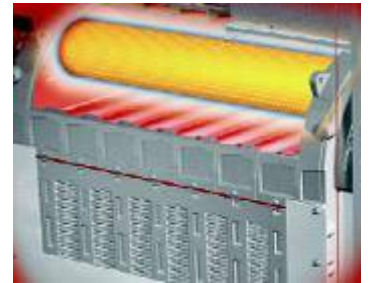
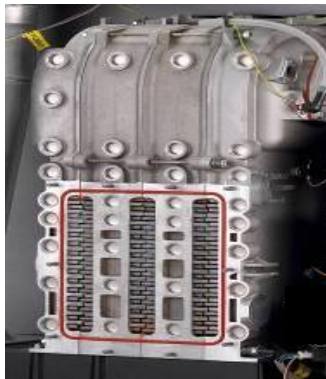


ТЕХНОЛОГИЯ КОНДЕНСАЦИИ: ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕНЕНИЕ.



Эффективность котла



Эффективность котла зависит от многих факторов:

- от качества теплообмена между продуктами сгорания и водой;
- от качества сгорания (богатая или бедная газо-воздушная смесь);
- от потерь тепла котла в окружающую среду и от потерь тепла в системе распределения;
- от адаптации к потребностям в тепле (модуляция мощности, температурный график);
- от рекуперации скрытой теплоты парообразования (водяной пар, содержащийся в продуктах сгорания).

Все эти факторы суммируются и дают до 50% экономии топлива!

Содержание

Цель этого документа – изложить в простой форме технические аспекты, влияющие на эффективность работы конденсационных котлов

• Качество теплообмена продукты сгорания/вода

- Принцип действия теплообменника
- Эффективность теплообменника
- Отдельно стоящий рекуператор-конденсатор (экономайзер)
- Эмалированный чугунный теплообменник
- Теплообменник из нержавеющей стали
- Теплообменник из сплава алюминия с кремнием
- Сплав алюминия с кремнием
- Качество воды в системе отопления
- Потери в окружающую среду

• Качество сгорания

- Принципы горения
- Горение природного газа
- КПД сгорания
- Сравнение КПД
- Принцип предварительного смешения
- Система Вентури
- Регулировка соотношения воздух/газ
- Методика регулировки соотношения воздух/газ
- Горелки

• Дополнительное тепло за счет конденсации

- Явная и скрытая теплота
- Низшая/высшая теплота сгорания
- Точка росы
- Дополнительное тепло за счет конденсации
- Конденсат
- Нейтрализация конденсата

• Дымоходы

- Особые положения
- Классификация
- Допустимая длина дымохода
- Подсоединение 3 СЕР
- Расположение дымохода

• Автоматика

- Температурный график - радиаторы
- Температурный график - теплый пол
- Многоконтурная система
- Модуляция горелки
- Ограничение мощности
- Оптимизация при помощи модулирующего насоса

• Особенности для котлов средней и большой мощности

- Сигнал 0-10 В
- Каскад
- Отсечная заслонка с сервоприводом (вода)
- Отсечной клапан дымовых газов

• Заключение

- Анализ работы
- Ожидаемые выгоды

Качество теплообмена продукты сгорания/вода

- Принцип действия теплообменника
- Эффективность теплообменника
- Отдельно стоящий рекуператор-конденсатор (экономайзер)
- Эмалированный чугунный теплообменник
- Теплообменник из нержавеющей стали
- Теплообменник из сплава алюминия с кремнием
- Сплав алюминия с кремнием
- Качество воды в системе отопления
- Потери в окружающую среду

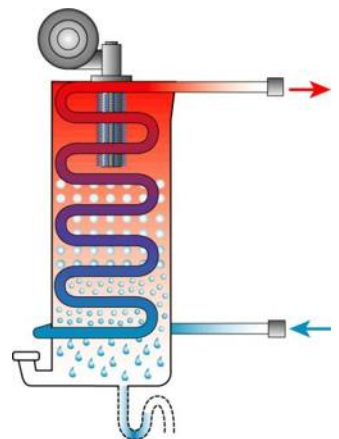
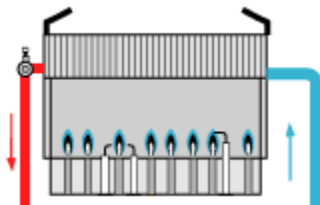
Принцип действия теплообменника

Теплообменник – это устройство, позволяющее передать тепловую энергию от одного теплоносителя к другому без их перемешивания.



В случае теплообменника котла выделяют два теплоносителя:

- **Горячий теплоноситель** → продукты сгорания
- **Холодный теплоноситель** → вода

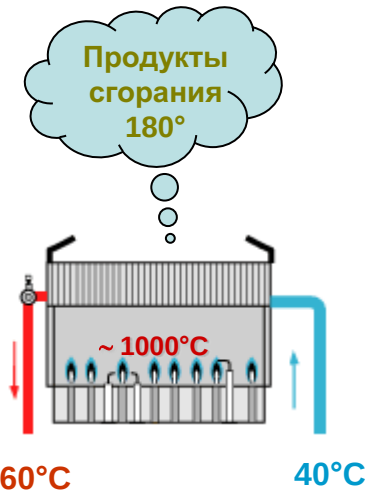


Эффективность теплообменника

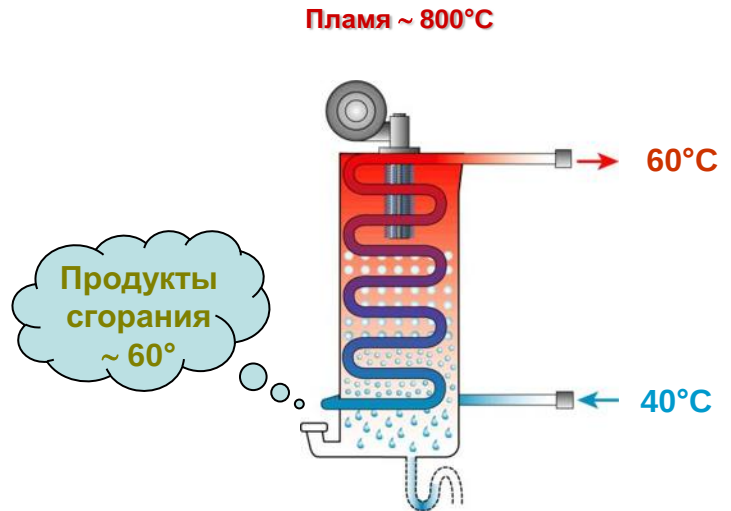
Чем больше охлаждается горячий теплоноситель (продукты сгорания) ⬇

Чем больше нагревается холодный теплоноситель (вода) ⬆

→ Тем больше эффективность теплообменника



Оребренный теплообменник



Моноблочный конденсационный теплообменник

Низкотемпературный котел, $\Delta T = 140^\circ \text{C}$



Повышение эффективности можно увидеть в снижении ΔT продукты сгорания/ вода

Эта разница температур должна быть максимально низкой.

На практике она составляет от 5 до 30°C

Заметим, что конденсационные теплообменники имеют **самую низкую температуру продуктов сгорания** на выходе среди всех теплообменников.

Отдельно стоящий рекуператор – конденсатор (экономайзер)

Он был базовым решением для конденсационной техники - принцип последовательного подключения котла с конвекционным теплообменником и конденсационного теплообменника, но это не самое лучшее решение.

→ Горелка (даже атмосферная) работает не в самом благоприятном режиме с точки зрения газо-воздушной смеси

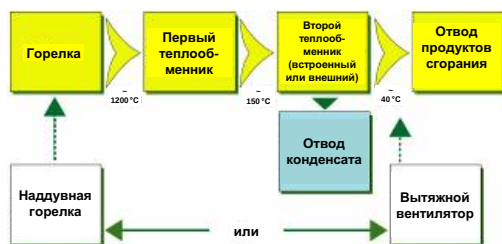
→ Высокий коэффициент избытка воздуха не является оптимальным решением для конденсационного режима

→ Высокие потери тепла в окружающую среду

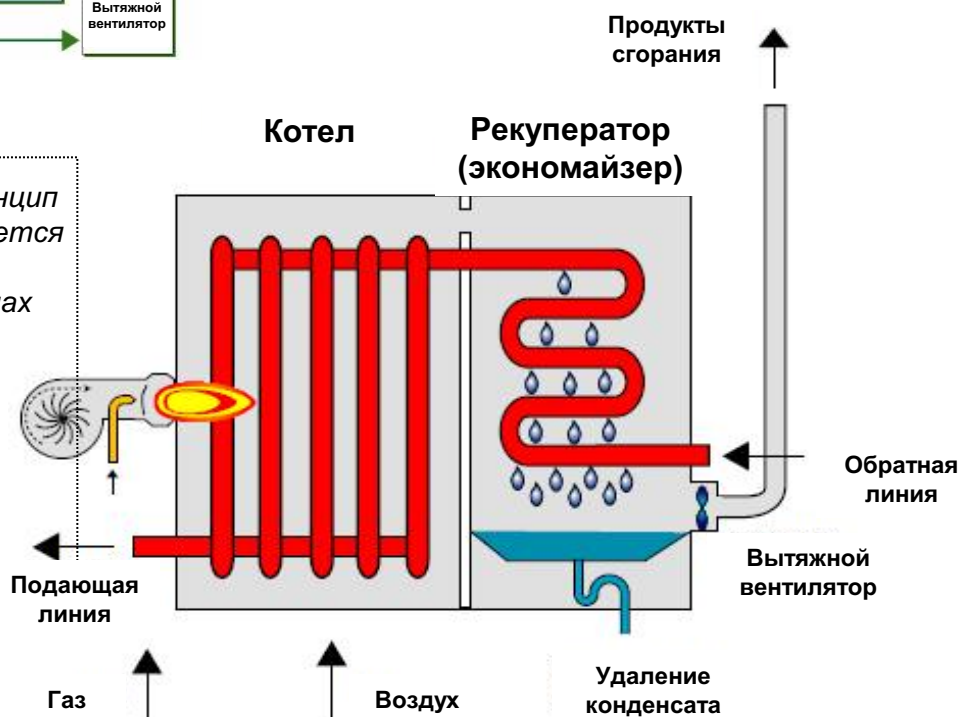
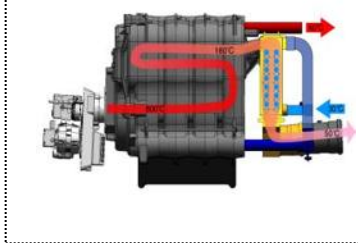
→ Сложная конструкция

→ Меньше КПД эксплуатации из-за отсутствия модуляции мощности

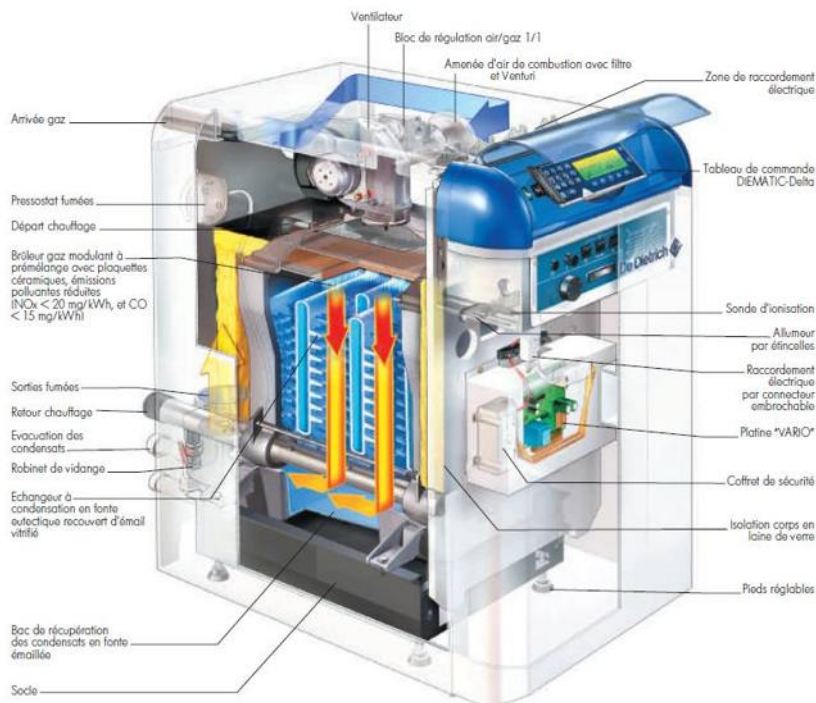
→ Минимальная температура подающей линии $\geq 30^{\circ}\text{C}$



Тем не менее, этот принцип сейчас всё еще используется в жидкотопливных конденсационных котлах



Эмалированный чугунный теплообменник



Основываясь на большом опыте и знаниях в области производства чугуна и эмали, в конце 90-х г. De Dietrich выпустил первый конденсационный моноблочный котел с модуляцией мощности.

