса дымовой газ "всасывается" через зонд отбора пробы и подаётся в анализатор. Замер концентрации кислорода ( $\text{O}_2$ ) выполняется только в одной точке, в то время как концентрация углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) рассчитывается на основе значения, полученного в

ходе вышеописанного измерения. Расчёт потерь тепла с дымовыми газами ( $q_A$ ) в анализаторе осуществляется на основе значений  $T_{\text{атм}}$ ,  $T_{\text{дым. газ.}}$ ,  $O_2$  или  $CO_2$ . Полученное значение потерь тепла с дымовыми газами округляется в сторону увеличения. Десятичные значения до 0,50 округляются в сторону уменьшения, а значения выше 0,50 – в сторону увеличения.



Рис. 13: Определение уровня потерь тепла с дымовыми газами

**Причина резкого снижения температуры дымовых газов может состоять в следующем:**

- **Попадание конденсата на термопару (сенсоре температуры) при вертикальном расположении зонда отбора пробы.**

**Решение: зонд отбора пробы следует устанавливать горизонтально для обеспечения возможности удаления или стекания конденсата.**

**Причиной слишком высокого уровня потерь тепла с дымовыми газами может явиться следующее:**

- **Неверное значение температуры окружающей среды, полученное в ходе калибровки с использованием зонда отбора пробы. Рекомендация: выполните замеры с использованием отдельных температурных зондов.**

- **Неверные настройки для используемого вида топлива.**

- **Перепады температуры "горячей точки" атмосферных газовых горелок. Это в значительной степени затрудняет процесс выполнения контрольных замеров.**

Ввиду погрешности измерений при различных настройках сгорания к предельным значениям добавляются заданные точки допуска. Оценочное значение складывается из суммы значения ограничения и выраженных в процентах точек допуска. Округлённый в сторону увеличения результат замера потерь тепла с дымовыми газами должен быть ниже или совпадать с оценочным значением. Схема расчета определяющего оценочного значения приводится ниже.

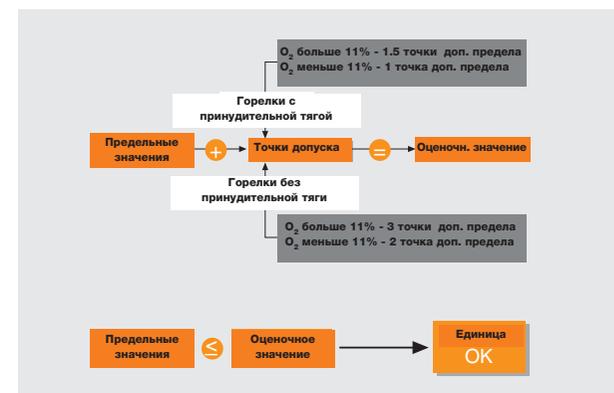


Рис. 14: Схема расчёта оценочного значения

Практические сведения

В незнакомых системах прежде всего необходимо определить уровень сажи, поскольку это позволит защитить анализаторы дымовых газов от чрезмерной нагрузки.

#### **Измерение тяги дымовых газов**

Для определения тяги дымовых газов (выталкивающей силы), требуемой для отвода дымовых газов в атмосферных горелках, зонд отбора пробы вновь устанавливается в подготовленное отверстие в дымоходе. Перед проведением измерений дымовых газов необходимо обнулить сенсор давления. Зонд отбора пробы извлекается, после чего в рабочей камере горелки измеряется давление. Анализатор автоматически отображает дифференциальное давление между окружающей средой и дымоходом, используя знак “минус”. В целях выявления колебаний давления установка на “ноль” также возможна вне дымохода. Для данного типа измерения подача дымового газа исключается.

#### Типичное значение тяги для дымохода:

система с положительным давлением с горелкой с принудительной тягой + высшая теплопроизводительность:  
положительное давление 0,12-0,20 гПа (мбар)

Пародизельная горелка и атмосферная газовая горелка:  
отрицательное давление 0,03-0,10 гПа (мбар).

**Причиной слишком низких значений при замерах тяги может явиться следующее:**

- **Неправильная установка “нуля” сенсора давления**
- **Негерметичная линия подачи газа в анализаторе**
- **Слишком высокая тяга в атмосферных газовых горелках может являться причиной повышенных значений CO. Этого можно избежать путём использования клапана контроля тяги.**

*Практические сведения*



Измерение тяги дымовых газов с помощью testo 320.

## VI. Измерения CO для газовых горелок

В целях обеспечения безопасности операторов системы газовые горелки подлежат проверке. Необходимо обеспечить полный отвод дымовых газов. Это особенно важно для независимых от окружающего воздуха газовых систем с контролем потока, поскольку в таких системах отвод газов осуществляется через дымоход. При закупорке дымохода газ через систему контроля потока может поступать в бойлерную, подвергая опасности оператора. Чтобы это предотвратить, в горелках с открытыми камерами сгорания и в горелках с принудительной тягой выполняется замер концентрации угарного газа (CO), включая проверку дымоходов. Данная мера безопасности не является необходимостью в случае с газовыми горелками с принудительной тягой, поскольку дымовые газы отводятся через дымоход.

**Проверка на безопасность газовых горелок с открытыми камерами сгорания и газовых горелок с принудительной тягой.**

В следующей контрольной карте описаны этапы, необходимые для проведения полного осмотра дымоходов:

Задача	OK	Замечания
Проверка работоспособности горелки		
Закройте все окна и двери в непосредственной близости от горелки		
Необходимо учесть влияние имеющихся вентиляторов		
Убедиться в наличии свободных сечений у всех отверстий		
Убедиться в наличии свободного сечения у шланга дымового газа		
Убедиться в отсутствии грязи и повреждений в камере сгорания		
Убедиться в наличии свободного сечения у дымоотводов горячего газа		
Зажечь горелку		
Убедиться в надлежащей работе дымовой заслонки		
Визуально определить степень сгорания по форме пламени		
Убедиться в отсутствии в газе горелки отходов нефтепродуктов от утилизации дым. газов		
Убедиться в надлежащей работе системы контроля потока		
Измерить концентрацию CO в дымовом газе		
Подготовить рабочую документацию		
Подготовить журнал осмотра		

Рис. 16: Регламент проведения проверки /осмотра дымоходов атмосферных газовых систем

### Измерение концентрации угарного газа (CO) в дымовых газах

Уровни CO и CO<sub>2</sub> или O<sub>2</sub> измеряются в смеси дымовых газов и воздуха (на выходе из системы контроля потока) с помощью зонда. Для того, чтобы убедиться в том, что система функционирует надлежащим образом, концентрация CO должна рассчитываться до разбавления дымовых газов воздухом. Существует возможность того, что при добавлении воздуха показания уровня CO будут неточными. Для данного расчёта потребуется значение уровня кислорода в дымовых газах. Концентрацию O<sub>2</sub> необходимо измерять одновременно с концентрацией CO.

#### Одного измерения CO недостаточно!

Концентрация неразбавленного CO рассчитывается анализатором и выражается как CO<sub>неразбавл.</sub> Измерения не следует проводить раньше, чем через 2 минуты после запуска горелки, поскольку повышенный уровень CO снижается до нормального рабочего значения лишь через некоторое время после запуска системы.

Предельные значения концентрации CO для неразбавленных дымовых газов:

**CO неразбавленный свыше 500 ppm:** требуется проведение технического обслуживания системы.

**CO неразбавленный свыше 1000 ppm:** отказ системы.

**Только значения CO<sub>неразбавл.</sub> могут использоваться для оценки работы горелки. После подачи воздуха (разбавления) показания могут быть неточными.**

Важно

Важно

**Измерение CO в атмосфере**

В целях безопасности, измерение CO в атмосфере необходимо выполнять наряду с измерениями дымовых газов в ходе проведения работ по техническому обслуживанию газовых агрегатов в жилых помещениях, поскольку обратный поток дымовых газов может привести к повышенной концентрации CO и опасности отравления. Данный вид измерений необходимо проводить в первую очередь.

- **На результаты измерений влияет сигаретный дым (мин. 50 ppm).**
- **Влияние дыхания курильщика на результаты измерений составляет примерно 5 ppm.**
- **Обнуление лучше всего выполнять на свежем воздухе.**

Концентрация CO в возд.	Время вдыхания и влияние
30 ppm 0.003 %	Предельное пороговое значение (макс. концентрация, при которой период вдыхания может превышать 8 часов).
200 ppm 0.02 %	Появление лёгкой головной боли в течение 2-3 часов.
400 ppm 0.04 %	Появление головной боли в области лба в течение 1-2 ч 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.
1600 ppm 0.16 %	Головокружение, тошнота и дрожь в конечностях в течение 20 минут. Летальный исход в течение 2 часов.
3200 ppm 0.32 %	Головокружение, тошнота и дрожь в конечностях в течение 5-10 минут, летальный исход в течение 30 минут.
6400 ppm 0.64 %	Головная боль и головокружение в течение 1-2 минут. Летальный исход в течение 10-15 минут.
12800 ppm 1.28 %	Летальный исход в течение 1-3 минут.



Измерение концентрации CO в окружающей среде.

**VII. Расчёт КПД****Для стандартных систем отопления**

Общий КПД – это КПД, рассчитанный на основе анализа только удельной теплоты дымовых газов при отсутствии в последнем паров воды. Таким образом, в расчёт принимается только низшая теплотворная способность топлива.

Суммарный КПД – это КПД, рассчитанный при анализе дымовых газов вместе со скрытой теплотой конденсации в дымовых газах. Таким образом, для расчета используется значение высшей теплотворной способности топлива.

$$\eta = 100\% - q_A$$

$$q_A = (AT - VT) \left[ \frac{A_2}{(21 - O_2)} + B \right]$$

Измерения температуры дымовых газов и температуры воздуха, идущего на горение, а также концентрации кислорода в дымовых газах для данного расчёта выполняются параллельно, с использованием значений поправочных коэффициентов (A2, B) для заданных видов топлива и значения уровня содержания кислорода в воздухе (21), сохранённых в анализаторе. Для того, чтобы использовать правильные факторы топлива A2 и B, необходимо правильно выбрать топливо в анализаторе.

**Конденсационные приборы**

Поскольку в современных конденсационных приборах используется значение теплоты конденсации, компания Testo - в целях корректности расчётов - ввела дополнительное значение "XK". Данное значение включает использование теплоты конденсации в отношении к низшей теплотворной способности. При остывании дымовых газов до значения ниже температуры точки росы, теоретическое значение которой заложено в анализатор Testo для каждого отдельного топлива (см. Рис. 24), пропорциональный коэффициент XK будет соответствовать значению теплоты парообразования с поправкой на конденсат, благодаря которому уровень потерь тепла с дымовыми газами может сократиться или стать отрицательным. Уровень КПД в отношении чистой теплотворной способности может соответствовать значениям выше 100% (см. следующий пример).

Пропорциональный коэффициент XK

Пример с лёгким  
дизельным топливом

$A_2 = 0.68$        $\rightarrow q_A = 19\%$  (пропорц. коэф. ХК)  
 $B = 0.007$   
 $FT = 30\text{ }^\circ\text{C}$        $\rightarrow q_A = -5\%$  (пропорц. коэф. ХК)  
 $AT = 22\text{ }^\circ\text{C}$        $\rightarrow h = 100\% - (-5\%)$   
 $O_2 = 3\%$        $= 105\%$   
 $XK = 5.47\%$

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

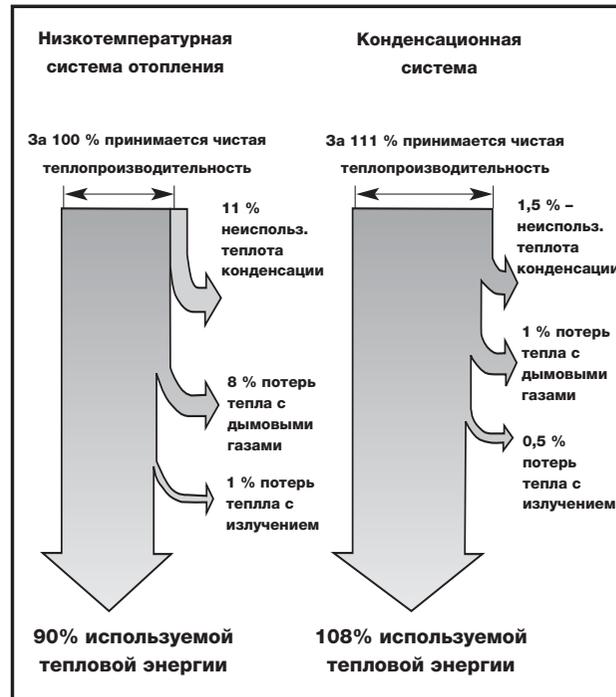


Рис. 17: Потери энергии в низкотемпературных и конденсационных системах.

- С началом использования топлива начинается процесс выработки тепла, и образуются пары воды.
- При измерении общего количества теплоты будет получено 100%-значение чистой теплопроизводительности.
- Если прибавить энергию водяного пара (теплоту конденсации), будет получено значение высшей теплопроизводительности (общей теплотворной способности).
- Значение высшей теплопроизводительности всегда выше значения чистой теплопроизводительности (низшей теплотворной способности).
- При расчёте КПД за основу всегда берётся значение низшей теплотворной способности.
- Однако в конденсационных установках наряду со значением низшей теплотворной способности также используется энергия конденсации, а это означает, что КПД в некоторых случаях может превышать 100%.

**Тем не менее, в конденсационных установках имеют место потери тепла, что говорит о том, что КПД установки обусловлен значением низшей, а не высшей теплотворной способности.**

Примечание

Топливо	Температура точки росы (в $^\circ\text{C}$ )
Природный газ, Н	57.53
Лёгкое диз. топливо "EL"	50.37
LPG (70/30)	53.95
Бытовой газ	61.09

Рис.18: Значения температуры точки росы дымовых газов для определённых видов топлива. Рассчитаны для стандартного давления (1013 мбар) и стехиометрического сгорания.

### VIII. Измерения NO<sub>2</sub> для газовых горелок

Содержание оксидов азота NO<sub>x</sub> указывает на общее содержание монооксида азота (NO) и двуоксида азота (NO<sub>2</sub>). Обычно соотношение концентраций NO и NO<sub>2</sub> является постоянной величиной (97% NO и 3% NO<sub>2</sub>). По этой причине измерение концентрации NO является достаточным для определения концентрации NO<sub>x</sub>. Однако при использовании смешанного топлива или конденсационных установок вышеуказанное соотношение меняется. В силу этого обстоятельства содержание двух компонентов (NO и NO<sub>2</sub>) измеряется отдельно, а сумма результатов этих измерений указывает на содержание NO<sub>x</sub>.