Эта модель продавалась более 10 лет.

- Модуляция мощности от 25 до 100% (возможное ограничение - 70%)
- Мин. температура подающей линии = 30°C
- Газовая горелка с керамическими пластинами



Мощность от 29 до 44 кВт	
Масса	140 - 300 кг
Объем воды	около 15 л



Моноблочный теплообменник из нержавеющей стали

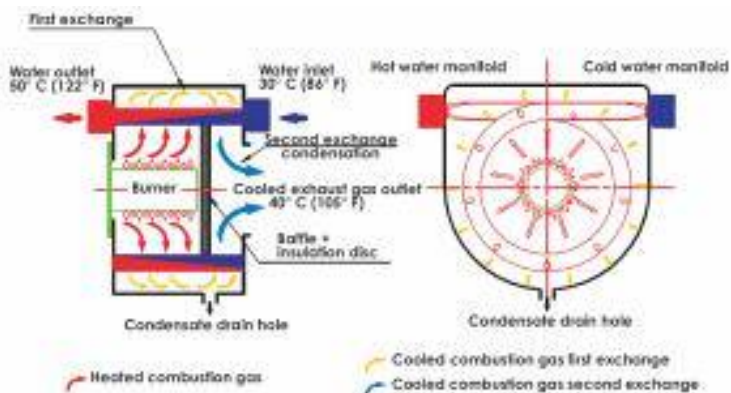


Высокая коррозионная устойчивость

Низкая инерционность – быстрое реагирование

Двойной кожух из композитных материалов

Тепловая и звуковая изоляция



Мощность от 24 до 39 кВт

Масса	около 20 кг
Объем воды	около 1,5 л

В рамках развития настенных конденсационных котлов нержавеющая сталь имеет больше преимуществ в плане компактности и стоимости.

Этот теплообменник был разработан и произведён группой Gianoni.



CITY CONDENS

2005>2009



VIVADENS

>2009



ECONDENS / SOLNEO

>2009



Моноблочный теплообменник из сплава алюминия с кремнием

Превосходная теплопроводность



Материал	Коэфф. теплопроводности (Вт*м ⁻¹ *К ⁻¹) при Т = 20°С
Сталь	46
Нержавеющая сталь (18% хром, 8% никель)	26
Алюминий (99,9% в чистом виде)	237

Небольшой вес

Материал	Плотность (г/см ³)
Сталь	7.3
Нержавеющая сталь	8
Алюминий (сплав)	2,7

Теплообменник « Rondella » с турбулизаторами

- уменьшается скорость удаления продуктов сгорания
- изготовлены из вермикулита, для тщательной чистки

Мощность от 15 до 25 кВт	
Масса	около 35 кг
Объем воды	около 4 л

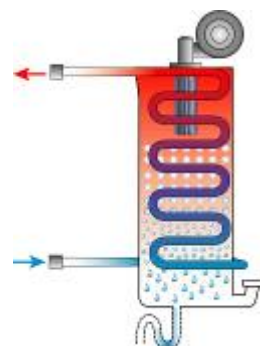


INNOVENS
2002>2010



ELIDENS
2004>2011

АЛЮМИНИЙ ОБЛАДАЕТ ХОРОШИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ К НЕЙТРАЛЬНОМУ ИЛИ ДАЖЕ КИСЛОМУ PH



Моноблочный теплообменник из сплава алюминия с кремнием



Ультра-реактивный теплообменник

**Компактная моноблочная
конструкция**

Мощность от 10 до 39 кВт	
Масса	около 25 кг
Объем воды	около 1,5 л



INNOVENS MCA

>2009



MODULENS / TWINEO

> 2011



NANEO

> 2012

Моноблочный теплообменник из сплава алюминия с кремнием для котлов средней и большой мощности



Теплообменник для мощности от 35 до 115 кВт

Серия :

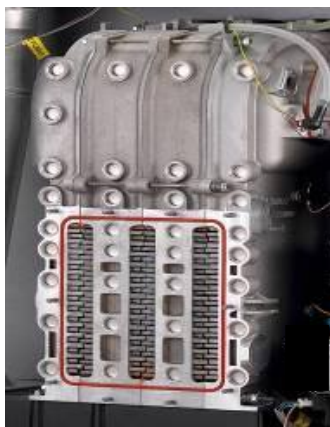
Innovens MC 35-115

Innovens MCA PRO 45-115

Elidens DTG 35-115

Масса : от 45 до 60 кг

Объем воды: около 7 литров



Теплообменник для мощности от 85 до 210 кВт : 4 - 7 секций

Серия :

C 210

C 230

Масса : от 100 до 170 кг

Объем воды: от 10 до 25 литров



Теплообменник для мощности от 280 до 650 кВт : 5 - 10 секций

Серия :

C 310

C 330

Масса : от 300 до 450 кг

Объем воды: от 50 до 100 литров

Сплав алюминия с кремнием

Алюминий широко известен своими механическими, теплотехническими и химическими свойствами.



- Высокая коррозионная устойчивость благодаря прочной оксидной плёнке на поверхности металла.
- Превосходная теплопроводность
- Низкая плотность = более лёгкий котел (уменьшенный вес котла)
- Однородность элементов: отсутствие сгибов и сварных швов – отсутствие слабых мест
- Хорошая текучесть материала позволяет получить теплообменник сложной формы с развитой поверхностью теплообмена
- Возможность получения очень компактных котлов
- Уменьшенный объем воды, гарантирующий высокую реактивность теплообменника

Для сохранения всех этих свойств, а также работоспособности теплообменника, вода в отопительной установке должна удовлетворять следующим требованиям (в особенности pH) :

		Общая мощность установки (kW)			
		≤ 70	70 - 200	200 - 550	> 550
Степень кислотности (неподготовленная вода)	pH	7 - 9	7 - 9	7 - 9	7 - 9
Степень кислотности (подготовленная вода)	pH	7 - 8,5	7 - 8,5	7 - 8,5	7 - 8,5
Проводимость при 25 °C	мкС/см	≤ 800	≤ 800	≤ 800	≤ 800
Хлористые соединения	мг/л	≤ 150	≤ 150	≤ 150	≤ 150
Другие компоненты	мг/л	< 1	< 1	< 1	< 1
Полная жёсткость воды ⁽¹⁾	французский градус, °f	1 - 35	1 - 20	1 - 15	1 - 5
	немецкий градус, °dH	0,5 - 20,0	0,5 - 11,2	0,5 - 8,4	0,5 - 2,8
	ммоль/л	0,1 - 3,5	0,1 - 2,0	0,1 - 1,5	0,1 - 0,5

(1) Для установок с постоянным отоплением общей мощностью : максимум 200 кВт - соответствующая полная жёсткость равна 8,4 °dH (1,5 mmol/l, 15 °f); больше 200 кВт - соответствующая полная жёсткость равна 2,8 °dH (0,5 mmol/l, 5 °f)

Качество воды отопительной установки

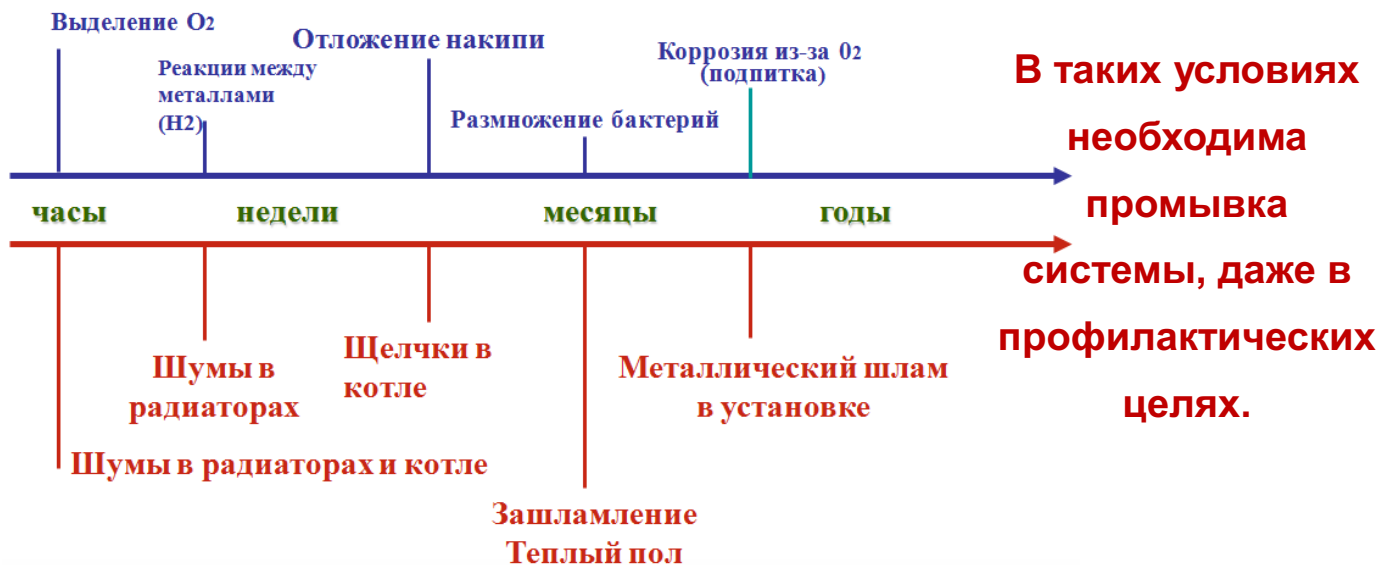
Учитывая объем воды, содержащейся в теплообменнике и качество теплообмена, необходимо тщательно следить за качеством воды отопительной установки.



Исторически, основным недостатком была коррозия железосодержащих сплавов из-за окисления. Это решалось путём устранения утечек и удаления воздуха.

Сегодня известны следующие причины коррозии:

- Кислородная коррозия
- Кислотная коррозия
- Питтинговая коррозия
- Гальваническая (электрохимическая) коррозия
- Коррозия под отложениями
- Эрозионная коррозия
- Коррозия под напряжением
- Бактериальная коррозия или биокоррозия



Потери в окружающую среду

Важно отметить, что появление отопительных котлов такого типа позволило существенно снизить потери в окружающую среду.

Эти потери связаны с высокой температурой уходящих газов и с паразитным движением воздуха, когда горелка выключена.



Классический котел с открытой камерой сгорания

Потери при останове ~ 200 Вт



Конденсационный котел

Потери при останове ~ 50 Вт

$$\frac{200 - 50}{200} = 75\%$$

Таким образом на 75 % снижены потери в окружающую среду

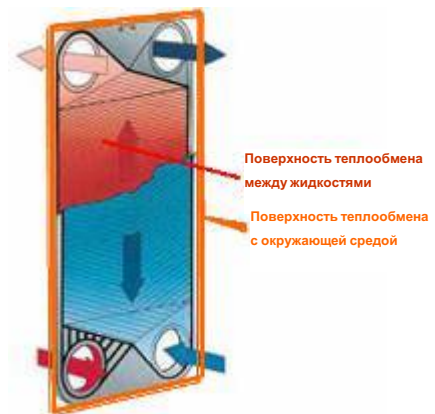
« На котле больше нельзя сушить одежду »

Кроме того, теплообменники сконструированы таким образом, что **потери в помещение, в котором расположен котел, очень незначительны.**

Поверхность теплообмена между котлом и окружающей средой очень мала в сравнении с поверхностью теплообмена между теплоносителем и уходящими газами. Также как и в пластинчатом теплообменнике, в котором поверхность теплообмена между жидкостями от 50 до 100 раз выше, чем поверхность теплообмена между им и окружающей средой.