Рис. 19: Testo 340: многокомпонентный анализатор дымовых газов с возможностью прямого измерения NO<sub>x</sub>

*Диоксид азота (NO<sub>2</sub>) растворим в воде, поэтому для точного определения концентрации NO<sub>2</sub> необходимо проводить замеры в сухих дымовых газах, поскольку растворённый NO<sub>2</sub> не учитывается. Таким образом, перед проведением фактических замеров содержания диоксида азота необходимо использовать блок пробоподготовки для удаления влаги из дымовых газов.*

Важно

Практические сведения

- 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.

### IX. Проверка функциональности систем отопления

#### Проверка герметичности газовых трактов

Газовые тракты систем отопления, независимых от воздуха окружающей среды, проверяются на герметичность путём измерения уровня O<sub>2</sub> в двойной стенке. Данный тест необходимо проводить на современных системах. Уровень концентрации O<sub>2</sub> в поступающем воздухе в двойной стенке обычно составляет 21%. Если значения измерений ниже 20,5%, это указывает на наличие утечек во внутреннем дымоходе, что, в свою очередь, указывает на необходимость проверки всей системы.

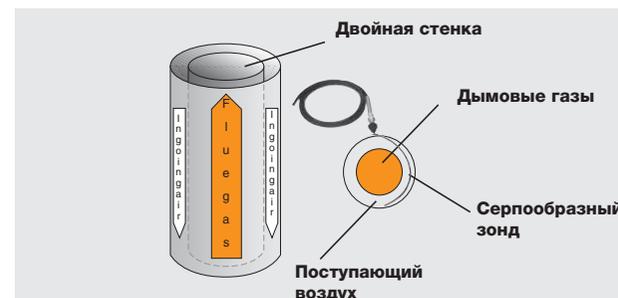


Рис. 20: Замер уровня O<sub>2</sub> в межстенном пространстве дымохода

Серпообразный зонд Testo (№ заказа 0632 1244) позволяет быстро и точно измерить уровень O<sub>2</sub> в двойной стенке.



Простым способом проверки герметичности дымоходной трубы является измерение давления. С помощью прибора для проверки герметичности в трубу дымового газа подаётся воздух, подача воздуха осуществляется до тех пор, пока давление в трубе не составит 200 Па (ранее – 1000 Па). Давление поддерживается на вышеуказанном уровне, и определяется объём воздуха, выходящего в области утечки. Дымоход (газовый тракт) считается герметичным, если скорость утечки составляет 50 л / (гм<sup>2</sup>).

### Контроль потока с помощью детекторов утечек

Для обеспечения эффективной работы горелки необходимо обеспечить полное удаление дымовых газов из регулятора расхода потока. Существует ряд способов определения эффективности отвода дымовых газов. Выброс дымовых газов определяется по формированию конденсата на контрольной пластинке или в газоанализаторе, а также по увеличению температуры, измеряемой с помощью термопары, или визуальной контролю потока в малом дымоходе.

При следующих обстоятельствах может возникнуть обратный поток к регулятору расхода потока:

- Наличие утечки в дымоходе, вызванной отсутствием или деформацией уплотнения, изношенностью материала уплотнения, ослаблением фитингов, точечной ржавчиной, коррозией или наличием трещин.
- Препятствия тяге в виде частиц или по причине деформации
- Отсутствие идущего на горение воздуха по причине избыточной герметичности рабочей среды
- Закупорка или загрязнение вентиляционных отверстий
- Частичная или полная закупорка в области газового тракта.

Возможные неисправности



Рис. 21: Обнаружение утечки дымовых газов в блоке контроля потока с помощью детектора утечки testo 317-3

### Х. Настройка горелок

#### Малые горелки

Достижение высоких “экологических” показателей возможно при обеспечении полного сгорания (стехиометрического сгорания) топлива и максимально возможной эффективности эксплуатации установки. Одним из определяющих параметров для оптимальной работы установки является настройка подачи воздуха, идущего на горение. Установлено, что для оптимальной работы установки требуется лишь небольшое количество избыточного воздуха. Иными словами, для обеспечения полного сгорания подается большее количество воздуха, чем это теоретически необходимо. На практике применяется следующее правило:

**Максимальная эффективность сгорания достигается при минимальной подаче избыточного воздуха и минимальных потерях тепла с дымовыми газами.**

На рис. 23 представлена зависимость концентрации компонентов дымовых газов от воздуха, идущего на горение.

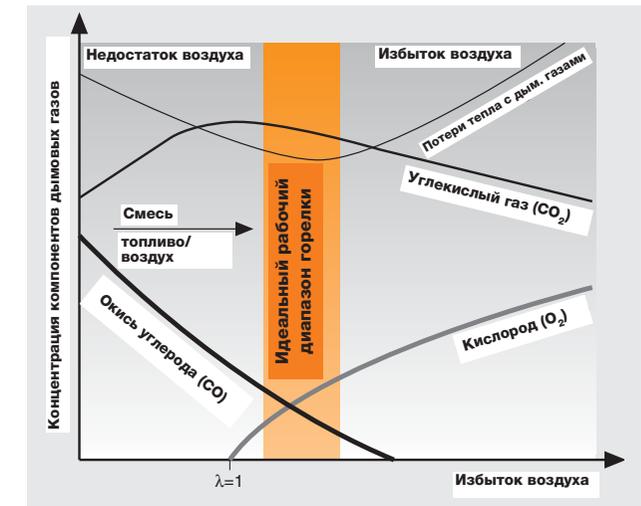


Рис. 23: Диаграмма процесса сгорания

**Применимы следующие эмпирические правила:**

Для макс. эффективности:	Концентрация CO <sub>2</sub> должна быть макс. возмож
	Концентрация CO должна быть на самом низком уровне

**Низкотемпературные и конденсационные котлы**

**Как настраивать котлы?**

- Настройте горелку в соответствии с номинальной теплоемкостью котла.
- Установите предельные значения для дымовых газов, такие как потери тепла.
- Настройте новые системы таким образом, чтобы сажевое число не превышало 1.
- Отрегулируйте концентрацию CO<sub>2</sub> в новых системах таким образом, чтобы её уровень составлял примерно 11-13 %.
- Отрегулируйте температуру дымовых газов в соответствии с рекомендациями производителя.
- Установите оптимальную концентрацию CO.



Измерение дифференциальной температуры с помощью зонда-обкрутки.

*Практические сведения*

- **Если дифференциальная температура соответствует спецификации производителя, то, скорее всего, система отрегулирована правильно.**
- **При низких значениях температуры дымовых газов происходит образование большого количества конденсата, что может привести к неточности показаний или повреждению анализатора. Способ устранения проблемы: использование блока пробоподготовки вместо конденсатосборника (см. Рис. 24).**



Рис. 24:

Осушка газа обеспечивает точность показаний и исключает возможность повреждения анализатора testo 350 в результате образования конденсата.

**Газовые системы отопления**

Целью регулировки является обеспечение максимальной экологичности и эффективности использования топлива. При эксплуатации газовых горелок необходимо регулировать и контролировать объём потока газа. Это осуществляется путём измерения давления потока газа. Вышеуказанный параметр указывается производителем и регулируется после монтажа установки. Дополнительный параметр – это давление в сопловом отверстии, влияющее на процесс сгорания.

### Как настраивать газовую отопительную систему?

- Настройка предельных значений для дымовых газов, например, потери тепла с дымовыми газами (должны быть наименьшими).
- Настройка требуемого давления газового потока путём измерения дифференциального давления. Требуемое значение давления указано в спецификации производителя. Данная регулировка позволяет получить требуемое давление газа в форсунке.
- Мощность оборудования может быть отрегулирована в соответствии с требуемым уровнем нагрева путём регулировки давления в сопловом отверстии. При неправильной регулировке давления газа может произойти следующее:

Слишком высокое давление газа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Угасание пламени</li> <li>• Неполное сгорание</li> <li>• Высокая концентрация CO</li> <li>• Опасность отравления</li> <li>• Высокое потребление газа</li> </ul>
Слишком низкое давление газа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Погасание пламени</li> <li>• Высокий уровень потерь тепла с дымовыми газами</li> <li>• Высокий уровень O<sub>2</sub></li> <li>• Низкий уровень CO<sub>2</sub></li> </ul>

- **Не производите замеров давления на главной трубе (соблюдайте диапазон измерений).**
- **Убедитесь в отсутствии течи между точкой отбора пробы и анализатором (опасность взрыва).**



Измерение и регулировка давления газа в системе спомощью testo 320 и подключенного к нему комплекта для измерения диф. давления.



Одновременное измерение дымовых газов и дифференциального давления с помощью высокоточного зонда давления.

Практические сведения

### XI. Проверка герметичности газопроводных и водопроводных конструкций в соответствии с DVGW

- Перед началом проведения работ на газовых трубах необходимо закрыть задвижку и обеспечить невозможность её открытия не уполномоченным на то персоналом (например, путём извлечения ключа или снятия вентиля). При утечке или выбросах газа необходимо обеспечить возможность его безопасного отвода за пределы помещения посредством вентиляции или через шланг. Задвижку следует открывать только в том случае, когда все отверстия системы труб, через которые может выходить газ, плотно закрыты. Это не относится к внешним работам по техническому обслуживанию труб.
- Согласно стандарту DIN 30657, для обнаружения утечки в газовых трубах следует использовать приборы обнаружения утечки газа или пену. Использование пламени в этих целях недопустимо. Временная герметизация допускается лишь в случае возникновения опасных ситуаций.
- Трубы с рабочим давлением до 100 мбар подвергаются предварительным и основным тестам. Тесты необходимо проводить перед окраской или обшивкой трубопроводов и соединений. Тесты можно также проводить посекционно.
- Результаты проведения всех тестов должны быть задокументированы.

#### 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.

### 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 110 мбар. После компенсации температурного воздействия тестовое давление не должно снизиться в течение минимум 10 минут проведения теста. Измерительный прибор должен быть настолько точным, чтобы регистрировать падение давления даже на 0,1 мбар.

### Измерение объёмов утечки

Трубы низкого давления, находящиеся в эксплуатации или неэксплуатируемые, проверяются на пригодность по запросу заказчика или при повторном подключении, при наличии оснований предполагать наличие утечек. В первую очередь труба проходит проверку под нагрузкой, т.е. подвергается тестовому давлению 3 бара в течение 3-5 минут. Цель проверки под нагрузкой состоит в обнаружении повреждений в результате коррозии. В трубу закачивается воздух для создания соответствующего тестового давления и измеряется падение давления за 1 минуту.

- Срок эксплуатации не ограничен, если объём утечки газа составляет менее 1 литра в час при рабочем давлении.
- Срок эксплуатации ограничен, если объём утечки газа составляет 1-5 литров в час при рабочем давлении.
- Непригодность к эксплуатации, если объём утечки газа превышает 5 литров в час при рабочем давлении.

Определение объёма утечки газа по логарифмической линейке

В целях установления объёма утечки газа необходимо определить объём газа в трубе по измеренной или предполагаемой длине трубы. Объём утечки газа можно показать на графике по падению давления в минуту, измеренному прибором для измерения дифференциального давления, а также по объёму газа в трубе согласно ТУ DVGW G 624 или специальной логарифмической линейке Testo, утверждённой стандартом DVGW.

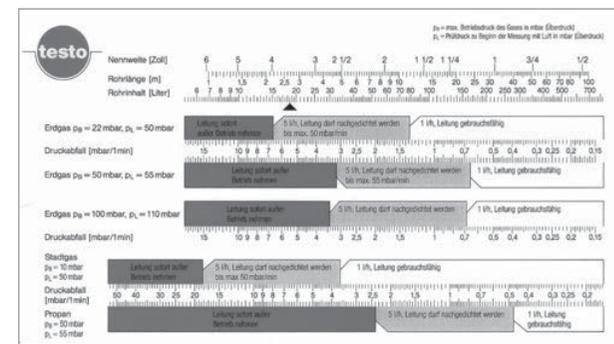


Рис. 25: Определение пригодности к эксплуатации по логарифмической линейке Testo

Использование логарифмической линейки исключает необходимость ввода данных в анализатор. Графическое и расчетное значение для объёма утечки газа определяется по следующей формуле:

$$V_B = V (p_1/p_2 - 1) \times p_B / p_L \times f \times 60$$

- $V_B$  Объём утечки газа в ходе работы, л/мин.
- $V$  Объём газа в трубе, л.
- $p_1$  Абсолютное тестовое давление в начале измерения, мбар (показания барометра + исходн. тестовое давл.)
- $p_2$  Абсолютное тестовое давление в конце измерения, мбар (показания барометра + конечн. тестовое давл.)
- $p_B$  Максимальное давление газа, мбар
- $p_L$  Тестовое давление в начале измерения с использованием воздуха, мбар (положит. давление)
- $f$  Коэффициент, учитывающий тип газа

В качестве альтернативы для измерения объёмов утечки существуют приборы (других производителей), для которых в настоящий момент не существует указаний по проведению такого рода тестов. При использовании таких приборов единственным прослеживаемым методом является графическое/расчётное измерение объёма утечки.

В соответствии со степенью пригодности к эксплуатации можно принять следующие меры:

- а) При отсутствии ограничений пригодности к эксплуатации трубы можно эксплуатировать.
- б) При ограниченной пригодности к эксплуатации трубы требуют герметизации или обновления. Для труб с рабочим давлением свыше 100 мбар в соответствии с ТУ DVGW G 624 существует дополнительное требование. Согласно разделу 7.1.3, герметичность должна быть восстановлена в течение 4 недель с момента установления ограниченной пригодности к эксплуатации.
- в) Непригодные трубы необходимо выводить из эксплуатации. Те же ТУ действуют в отношении секций труб после ремонта, если такие секции используются для вновь прокладываемого трубопровода.

Эти меры указаны на логарифмической линейке Testo.

**После проведения любых ремонтных работ необходимо проведение теста падения давления (основной тест, см. стр. 45).**

*Важно*

### Испытание гидравлических трубопроводов под давлением

Данный тест состоит из предварительного и основного тестов и выполняется на вновь установленных трубах и на неокрашенных и необшитых трубах. Данный тест проводится в тех случаях, когда проведение теста с использованием воды невозможно по причине замерзания или риска образования коррозии. В целях безопасности основной тест проводится под давлением 110 мбар перед проведением предварительного теста при максимальном давлении 3 бара (на трубах номинальной шириной до DN 50) или при максимальном давлении 1 бар (на трубах номинальной шириной до DN 50). Данный тест не заменяет тест на нагрузку под давлением воды в соответствии с требованиями стандарта DIN 1988-2 TRWI 11.1.

### 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. 26: Обнаружение утечки газа в трубах с помощью testo 316-1

## XII. Измерительные технологии

Предъявляемые к портативным газоанализаторам требования ставят сложные задачи перед любым производителем измерительного оборудования. Необходимо создать высокотехнологичный 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.