Таким образом, нет необходимости теплоизолировать теплообменник, т. к. тепло, теряемое с поверхности, **подогревает воздух, идущий на горение и улучшает эффективность реакции горения.**

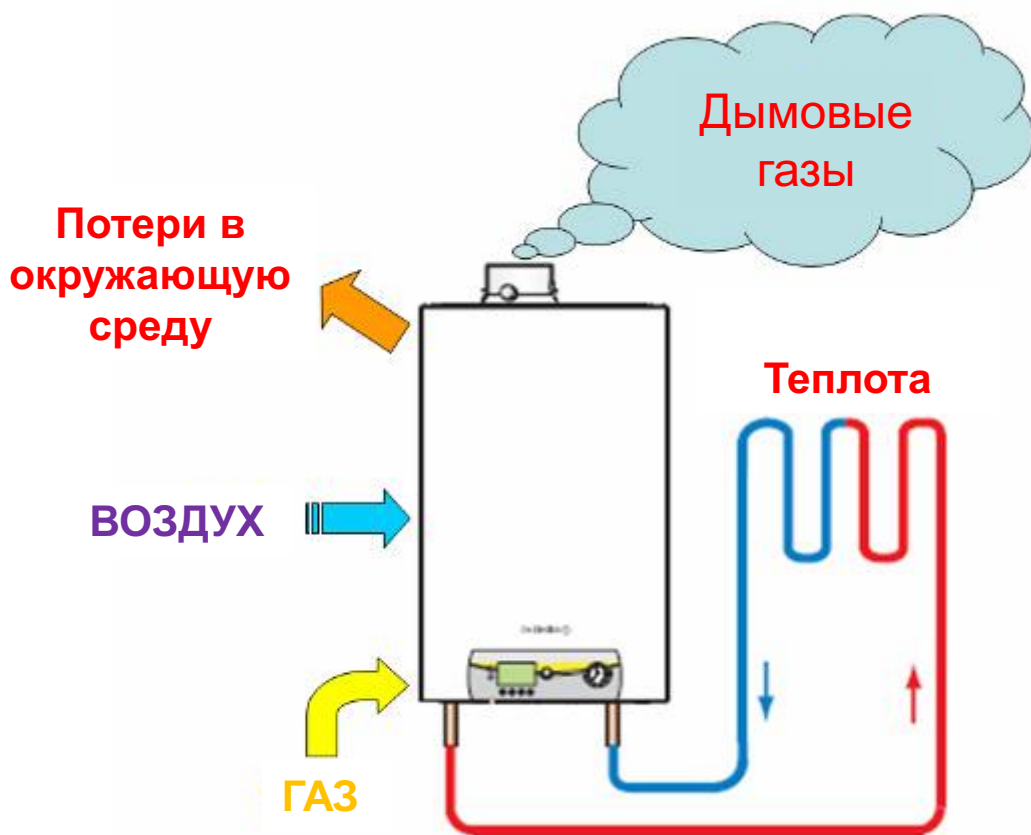
В дополнение к этому, благодаря панели управления с погодозависимым регулированием, **потери тепла существенно уменьшаются.**



Качество сгорания

- Принципы горения
- Горение природного газа
- КПД сгорания
- Сравнение КПД
- Принцип предварительного смешения
- Система Вентури
- Регулировка соотношения газ/воздух
- Методика регулировки соотношения газ/воздух
- Горелки

Принципы горения



Горение – это химическая реакция превращения смеси воздуха и газа в продукты сгорания

... и с выделением тепла.

Количество тепла, выделяющееся в результате такой реакции, зависит от соотношения газ / воздух.

Горение природного газа.

ГАЗ + ВОЗДУХ → ПРОДУКТЫ СГОРАНИЯ

Метан (CH₄)

Углерод (C)

Водород (H)

21% Кислород (O)

79 % Азот (N)



100%

% Диоксид углерода (CO₂)

+ % Кислород (O₂)

+ % Азот (N₂)

+ Водяной пар

+ Несгоревшие частицы и выбросы

ppm : Оксид углерода (CO)

ppm : Оксиды азота (NO_x)

Тепло выделяется, в основном, за счет окисления углерода в CO₂.

→ ЧЕМ БОЛЬШЕ CO₂ В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ

ТЕМ ВЫШЕ КПД (CO₂макс для прир.газа = 15,4%)

Тем не менее, избыток CO₂ увеличивает количество вредных веществ (CO, NO_x).

→ ДЛЯ БОЛЕЕ ЧИСТОГО И ЛУЧШЕГО СГОРАНИЯ CO₂ РАЗБАВЛЯЕТСЯ
КОНТРОЛИРУЕМЫМ ЗНАЧЕНИЕМ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА

Практические значения (Природный газ G 20)

CO₂ ≈ 9 % O₂ ≈ 5% избыток воздуха ≈ 1,3 CO < 100 ppm (10000 ppm = 1%)

(Точное значение можно найти в технической документации на котел)

КПД сгорания

КПД сгорания можно определить, используя формулу Зигерта (европейский стандарт)

→ Выше температура уходящих газов
Больше потерь

→ Больше CO_2
Меньше потерь



(Точное значение можно найти в технической документации на котел)

Практические значения

G 20 (H)
 $\text{CO}_2 \approx 9\%$
 $\text{O}_2 \approx 5\%$
 $\alpha \approx 1,3$
 $\text{CO} < 100 \text{ ppm}$

G 31 (Пропан)
 $\text{CO}_2 \approx 10,5\%$
 $\text{O}_2 \approx 5\%$



Потери с дымовыми газами = $\frac{k^{(1)} (\text{Тдг} - \text{Токр})}{\text{CO}_2}$

Тдг = температура дымовых газов

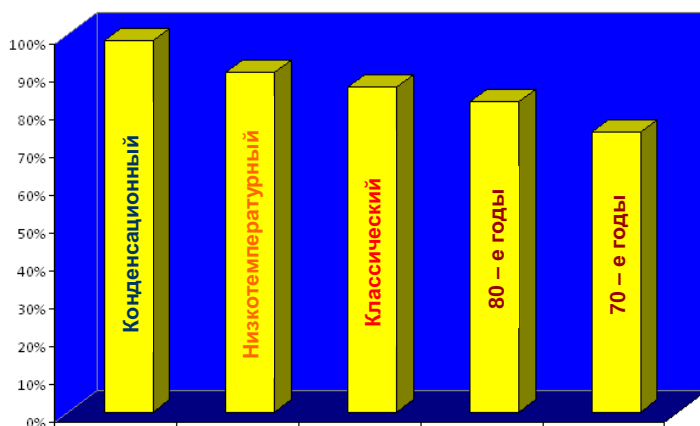
Токр = температура окружающей среды



k =
Жидкое топливо : 0,59
Природный газ : 0,46
Сжиженный нефтяной газ : 0,53

График показывает возрастание КПД в результате уменьшения температуры уходящих газов или качественных изменений, внесенных в реакцию горения.

Эта формула не учитывает дополнительное поступление тепла за счет конденсации водяных паров в дымовых газах.



КПД зависит от качества теплообмена, оно не зависит от реакции горения

Сравнение КПД

Классический низкотемпературный котел:



Температура уходящих газов: 120 °С
Содержание CO₂ : 6 %

отсюда КПД:

$$100 - (0,46 (120-20) / 6) = 92 \%$$

$$\text{Потери в окружающую среду} \sim 9\% : 92 \times 0,91 = 84 \%$$

Конденсационный котел :



Температура уходящих газов: 40 °С
Содержание CO₂ : 9 %

отсюда КПД :

$$100 - (0,46 (40-20) / 9) = 99 \%$$

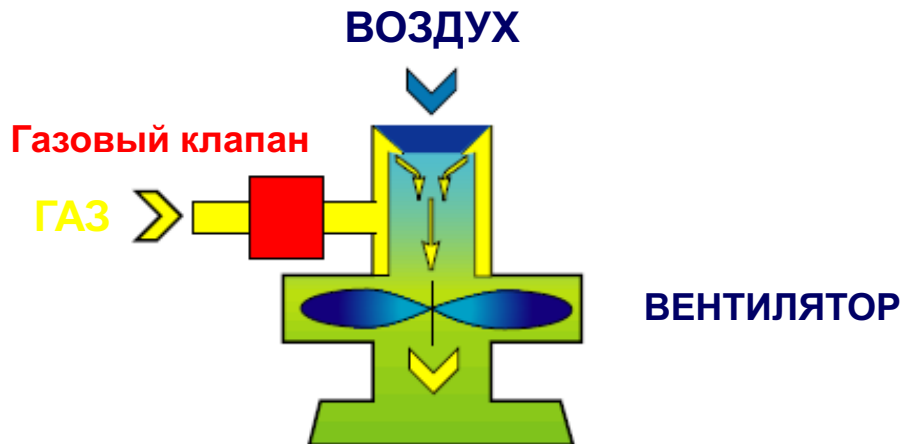
$$\text{Потери в окружающую среду} \sim 1\% : 99 \times 0,99 = 98 \%$$

Без учета тепла от конденсации, мы имеем:

→ на 7% увеличение КПД от сгорания

→ на 8% уменьшении потерь через корпус

Принцип предварительного смешения



Предварительное смешение обеспечивает однородную смесь воздуха и газа до сгорания.

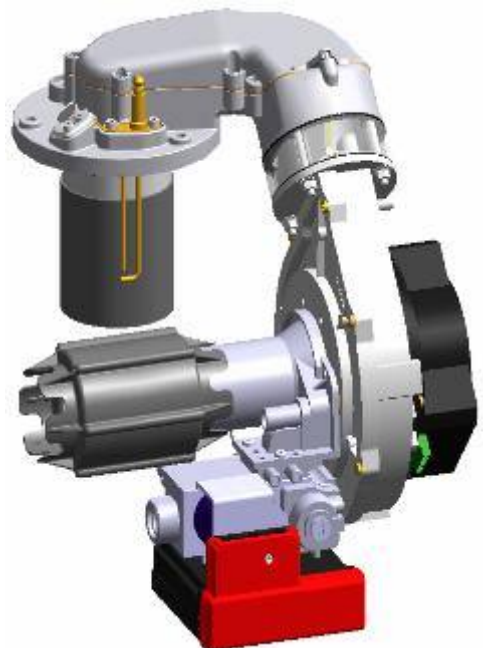
- однородная смесь во всем диапазоне модуляции
- контроль над обогащенностью смеси (CO_2 ; избыток воздуха)