### 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.

Сенсор кислорода

### Принцип работы химического 2-х электродного сенсора

Стандартный 2-х электродный сенсор – это сенсор кислорода ( $O_2$ ). На рис. 27 показан принцип работы сенсора кислорода.

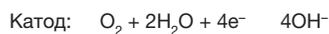


Рис. 27: Принцип работы сенсора  $O_2$

### 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.

### Уравнения реакций



**Избыточная концентрация газа сокращает ресурс измерительных ячеек.**

Практические сведения

Практические сведения

### Принцип работы химического 3-х электродного сенсора токсичных газов

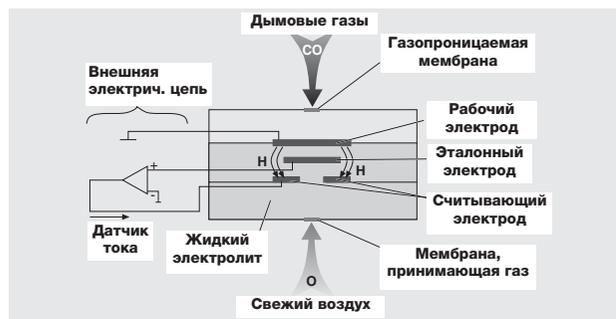


Рис. 28: Принцип работы сенсора CO

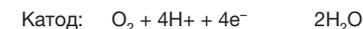
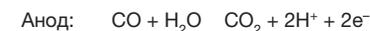
Принцип работы трёхэлектродного сенсора (на примере сенсора CO):

- Молекулы CO проходят через газопроницаемую мембрану и попадают на рабочий электрод.
- Химическая реакция: образование ионов H<sup>+</sup>.
- Ионы переносятся к считывающему электроду.
- Вторая химическая реакция с участием O<sub>2</sub> в свежем воздухе: электропроводность во внешней цепи.
- Эталонный электрод стабилизирует сигнал сенсора.
- Срок службы составляет примерно 2 года.

Сенсор CO

Полупроводниковый сенсор

### Уравнения реакций:



**Избыточная концентрация газа, холод, влага и частицы грязи сокращают ресурс измерительных ячеек.**

### Принцип работы полупроводникового сенсора при измерении горючих газов

Полупроводниковый сенсор используется для измерений горючих газов, таких как HC, H<sub>2</sub> и CO. Он используется для обнаружения утечки газа. Конструкция полупроводникового сенсора представлена на Рис. 29.

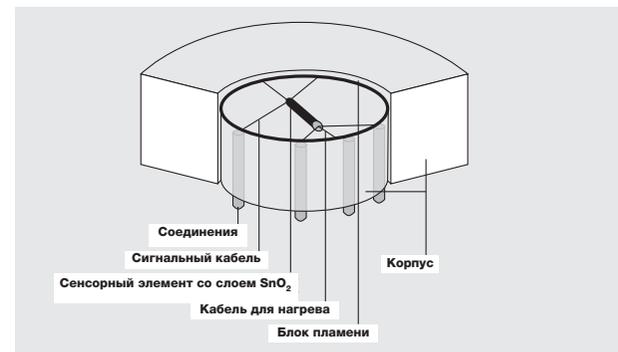


Рис. 29: Конструкция полупроводникового сенсора

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

- Сенсорный элемент нагревается до рабочей температуры 300 °C.
- При нагревании в оксиде олова создается высокое сопротивление.
- При наличии горючих газов (HC, H<sub>2</sub>, 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.

**Избыточная концентрация газа, холод, влага и частицы грязи сокращают ресурс измерительных ячеек.**

*Практические сведения*

### Электронные схемы

Создание еще более компактных, но в то же время еще более сложных 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 тестам на компьютерном испытательном стенде и проходят калибровку с использованием поверочного газа. Сертификация DIN ISO 9001 гарантирует высокое качество и квалифицированное постпродажное обслуживание. Конечный результат – это измерительные приборы, соответствующие последним требованиям в области анализа дымовых газов.

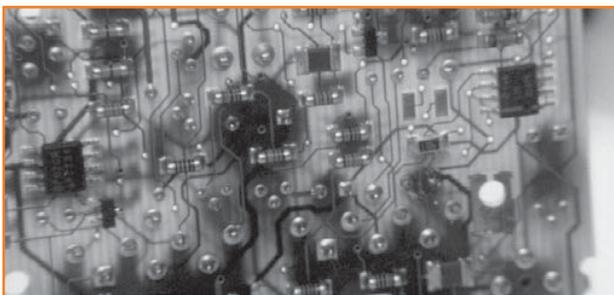


Рис. 30: Платы SMD на основе многоуровневой технологии

### 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. На следующем рисунке представлена схема газового тракта в упрощенной форме.

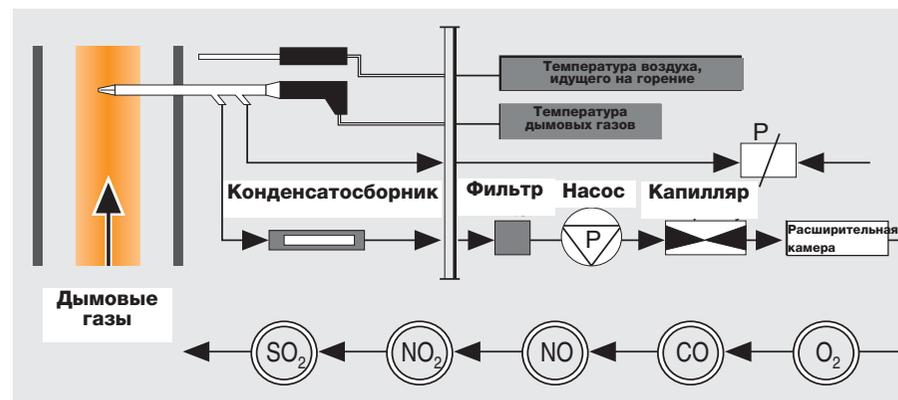


Рис. 31: Упрощенная схема газового тракта в анализаторе дымовых газов

Дымовые газы забираются из дымохода через зонд отбора пробы с помощью насоса (на схеме “P”). 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 “Р” и через капилляр (сужение в дымоходе) подаётся в форкамеру, демпфирующую эффект биения, создаваемый мембранным насосом. После прохождения через расш.камеру измеряемый газ поступает в сенсоры, в которых, в зависимости от конструкции прибора, выполняется измерение концентраций O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, и SO<sub>2</sub>.

Для измерения тяги используются отходящие дымовые газы, поступающие из зонда напрямую к сенсору давления анализатора, в котором происходит измерение тяги.

Температура идущего на горение воздуха измеряется с помощью зонда температуры, подключенного непосредственно к измерительному прибору.

Потери тепла  
с дымовыми газами

$$qA = (FT - AT) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2) + B} \right] - XK$$

- FT:** Температура дымового газа  
**AT:** Температура окружающей среды  
**A2/B:** Коэффициенты пересчёта для определённых видов топлива (см. Таблицу)  
**21:** Уровень кислорода в воздухе  
**O<sub>2</sub>:** Значение измерения O<sub>2</sub> (округляется в сторону ближайшего целого числа)  
**XK:** Пропорциональный коэффициент, выражающий параметр qA как отрицательное значение, при недостижении точки росы. Данный коэффициент необходимо использовать при выполнении измерений на конденсационных горелках. Если значение температуры точки росы не занижено, то XK = 0.

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

Формула Зигерта для расчёта потерь тепла с дымовыми газами. Данная формула используется, если факторы для определённых видов топлива A2 и B (для сравнения: см. Таблицу) равны нулю.

Коэффициенты для  
некоторых видов топлива

Таблица коэффициентов пересчёта для определённых видов топлива

Топливо	A2	B	f	CO <sub>2</sub> 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	0	0.74	20.0
Пресован. уголь	0	0	0.75	19.3
Битумное покрытие	0	0	0.90	19.2
Антрацит	0	0	0.60	18.5
Коксовый газ	0.6	0.011	-	-
Бытовой газ	0.63	0.011	-	11.6
Поверочный газ	0	0	-	13.0

**Количество воздуха L:**

$$L = \lambda \times L_{\text{мин.}}$$

L: фактическое количество воздуха  
 λ: коэф. избытка воздуха  
 L<sub>мин.</sub>: теоретически требуемое количество воздуха

Количество воздуха

**Концентрация углекислого газа (CO<sub>2</sub>):**

$$CO_2 = \frac{CO_{2\text{макс.}} \times (21 - O_2)}{21}$$

CO<sub>2макс.</sub>: максим. значение CO<sub>2</sub> в зависим. от топлива

Концентрация CO<sub>2</sub>

**Коэффициент избытка воздуха λ:**

$$\lambda = \frac{CO_{2\text{макс.}}}{CO_2} = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2}$$

CO<sub>2макс.</sub>: максимальное значение CO<sub>2</sub> в завис. от топлива  
 CO<sub>2</sub>: рассчитанное значение CO<sub>2</sub> в дымовых газах  
 O<sub>2</sub>: измеренное значение O<sub>2</sub> (округляется в сторону ближайш. целого числа)  
 21: уровень кислорода в воздухе

Лямбда

**Концентрация неразбавленного угарного газа (CO<sub>неразбавл.</sub>):**

$$CO_{\text{неразбавл.}} = CO_{\text{разбавл.}} \times \lambda$$

CO: измеренное значение CO  
 λ: избыток воздуха

Концентрация неразбавленного CO

**КПД системы η:**

$$\eta = 100 - q_A$$

q<sub>A</sub>: потери тепла с дымовыми газами

КПД

**Расчётные формулы (Великобритания)**

Для расчёта приведённых значений используются следующие уравнения:

Значение CO<sub>2</sub>:

$$CO_2 = CO_{\text{чист.}} \times \frac{O_{\text{чист.}} \times O_2}{O_{\text{чист.}}}$$

CO<sub>2чист.</sub>: максимальное значение CO<sub>2</sub> в зависимости от топлива  
 CO<sub>2уст.</sub>: содержание кислорода в воздухе  
 O<sub>2</sub>: измеренное содержание кислорода

Потери тепла с дымовыми газами:

$$EffG = 100 - \left[ \left[ \frac{K_{gr} \times (FT - AT)}{CO_2} \right] + \left[ \frac{X \times (2488 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000} \right] + \left[ \frac{K1 \times CO}{CO_2 + CO} \right] \right]$$

$$EffN = 100 - \left[ \left[ \frac{K_{\text{чист.}} \times (FT - AT)}{CO_2} \right] + \left[ \frac{X \times (210 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000} \right] + \left[ \frac{K1 \times Q_{gr} \times CO}{Q_{\text{чист.}} \times CO_2 + CO} \right] \right]$$

FT: температура дымовых газов  
 AT: температура окружающей среды

K<sub>gr</sub>, K<sub>чист.</sub>, K<sub>1</sub>: содержание водорода в топливе, H, влага  
 влагосодержание топлива MН<sub>2</sub>O, Q<sub>gr</sub>, Q<sub>чист.</sub>

$$\lambda = \left[ \frac{O_{2\text{ост.}} - 1}{O_{2\text{ост.}} - O_2} \right] \times 100$$

$$uCO = CO \text{ (ppm)} \times \frac{O_{2\text{ост.}}}{O_{2\text{ост.}} - O_2}$$

$$rat = \frac{CO \text{ (ppm)}}{CO_2 \text{ (\%)} \times 100}$$

## Презентация приборов Testo

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

Компания Testo AG со штаб-квартирой в г. Ленцкирх/Шварцвальд, была основана в 1957 году. Более 1300 специалистов разрабатывают, производят и реализуют измерительные технологии по всему миру: портативные электронные приборы для измерения температуры, влажности, скорости потока, скорости вращения, давления, анализа дымовых газов и воды, определения уровня шума и освещенности.

### Инновации

Инновации включают в себя все виды деятельности, направленные на определение и прогнозирование сегодняшних и будущих потребностей наших клиентов. Научно-исследовательский и опытно-конструкторский отделы компании Testo превращают данные потребности в продукцию, доступную нашим клиентам по всему миру в правильный момент времени, по правильной цене, и с правильными характеристиками. 70% нашего товарооборота относится к продукции, которая существует на рынке не более 3 лет, показывая тем самым инновационный потенциал Testo.

### Testo по всему миру

Сеть офисов продаж и сервисных центров в Германии предлагает услуги новым и существующим клиентам. Филиалы в Аргентине, Австралии, Бельгии, Бразилии, Франции, Великобритании, Гонконге, Италии, Японии, Корее, Нидерландах, Австрии, Польше, Португалии, Швейцарии, Испании, Чехии, Турции, Венгрии и в США. С 1993 года в Украине ООО "Лифот" занимается поставками надежных прецизионных измерительных приборов из Ленцкирха и обеспечивает качественный гарантийный и постгарантийный сервис на продукцию Testo.

### Высокий уровень качества

Число анализаторов дымового газа Testo, находящихся в использовании у наших заказчиков, составляет свыше 120 000. 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.

### Увеличенный гарантийный срок

Для анализаторов дымовых газов Testo устанавливает срок гарантии 2 года. С точки зрения потребителя, это означает сокращение цены, принимая во внимание, что стоимость измерительного прибора складывается из следующих двух компонентов:

- 1) Затраты на приобретение: цена не меняется.
- 2) Затраты во время эксплуатации, напр., в первые 2 года использования клиент не несет расходов на ремонт или на запасные детали по гарантийным случаям Testo (за исключением работ по техническому обслуживанию или рабочих деталей).
- 3) Впервые компания testo разработала газоанализаторы testo 330 LL со сроком гарантии 4 года и сроком службы 6 лет (сенсоры O<sub>2</sub> и CO).

### Квалифицированное обслуживание

Даже по истечении срока гарантии Testo не оставляет своих заказчиков: всемирная служба технической поддержки гарантирует предоставление поддержки в кратчайшие сроки. Testo также предоставляет техническую поддержку для измерительных приборов, срок службы которых превышает 15 лет.

### Сертификат ISO 9001

Впервые компания Testo получила первый сертификат качества ISO 9001 в октябре 1992 года, который был подтверждён повторно в 1997 году. Грамотно применяемая и ориентированная на будущее система обеспечения качества гарантирует предоставление заказчику продуктов беспрецедентного качества. Строжайший аудит и сертификация проводились независимой компанией: Germanischer Lloyd. Общественность регулярно контролирует соблюдение стандарта ISO 9001 компанией Testo.