Воздух и газ смешиваются до горения

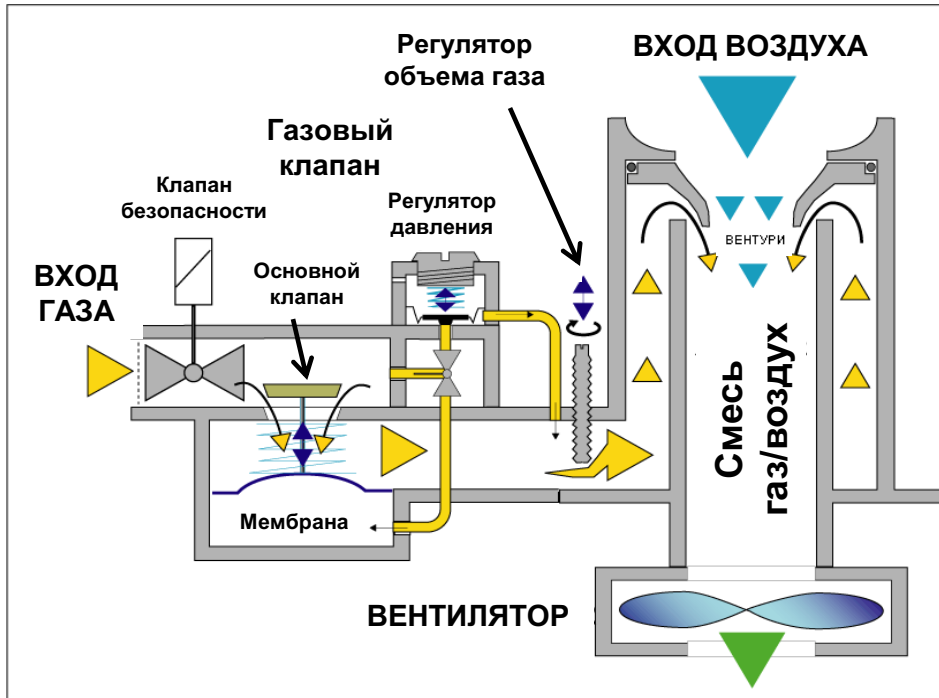
- газовый клапан обеспечивает безопасность
- вентилятор обеспечивает модуляцию

Если мощность ⬇
КПД ⬇

Лучше
охлаждаются
дымовые газы



Система Вентури

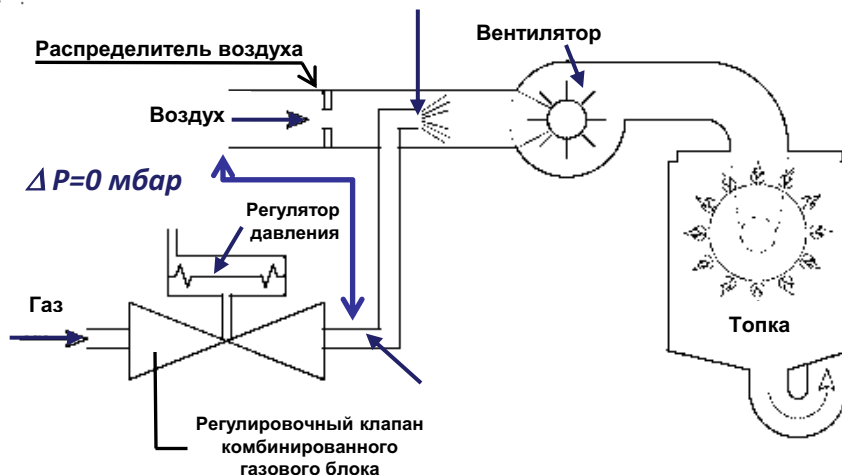


Система Вентури создает вакуум за счет увеличения скорости воздуха.

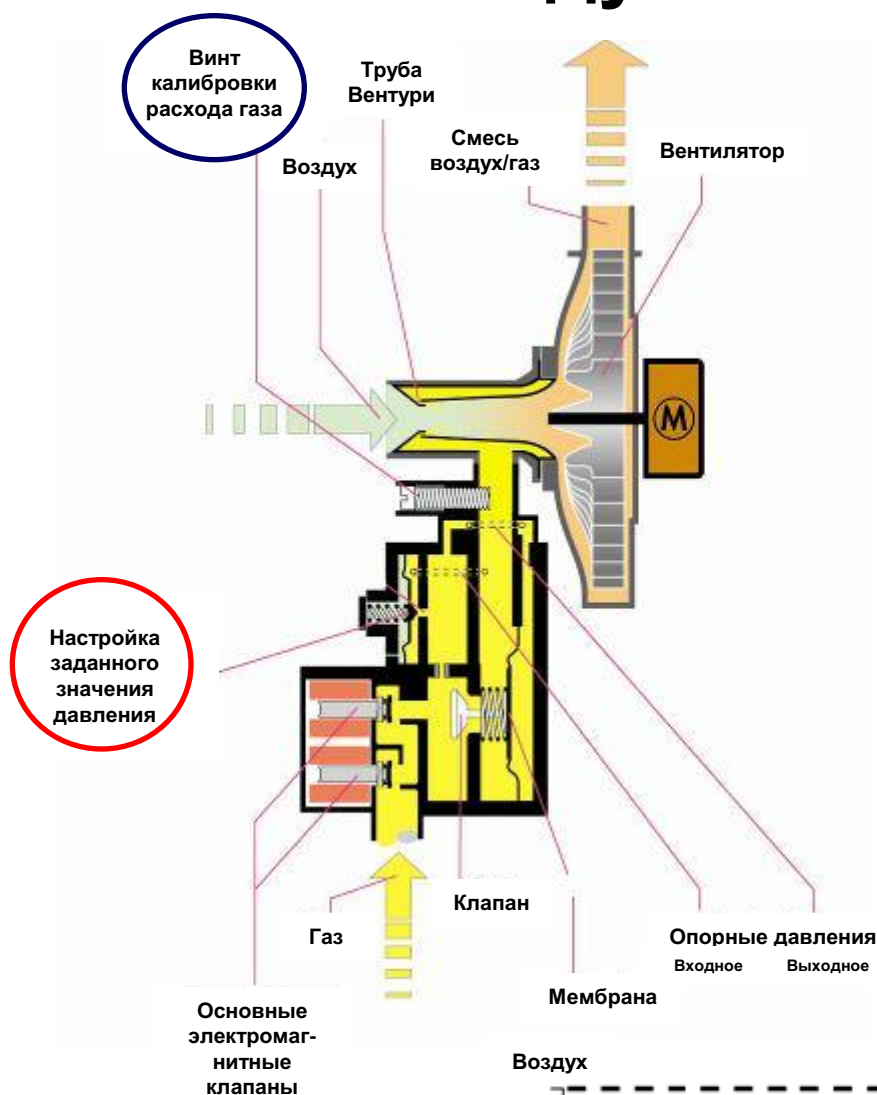
На газовом блоке не нужно больше изменять подачу газа .

Газовый клапан предназначен для поддержания **выходного давления, которое эквивалентно давлению забора воздуха на горение** независимо от скорости вращения вентилятора. Это нулевое или даже отрицательное давление.

$$P < 0 \text{ мбар}$$



Регулировка соотношения газ/воздух



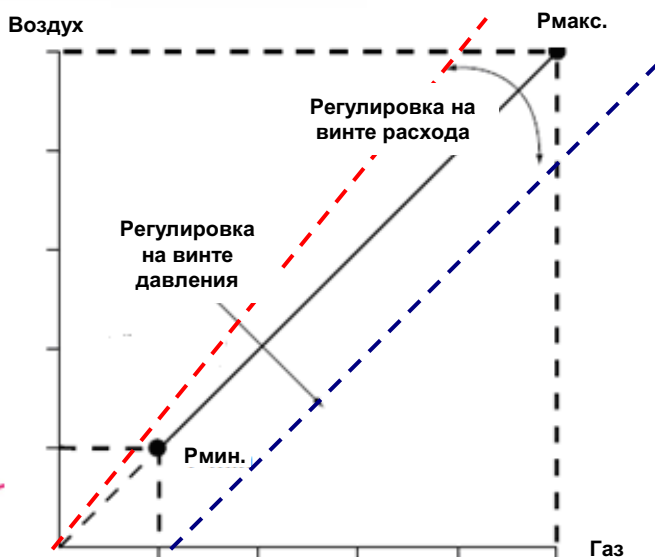
Чтобы поддерживать постоянным соотношение газ/воздух во всем диапазоне мощности, мы должны настроить :

- Расход газа на выходе из газового клапана

→ влияет на соотношение на максимальной мощности ($P_{\text{макс.}}$)

- Заданное значение нулевого давления

→ влияет на соотношение на минимальной мощности ($P_{\text{мин.}}$)



Методика регулировки соотношения газ/воздух



ПРОПАН

*** Для переоборудования на другой тип газа, необходимо выполнить:**

- Установить диафрагму на выходе газового блока, установить газовый блок (для пропана) или перенастроить соотношение газ/воздух.
- Отрегулировать скорость вентилятора

Для получения более подробной информации – см. инструкцию для котла.

Горелки

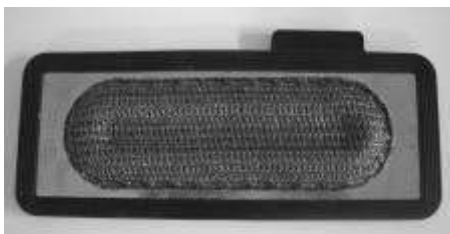


Горелка - это диффузор, функцией которого является распространение газозвушной смеси на максимально широкой поверхности.

Это дает возможность получить широкий диапазон модуляции мощности (минимум < 20 %)



Сетка из нержавеющей стали устанавливается в целях улучшения рассеивания газозвушной смеси и, как следствие, уменьшения высоты пламени



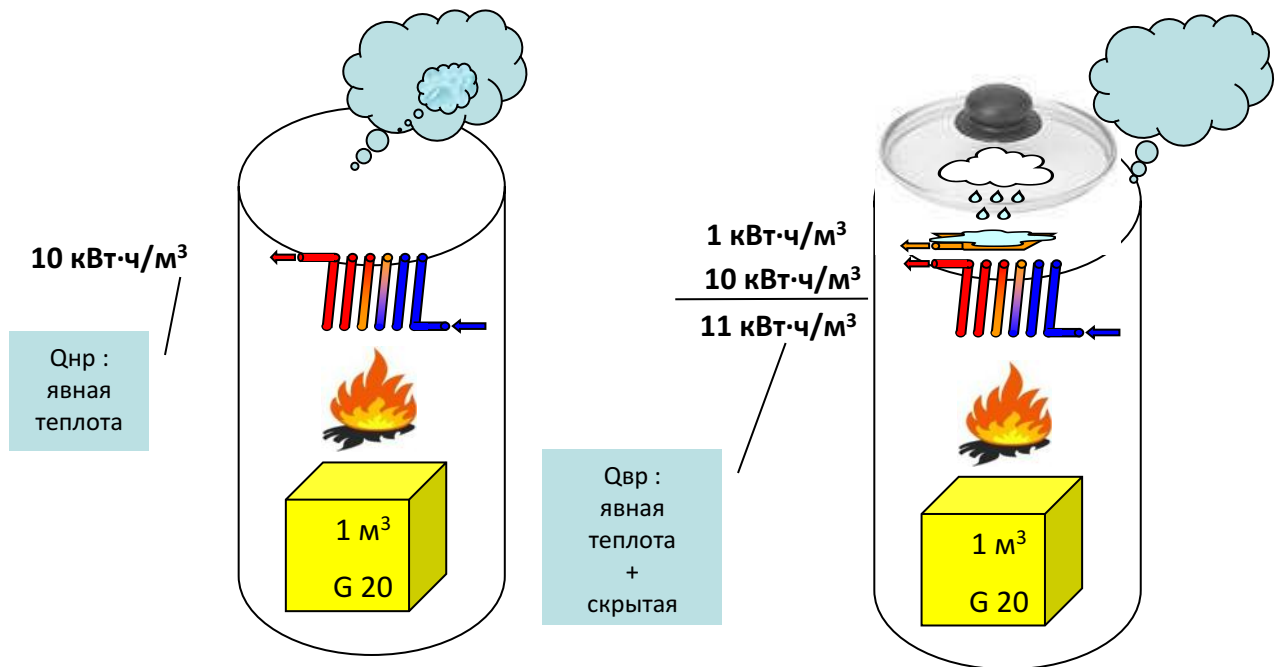
Короткое пламя позволяет использовать топку меньших габаритных размеров и, следовательно, уменьшить выброс вредных веществ



Дополнительное тепло за счёт конденсации

- Явная/скрытая теплота
- Высшая/низшая теплота сгорания : $Q_{вр}$ / $Q_{нр}$
- Точка росы
- Дополнительное тепло за счёт конденсации
- Конденсат
- Нейтрализация конденсата

Явная/скрытая теплота



В результате сжигания углеводородов образуется водяной пар.