Приборы Testo для измерений в системах отопления представлены на следующих страницах: при необходимости получения дополнительных сведений свяжитесь с нашими специалистами по телефонам, указанным на сайте официального дистрибьютора [www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)

## Измерительные приборы Testo - высокотехнологичные решения для сектора отопления

## Измерительные приборы Testo - высокотехнологичные решения для сектора отопления

Измерения в газопроводах



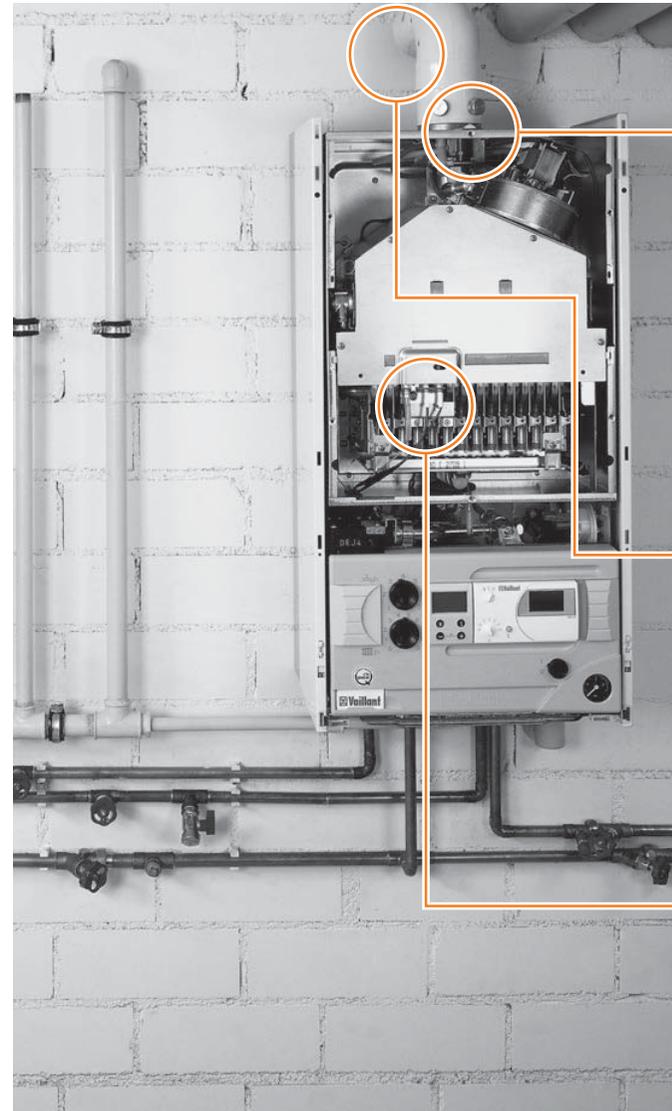
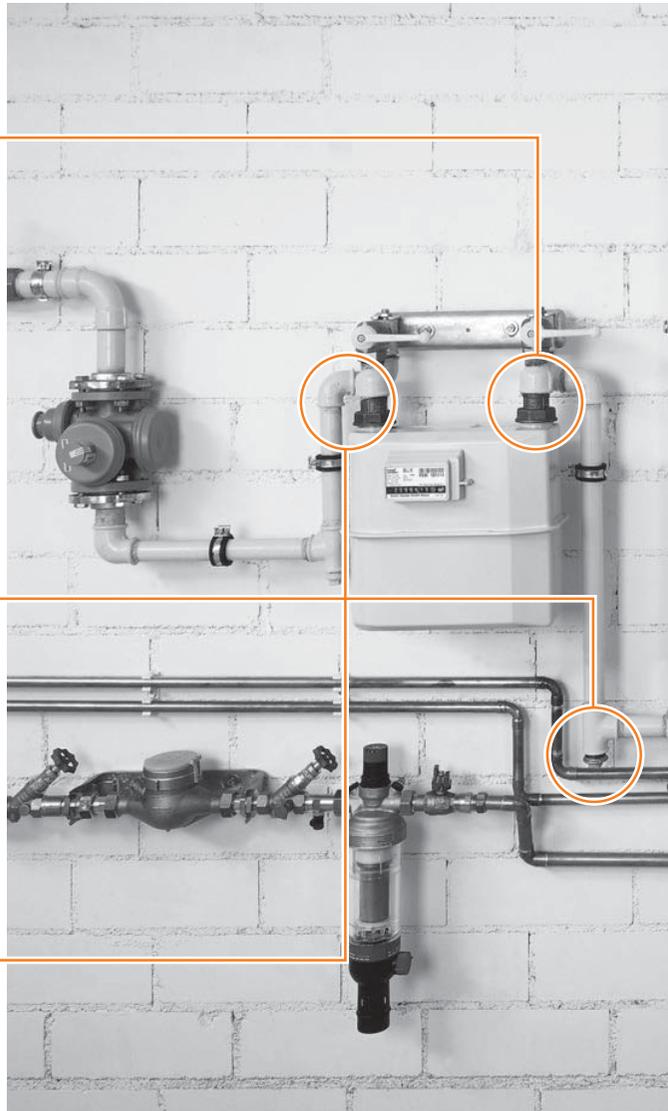
Проведение предварительного теста с использованием прибора testo 312-3



Проведение основного теста с использованием прибора testo 312-2/3



Обнаружение утечки газа детектором testo 316-1



Измерения в системах отопления



Анализ дымовых газов с помощью газоанализаторов testo 310/320/330-1LL/330-2LL



Локализация утечек дымовых газов с помощью детектора testo 316-2



Испытание на герметичность манометром testo 312-2

## 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, 8 ч.
- Удобное крепление прибора
- Встроенный конденсатосборник
- Принтер (опция)

°C

гПа

O<sub>2</sub>

CO

ΔP

КПД

qA

λ

### Технические данные

Измер. O <sub>2</sub>	Измер. диап.	0 ... 21 Об. %
Измер. CO (в окр. среде)	Измер. диап.	0 ... 4000 ppm
Измер. CO (без H <sub>2</sub> -комп.)	Измер. диап.	0...4000 ppm
КПД (Eta)	Измер. диап.	0 ... 120 %
Потери тепла	Измер. диап.	0 ... 99.9 %
Тяга	Измер. диап.	-20 ... +20 гПа
Измер. давления	Измер. диап.	-40 ... +40 гПа
Измер. темпер. (дымовых газов)	Измер. диап.	0 ... +400 °C
Измер. темпер. (окр. среды)	Измер. диап.	-20 ... +100 °C

опционально с Bluetooth®

## testo 320



- Графический дисплей с высоким разрешением
- 15 программ измерений
- Диагностика сенсора
- Простая установка зондов
- Опция Bluetooth
- Измерение концентрации CO в окружающей среде
- Обнаружение утечек газа
- Измерение диф. давления
- Измерение диф. темпер.
- Замена сенсоров пользователем
- Автоматическое обнуление сенсора (30 с)
- Li-ion аккумулятор, 8 ч.
- Прочный корпус
- Удобное крепление прибора
- Встроенный конденсатосборник
- CO с H<sub>2</sub>-компенс. (опция)

°C

гПа

O<sub>2</sub>

CO

CO<sub>2</sub>

ΔP

ΔT

КПД

qA

λ

CO<sub>низ.</sub>

### Технические данные

Измер. O <sub>2</sub>	Измер. диап.	0 ... 21 Об. %
Измер. CO (в окр. среде)	Измер. диап.	0 ... 500 ppm
Измер. CO (без H <sub>2</sub> -комп.)	Измер. диап.	0...4000 ppm
Измер. CO (с H <sub>2</sub> -комп.)	Измер. диап.	0...8000 ppm
Расчет CO <sub>2</sub>	Измер. диап.	0 ... CO <sub>2</sub> макс.
Измер. CO <sub>низ.</sub> (с H <sub>2</sub> -комп.)	Измер. диап.	0 ... 500 ppm
Измер. CO <sub>2</sub> (в окр. среде)	Измер. диап.	0 ... 1 Об. % 0 ... 10,000 ppm
КПД (Eta)	Измер. диап.	0 ... 120 %
Потери тепла	Измер. диап.	0 ... 99.9 %
Тяга	Измер. диап.	-9.99 ... +40 гПа
Измер. давления	Измер. диап.	0 ... +300 гПа
Измер. темпер.	Измер. диап.	-40 ... +1200 °C

Bluetooth®

## testo 330-1 LL



### Функции прибора

- Цветной графический дисплей
- 4 года гарантии на сенсоры O<sub>2</sub> и CO
- 20 программ измерений
- ΔT измерения подающей/обратной линии
- Измерения CO в атмосфере
- Измерения CO<sub>2</sub> в атмосфере
- Определение утечек с пом. зонд-течеискателя
- Измерение диф. давления
- Определение расхода топлива
- 200 блоков данных в памяти включая номер системы
- IRDA-интерфейс для передачи данных на КПК/ноутбук
- USB-интерфейс для передачи данных на ПК

°C

гПа

O<sub>2</sub>

CO

CO<sub>2</sub>

ΔP

ΔT

КПД

qA

λ

(NO) опция

### Технические данные

Измер. температуры	Измер. диап.	-40...+1200 °C
Измерение тяги.	Измер. диап.	-9.99 ... +40 гПа
Измер. давления	Измер. диап.	0...200 гПа
O <sub>2</sub> измер.	Измер. диап.	0...21 Об. %
CO измер.	Измер. диап.	0...4000 ppm
КПД	Измер. диап.	0...120 %
Потери тепла	Измер. диап.	0...99.9 %
CO <sub>2</sub> расчет	Диап. отобр.	0...CO <sub>2</sub> макс
Измер. CO-в окр. среде (с зондом CO)	Измер. диап.	0...500 ppm
Зонд-течеискатель	Диап. отобр	0...10.000 ppm CH <sub>4</sub> / C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
CO <sub>2</sub> в ок. среде	Измер. диап.	0...1 Об. % (с зондом CO <sub>2</sub> ) 0...10.000 ppm
NO измер. (опция)	Измер. диап.	0-3000 ppm

Bluetooth®

## testo 330-2 LL



### Функции прибора

- Цветной графический дисплей
- 4 года гарантии на сенсоры O<sub>2</sub> и CO
- 20 программ измерений
- ΔT измерения подающей/обратной линии
- Измерения CO в атмосфере
- Измерения CO<sub>2</sub> в атмосфере
- Определение утечек с пом. зонд-течеискателя
- Измерение диф. давления
- Определение расхода топлива
- Расширение диапазона измерен. CO до 30 000ppm
- Обнуление сенсора давления без извлечения зонда из дымохода
- Встроенная память на 500 000 значений
- IRDA-интерфейс для передачи данных на КПК/ноутбук
- USB-интерфейс для передачи данных на ПК
- ZIV-драйвер

°C

гПа

O<sub>2</sub>

CO/H<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

ΔP

ΔT

Eta

qA

λ

(NO) опция

### Технические данные

Измер. температуры	Измер. диап.	-40...+1200 °C
Измерение тяги.	Измер. диап.	-9.99 ... +40 гПа
Измер. давления	Измер. диап.	0...200 гПа
O <sub>2</sub> измер.	Измер. диап.	0...21 Об. %
CO измер.	Измер. диап.	0...4000 ppm
КПД	Измер. диап.	0...120 %
Потери тепла	Измер. диап.	0...99.9 %
CO <sub>2</sub> расчет	Диап. отобр.	0...CO <sub>2</sub> макс
Измер. CO-в окр. среде (с зондом CO)	Измер. диап.	0...500 ppm
Зонд-течеискатель	Диап. отобр	0...10.000 ppm CH <sub>4</sub> / C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
CO <sub>2</sub> в ок. среде	Измер. диап.	0...1 Об. % (с зондом CO <sub>2</sub> ) 0...10.000 ppm
NO измер. (опция)	Измер. диап.	0-3000 ppm



## testo 340



- Дооснащение макс. 4 сенсорами газа
- Измерение массовых и объемных выбросов
- Параллельное изм.  $\Delta P$  и м/с при проведении анализа дымовых газов
- Измерение 5-ти газов (смена сенсоров)
- Данные на 18 видов топлива + 10 дополнит. на выбор пользователя
- Функция регистрации данных
- Встроенный блок питания и аккумулятор для работы автономно от сети
- Объем памяти: до 250 000 значений

°C
гПа
O <sub>2</sub>
CO/H <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>
$\Delta P$
$\Delta T$
КПД
qA
$\lambda$
м/с
м <sup>3</sup> /ч
(NO) опция
(NO <sub>2</sub> ) опция
(SO <sub>2</sub> ) опция

### Технические данные

Измерение O <sub>2</sub>	0 ... 25 об. %
Измерение CO <sub>2</sub>	0 ... CO <sub>2</sub> макс.
Измерение CO	0 ... 10,000 ppm (H <sub>2</sub> -комп.)
КПД	0 ... 120 %
Потери тепла	-20 ... 99.9 %
Измерение NO	0 ... 3000 ppm (опция)
Измерение NO <sub>2</sub>	0 ... 500 ppm (опция)
Измерение SO <sub>2</sub>	0 ... 5000 ppm (опция)
Тяга	-40 ... +40 гПа; разр.: 0.01 гПа
Измер. температуры	-40 ... +1200 °C



## testo 350



- Дооснащение макс. 6 сенсорами газа
- Управляющий модуль для управления из отдаленной для дымохода точки
- Большой цветной графический дисплей
- Прочный блок анализатора
- Легкодоступный сервисный отсек
- Автомат. мониторинг уровня заполнения конденсатосборника
- Контуры внешнего охлаждения
- Встроенный аккумулятор для работы автономно от сети
- Измерение массовых и объемных выбросов (кг/ч, т/год, м<sup>3</sup>/чб л/мин и др.)

°C
гПа
O <sub>2</sub>
CO/H <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>
$\Delta P$
$\Delta T$
КПД
qA
$\lambda$
м/с
м <sup>3</sup> /ч
(NO) опция
(NO <sub>2</sub> ) опция
(SO <sub>2</sub> ) опция
CH опция
H <sub>2</sub> S опция
CO <sub>2</sub> ИК опция

### Технические данные

Измерение O <sub>2</sub>	0 ... 25 об. %
Измерение CO <sub>2</sub>	0 ... CO <sub>2</sub> макс.
Измерение CO	0 ... 10,000 ppm (H <sub>2</sub> -комп.)
КПД	0 ... 120 %
Потери тепла	-20 ... 99.9 %
Измерение NO	0 ... 3000 ppm (опция)
Измерение NO <sub>2</sub>	0 ... 500 ppm (опция)
Измерение SO <sub>2</sub>	0 ... 5000 ppm (опция)
Тяга	-40 ... +40 гПа; разр.: 0.01 гПа
$\Delta P_1$	± 80 гПа; разреш.: 0.01 гПа
$\Delta P_2$	± 1000 гПа; разреш.: 0.1 гПа
Измер. температуры	-40 ... +1200 °C

Эксклюзивный дистрибьютор Testo AG  
 ООО «ЛИФОТ»  
 ул. Мельникова, 83-д, оф. 403,  
 Киев, 04119,  
 (044) 501-40-10, 501-40-44,  
 599-68-08, (095) 111-80-10  
 info@testo.kiev.ua

[www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)