Чтобы испариться, вода должна поглощать энергию, эта же энергия высвобождается, когда водяной пар конденсируется (скрытая теплота)

В примере выше (с газом G 20), мы можем увидеть, что при сжигании 1 м³ газа, можно получить 1 кВт·ч скрытой теплоты.

В этом разница «теплоты сгорания»:

Q_{нр} : Низшая теплота сгорания
= явная теплота (~ 10 кВт·ч/м³)

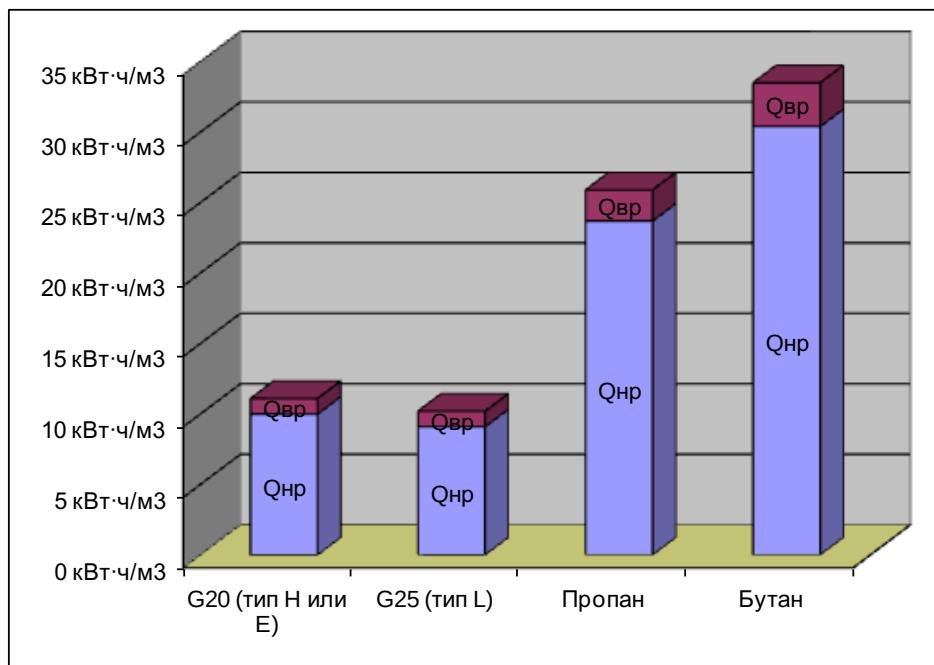
Q_{вр} : Высшая теплота сгорания
= явная теплота (~ 10 кВт·ч/м³)
+ скрытая теплота (~ 1 кВт·ч/м³)

Высшая/низшая теплота сгорания : $Q_{вр} / Q_{нр}$

Соотношение между $Q_{нр}$ и $Q_{вр}$ определяется максимальным количеством тепла, которое может быть получено в результате конденсации водяных паров

	$Q_{нр}$	$Q_{вр}$
G 20 (тип Н)	10 кВт·ч/м ³	11,1 кВт·ч/м ³
G 25 (тип L)	9,1 кВт·ч/м ³	10,2 кВт·ч/м ³
Пропан	23,7 кВт·ч/м ³	25,9 кВт·ч/м ³
Бутан	30,4 кВт·ч/м ³	33,5 кВт·ч/м ³

Соотношение между $Q_{вр} / Q_{нр}$ равняется 1,10
т.е. в результате конденсации дополнительно
можно получить максимум 10% тепла

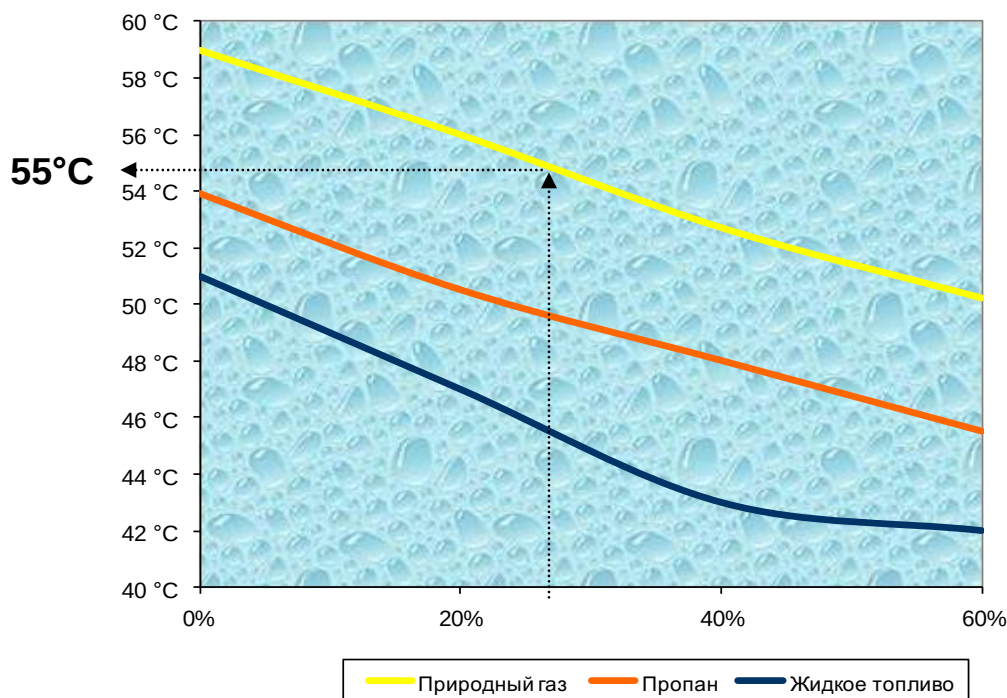


Точка росы

Точка росы – это температура, при которой водяной пар, образовавшийся в процессе сгорания топлива, выпадает в виде конденсата.

→ Таким образом, точка росы – это температура, до которой необходимо охладить теплообменник котла при помощи водяного контура отопительной установки.

Топливо	Избыток воздуха			
	0%	20%	40%	60%
Природный газ	59 °C	56 °C	52,7 °C	50,2 °C
Пропан	53,9 °C	50,5 °C	48 °C	45,5 °C
Жидкое топливо	51 °C	47 °C	43 °C	42 °C



Чем выше температура точки росы, тем легче конденсация.

Контроль над избытком воздуха позволяет нам не только улучшить процесс горения, но и увеличить значение точки росы.

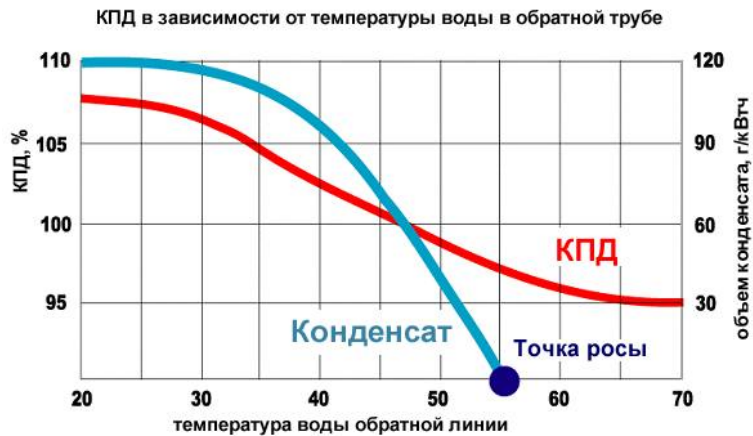
График выше показывает, что природный газ наиболее подходящий, так как его точка росы приблизительно 55° C при 30% избытке воздуха.

Дополнительное тепло за счёт конденсации

Если температура воды в теплообменнике ниже 55°C (точка росы), то водяной пар, образовавшийся в результате реакции горения, конденсируется и высвобождает скрытую теплоту.

→ КПД (эффективность) может «искусственно» превысить 100%

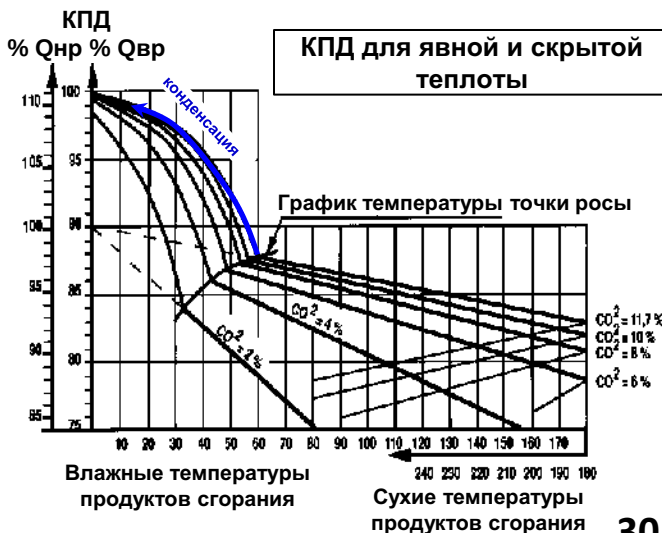
КПД конденсационного котла



КПД рассчитывается с помощью следующей формулы:

$$\eta_{\text{сгорания}} / Q_{\text{нр}} = 100\% - \text{Потери с дымовыми газами} = \frac{k^{(1)} (T_{\text{дг}} - T_{\text{окр}})}{CO_2} + \text{ТЕПЛОТА конденсации}$$

Так как газоанализатор не может измерить объем конденсата, то расчет КПД основан на интерполяции в зависимости от температуры уходящих газов.



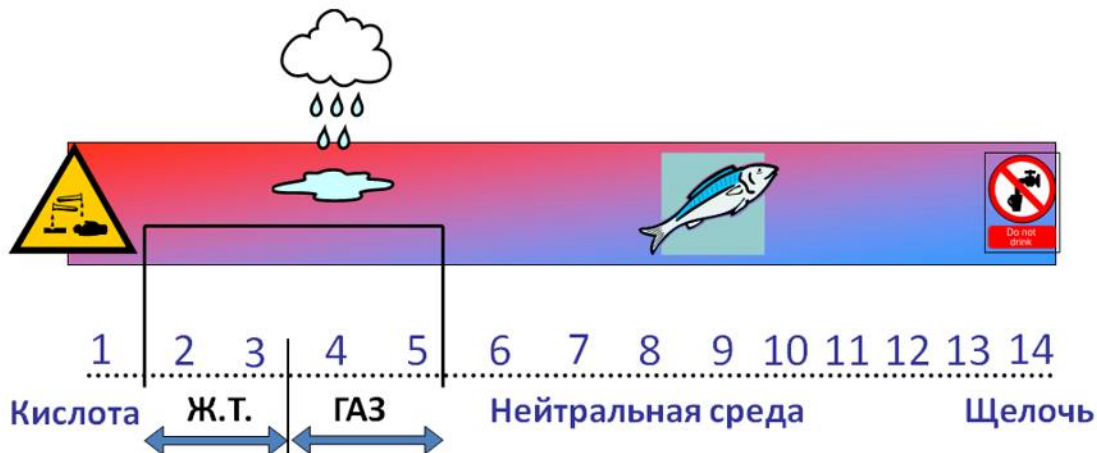
Combustible	
Gaz Naturel	
Chaudière Condensation	
mini KW	
CO ₂	8.7 %
O ₂	5.5 %
CO	5 ppm
Rend. (C)	110.5 %
T. Fumees	23 °C
T. Air	22 °C

maxi KW	
CO ₂	9.3 %
O ₂	4.5 %
CO	60 ppm
Rend. (C)	109.2 %
T. Fumees	30 °C
T. Air	22 °C

Конденсат

Углекислый газ, образуемый при сгорании топлива, находится в виде пара в течение процесса конденсации: таким образом, образуется угольная кислота...

Образующийся конденсат является кислотой с pH от 3 до 5 (для газа)



При сжигании 1 м^3 природного газа может выделяться до 1,6 литра конденсата.

При потреблении газа 2000 м^3 в год → макс. объём конденсата до 3200 литров.

« Удаление или слив опасных или вредных веществ в атмосферу запрещен »

В связи с этим необходимо рассмотреть следующие моменты :

- Конденсат **разбавляется** водой бытовых стоков (очень частое явление) и, **таким образом, трубопроводы защищены от коррозии (ПВХ).**

→ **допустимо отсутствие нейтрализации конденсата.**

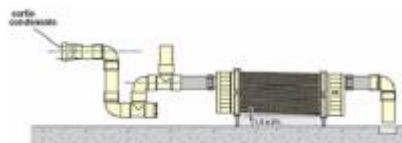
- Использование трубопроводов, подверженных коррозии (стальные, медные).

→ **следует устанавливать станцию нейтрализации конденсата с гранулированным наполнителем**

- Если $P_{\text{установки}} > 70 \text{ кВт}$, удаляемый конденсат не разбавляется и направляется в канализацию с металлическим трубопроводами.

→ **нейтрализация конденсата обязательна.**

- Конденсат при сжигании жидкого топлива содержит остатки **топлива и углеводов**. Кроме того, наличие серы в конденсате требует соответствующей нейтрализации.



Нейтрализация конденсата

При сжигании природного газа можно получить конденсат : до 0,12 л/кВт·ч.

Это значит, что для отопительного периода продолжительностью 200 дней и котла, который находится в работе 30 % времени, получаем:

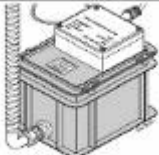
25 кВт → 4000 литров

100 кВт → 17000 литров

200 кВт → 34000 литров

Нейтрализация заключается в пропускании конденсата через емкость, содержащую минералы, уменьшающие кислотность (напр. мраморная крошка).

Ниже представлены модели станций нейтрализации в соответствии с объемом/ мощностью, для которых они рассчитаны :

		гранулят	объем конденсата	макс. мощность
НС 33			4500 л	БЕЗ перекачивающего насоса
BP52		5 кг	19200 л	
BP54		10 кг	38400 л	
DU13		10 кг	С перекачивающим насосом	20 – 120 кВт
DU14		20 кг		120 – 350 кВт
DU15		20 кг		350 – 1300 кВт

Трубопроводы для удаления конденсата должны быть устойчивыми к кислой среде.

По этой причине, при использовании стальных, бетонных или чугунных труб, **необходимо** использовать станцию нейтрализации конденсата.

Использовать только трубы из ПВХ (поливинилхлорид) – они не разрушаются.



ДЫМОХОДЫ

- Особые положения
- Классификация
- Допустимая длина
- Подсоединение 3 СЕр
- Расположение дымохода

Особые положения



Удаление продуктов сгорания из конденсационного котла должно быть выполнено с учётом следующих рекомендаций:

- **Дымоход должен быть устойчив к конденсату (кислота, коррозия)**
- **Он должен обеспечивать свободный слив конденсата в котел**
- **Котел должен быть оборудован сифоном, заполненным водой, чтобы избежать попадания дымовых газов в сливной трубопровод,**

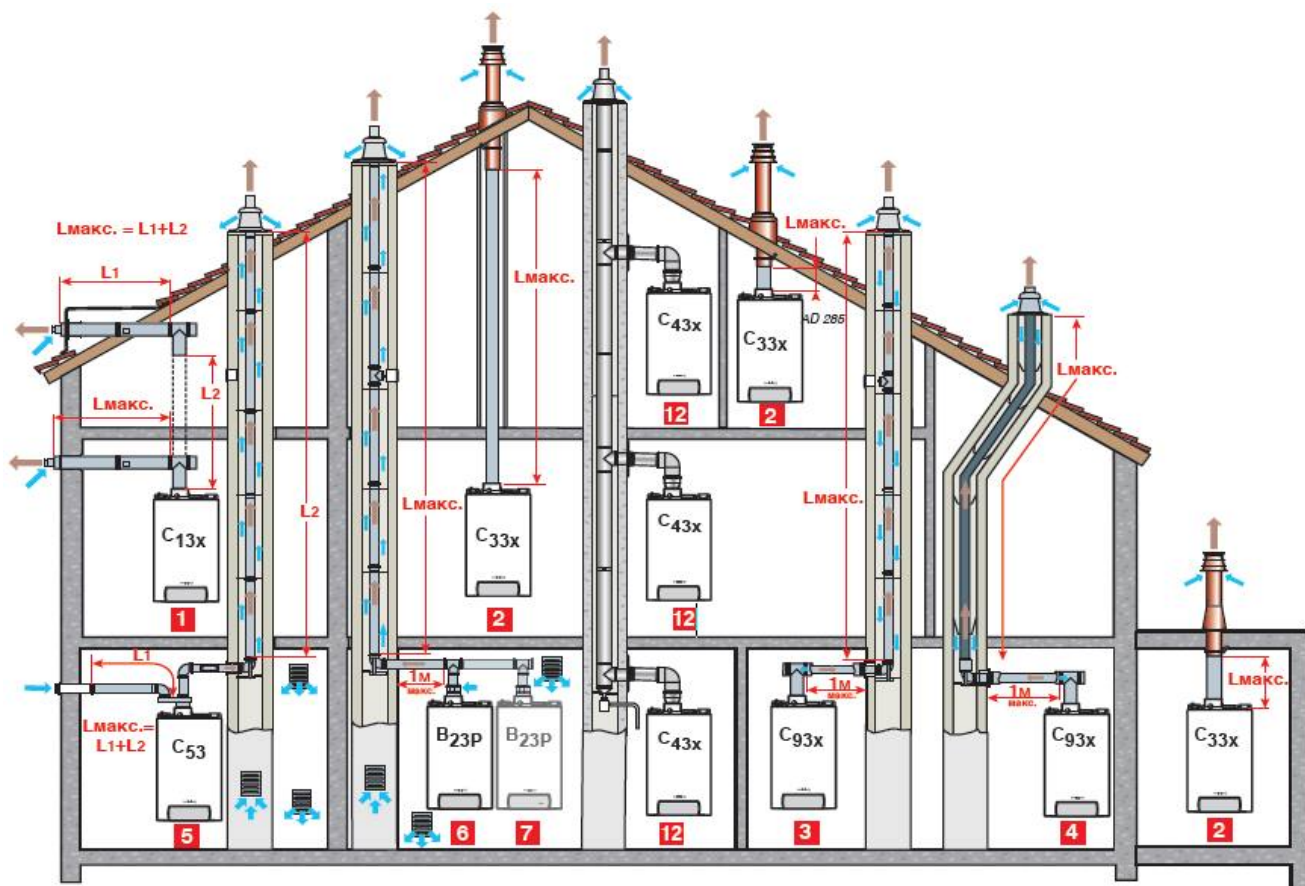
Кроме того, так как температура уходящих газов низкая, то естественной тяги дымохода недостаточно. Таким образом, вентилятор котла способствует удалению дымовых газов из котла.

Дымоход обязательно должен быть герметичен по всей своей длине (манжетные уплотнения).

Обязательным является использование сертифицированных дымоходов в соответствии с требованиями производителя.

Все котлы разработаны, проверены и одобрены для работы с дымоходами, предлагаемыми в каталоге «Дымоходы», в соответствии с требованиями действующих стандартов. Безопасность и работоспособность гарантируется только при условии, что котлы устанавливаются с одобренными дымоходами и в соответствии с условиями, предусмотренными в технической документации.

Классификация



1 Тип C_{13x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов с горизонтальным окончанием (коаксиальный дымоход)

2 Тип C_{33x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов с вертикальным окончанием (выход на крышу)

3 Тип C_{93x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов в котельной и обычных трубопроводов в дымовой трубе (воздух для горения и продукты сгорания движутся в противотоке)

4 Тип C_{93x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов в котельной и обычных «гибких» трубопроводов в дымовой трубе (воздух для горения и продукты сгорания движутся в противотоке в дымовой трубе)

5 Тип C_{53x} Раздельное подсоединение воздуха и дымовых газов при помощи переходника для разделения на 2 потока и обычных трубопроводов (воздух для горения забирается снаружи)

6 Тип B_{23p} Подсоединение к дымовой трубе (воздух для горения забирается из помещения)

7 Тип B_{23p} Для каскадной установки

12 Тип C_{43x} Подсоединение к общему коллективному дымоходу котла с закрытой камерой сгорания (ЗСР и ЗСР)

Таблица максимально допустимых

Это стандартная классификация для всех производителей.

Допустимая длина

Дымовые газы отводятся с помощью вентилятора, встроенного в котел. В зависимости от модели и падения давления необходимо соблюдать максимальную длину.

Наиболее распространенные случаи использования:

Таблица максимально допустимых длин трубопроводов воздух/дымовые газы в зависимости от типа котла (м)																
Тип подсоединения воздух / дымовые газы	VIVADENS MCR-P				INNOVENS PRO MCA				INNOVENS MCA				NANEO PMC-M			
	24	24/28 MI/BIC	30/35 MI	34/39 MI	45	65	90	115	15	25	35	25/28 MI/BIC	24	25/28 MI	30/35 MI	34/39 MI
1	Ø 60/100 мм	6	7	4	6	—	—	—	12	3,5	3,5	4,2	7	7	3	3
	Ø 80/125 мм	—	—	—	—	16	—	—	12,3	20	17,6	20	21,5	25,5	11,5	9,5
	Ø 110/150 мм	—	—	—	—	—	9	8	5,9	—	—	—	—	—	—	—
2	Ø 60/100 мм	—	—	—	—	—	—	—	13	4,9	—	5,5	—	—	—	—
	Ø 80/125 мм	20	20	20	20	14,5	—	—	10,7	20	19	20	19,5	24	13,5	11,5
	Ø 110/150 мм	—	—	—	—	—	11,5	10	9,4	—	—	—	—	—	—	—
3	Ø 60/100 мм	—	—	—	—	—	—	—	15	8,1	2,8	9	—	—	—	—
	Ø 60 мм жесткий	—	—	—	—	—	—	—	15	8,1	2,8	9	—	—	—	—
	Ø 60/100 мм	18	20	10	12	—	—	—	9,9	20	18	20,0	—	—	—	—
	Ø 80 мм жесткий	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ø 80/125 мм	—	—	20	20	15	—	—	—	—	20	—	18	23	19	17
	Ø 80 мм жесткий	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ø 110/150 мм	—	—	—	—	—	16	13,2	10	—	—	—	—	—	—	—
	Ø 110 мм жесткий	—	—	—	—	—	16	13,2	10	—	—	—	—	—	—	—
4	Ø 80/125 мм	15,5	19	18	20	12	—	—	11,1	20	20	20	20	25	15	13
	Ø 80 мм гибкий	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ø 110/150 мм	—	—	—	—	—	16,5	13,5	9,4	—	—	—	—	—	—	—
6	Ø 80 мм жесткий	33	37	19	33	23,5	—	—	40	40	40	40	40	40	33	29
	Ø 110 мм жесткий	—	—	—	—	—	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ø 80 мм гибкий	23	27	22,5	24,5	21	—	—	40 ¹	40 ¹	28 ¹	40 ¹	39 ¹	40 ¹	21	18
	Ø 110 мм гибкий	—	—	—	—	—	29,5 ¹	24	17,5	—	—	—	—	—	—	—

1 Тип C₁₃ Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов с горизонтальным окончанием (коаксиальный дымоход)

2 Тип C_{33x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов с вертикальным окончанием (выход на крышу)

3 Тип C_{93x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов в котельной и обычных трубопроводов в дымовой трубе (воздух для горения и продукты сгорания движутся в противотоке)

4 Тип C_{93x} Подсоединение воздух/дымовые газы при помощи концентрических трубопроводов в котельной и обычных «гибких» трубопроводов в дымовой трубе (воздух для горения и продукты сгорания движутся в противотоке в дымовой трубе)

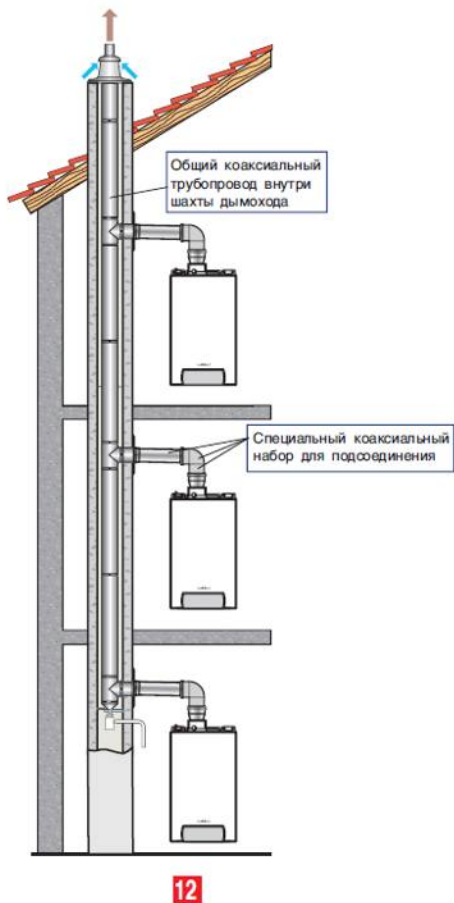
6 Тип B_{23P} Подсоединение к дымовой трубе (воздух для горения забирается из помещения)

Ø подсоединения, мм	Эквивалентная длина, м		
	60/100	80/125	110/150
Колено 87°	1,1	1,5	3,7
Колено 45°	0,8	1,0	1,0
Колено 30°	0,7	—	—
Колено 15°	0,5	—	—
Труба с лючком для ревизии	0,5	0,6	1,0
Тройник с лючком для ревизии	2,2	2,7	2,5
Колено с лючком для ревизии	—	2,0	—
Сборник конденсата	—	0,8	0,6

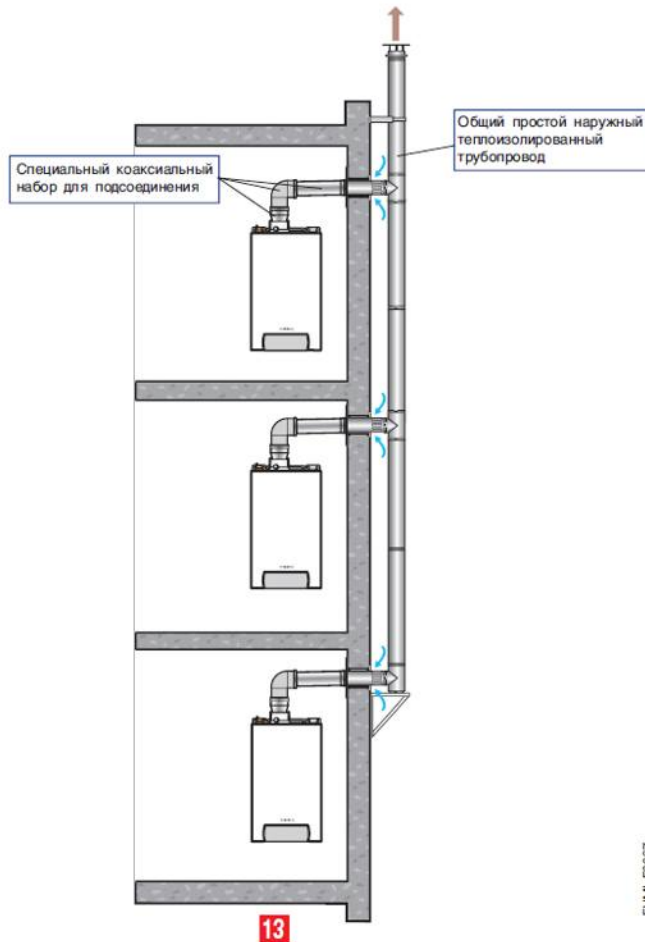
Подсоединение ЗСЕР

В случае коллективного дымохода возможно подключение котлов в коллективный коаксиальный дымоход.

12 Подсоединение к общему внутреннему коаксиальному дымоходу



13 Подсоединение к общему наружному простому теплоизолированному дымоходу (подходит для случая реконструкции в многоквартирном доме)



FUMI_F0067

В этом случае, необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- Использование дымоходов, сертифицированных для подключения к ЗСЕР
- Точный расчёт в зависимости от модели котла и производителя дымоходов
- Наличие обратного клапана дымовых газов, сертифицированного с котлом.
- Точная регулировка настроек в соответствии с инструкцией

Расположение дымохода

Для газовых котлов мощностью < 70 кВт:

Другие рекомендации и требования:

1) по отношению к зданиям, находящимся рядом:

- глухая соседняя стена: с дефлектором - 2 м
- без дефлектора - 8 м

- соседняя стена с проемами:

- с дефлектором - 5 м
- без дефлектора - 8 м

2) по отношению к тротуарам или подъездным путям:

Если окончание коаксиального дымохода расположено на высоте менее 1,8 м от земли, то необходима установка защитной решетки с дефлектором.



Недопустим выход коаксиального окончания ниже уровня земли (в канаву или оконный проем) или полуподвального этажа)

Обозначение	a	b	c	d	e	f	g	h
Минимальное расстояние, м	0,40	0,60	1,80	0,30	1,00	0,15	2,00	0,10
Требования или рекомендации	обязательно	обязательно	обязательно	рекомендуется	рекомендуется	рекомендуется	рекомендуется	рекомендуется
Уточнения по расположению	Минимальное расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до любого открывающегося элемента фасада	Минимальное расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до любого отверстия забора воздуха	Минимальное расстояние до тротуара, кроме случаев установки защитной решетки с дефлектором	Расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до земли и/или крыши или верха балкона	Расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до стены под углом 90° с открывающимися элементами или отверстиями забора воздуха; (0,15 м при наличии дефлектора)	Расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до стены под углом 90° без открывающихся элементов забора воздуха	Расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до любых насаждений	Расстояние от оси отверстия для удаления дымовых газов до водостока или вертикального трубопровода

Правила установки для газовых котлов мощностью ≥ 70 кВт

Другие рекомендации и требования:

1) недопустим выход коаксиального дымохода на фасад с окнами и с решетками для забора воздуха

2) максимальные допустимые мощности:

- 250 кВт для горизонтального коаксиального дымохода
- 2000 кВт для вертикального коаксиального дымохода

Обозначения:

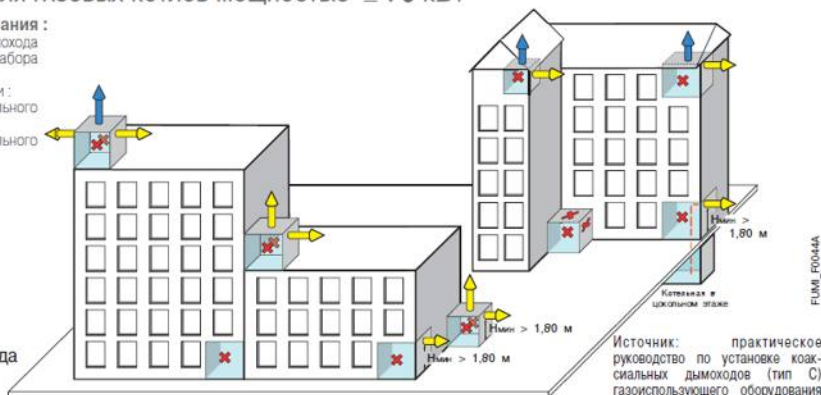
→ $P_u < 250$ кВт

→ $P_u < 2000$ кВт

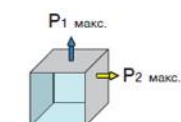
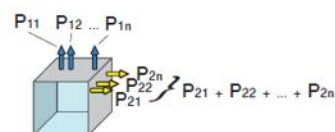
Котельная

Запрещенные места для выхода окончания коаксиального дымохода

Глухой фасад



Источник: практическое руководство по установке коаксиальных дымоходов (тип С) газоиспользующего оборудования с закрытой камерой сгорания, установленного в котельной (Gaz de France - Suez)

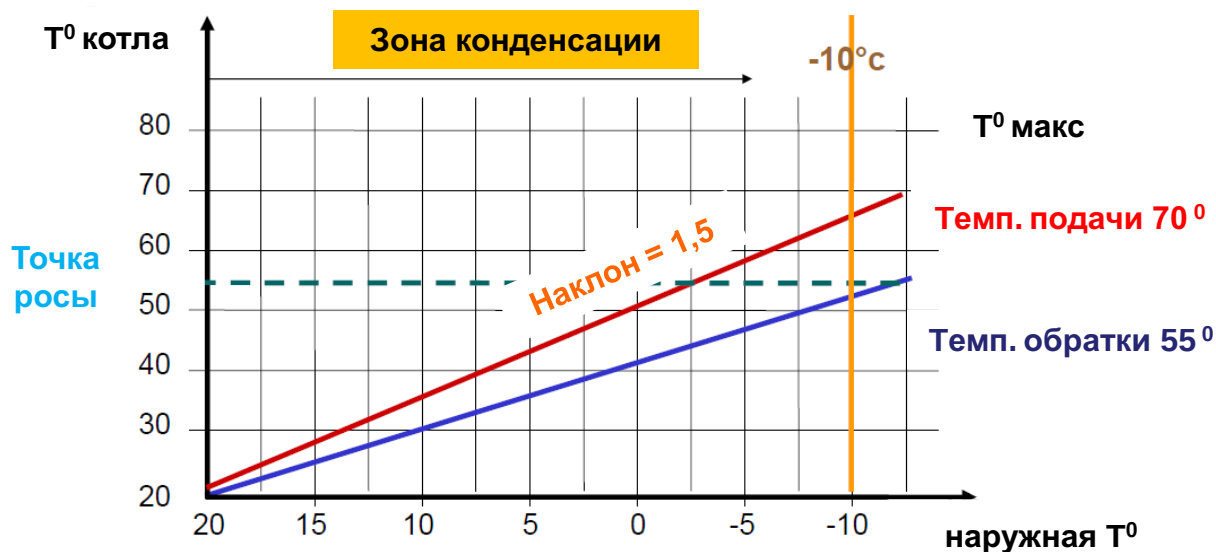
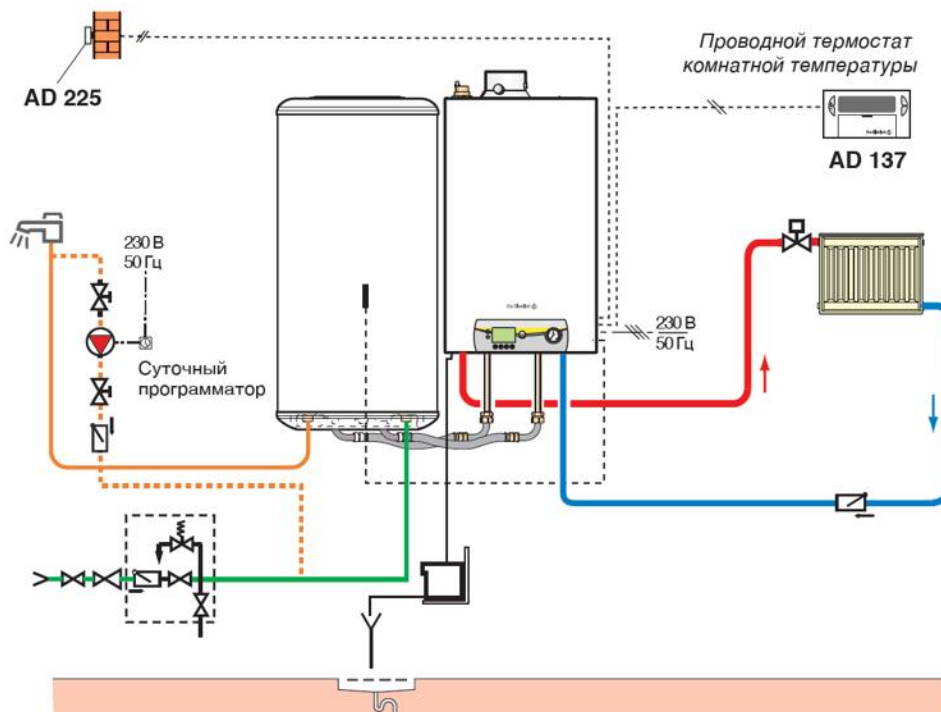


	Несколько горизонтальных или вертикальных коаксиальных дымоходов	
	В верхней части многоквартирных домов	В нижней части многоквартирного дома
$P_{11} + P_{12} + \dots + P_{1n}$	< 2000 кВт и < 2000 кВт - $(P_{21} + P_{22} + \dots + P_{2n})$	< 250 кВт - $(P_{21} + P_{22} + \dots + P_{2n})$
$P_{21} + P_{22} + \dots + P_{2n}$	< 250 кВт	< 250 кВт
	Вертикальный и горизонтальный коаксиальные дымоходы	
	В верхней части многоквартирных домов	В нижней части многоквартирного дома
P_1 макс.	$= 2000$ кВт - P_2	$= 250$ кВт - P_2
P_2 макс.	$= 250$ кВт	$= 250$ кВт

Автоматика

- Температурный график - радиаторы
- Температурный график – теплый пол
- Многоконтурная система
- Модуляция горелки
- Ограничение мощности
- Оптимизация при помощи модулирующего насоса

Отопительная кривая - отопление



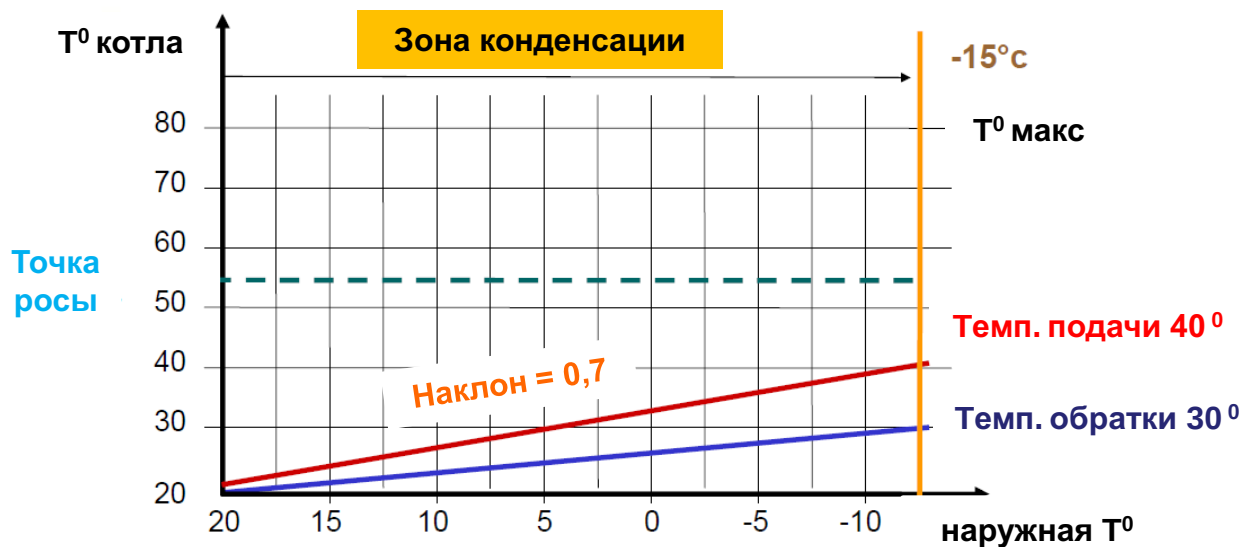
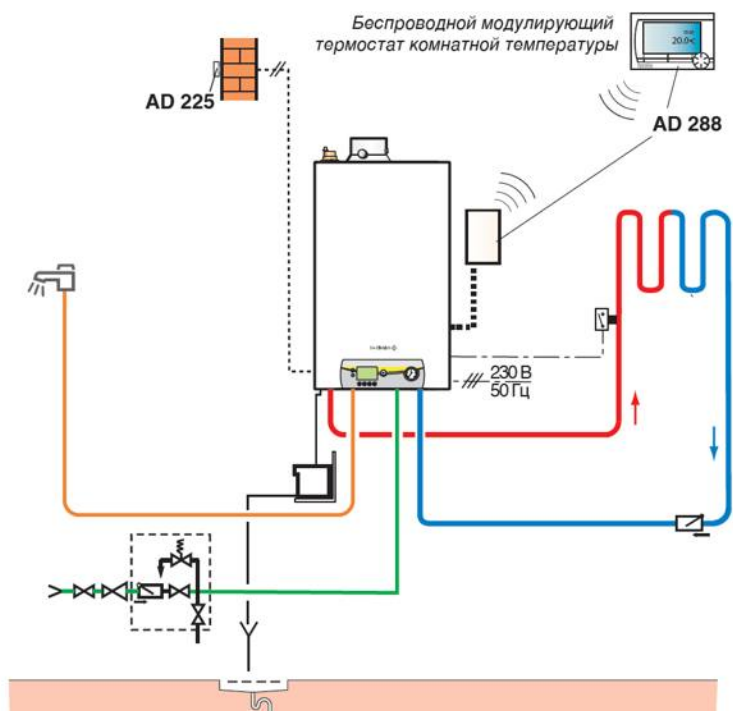
Нет необходимости показывать, насколько полезен датчик наружной температуры: несмотря на радиаторную систему отопления, он дает возможность использовать теплоту конденсации, как только наружная температура > -10°C !

Отопительная кривая – теплый пол

Для теплообменника нет значений минимальной температуры обратной линии

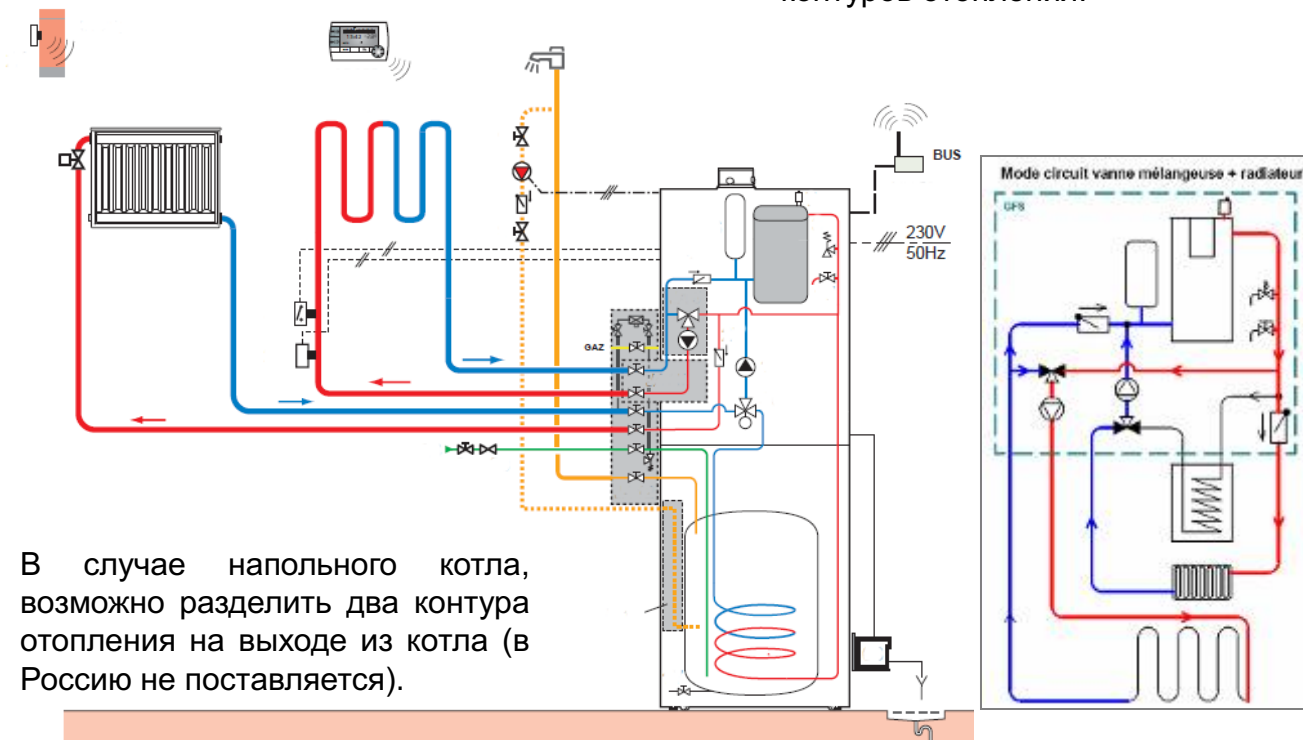
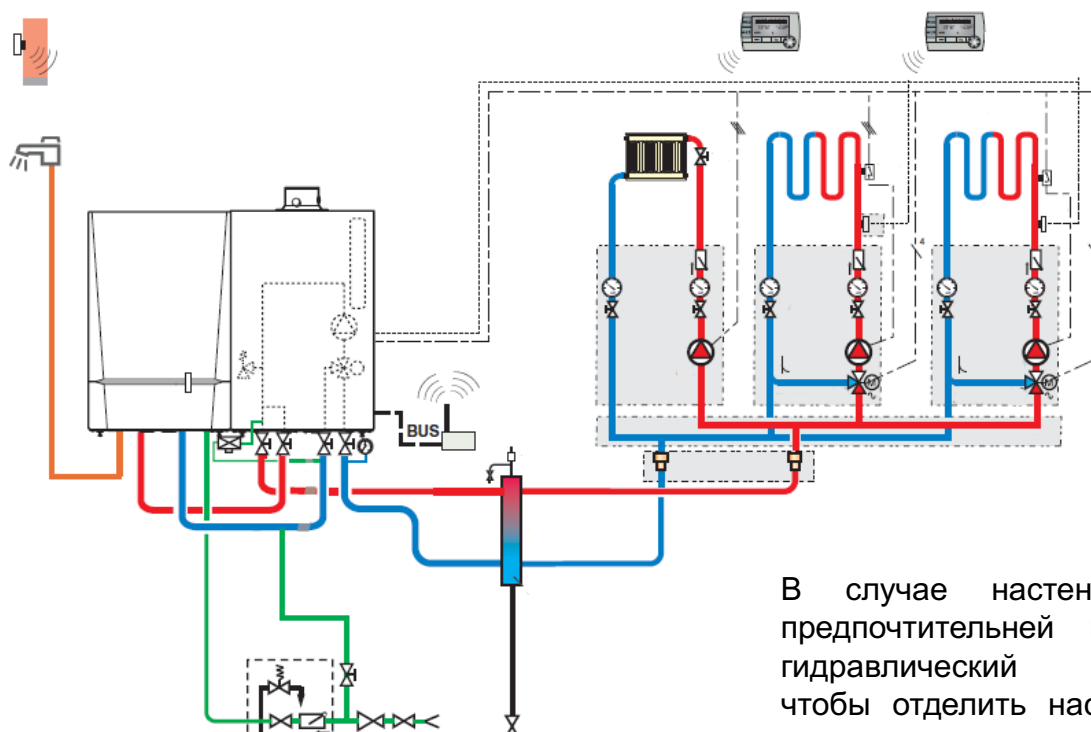
→ Прямой контур без трехходового клапана

Температура подачи регулируется модуляцией мощности горелки.



Датчик комнатной температуры, используемый совместно с датчиком наружной температуры, необходим для учета инерции системы контура теплого пола.

Многоконтурная система



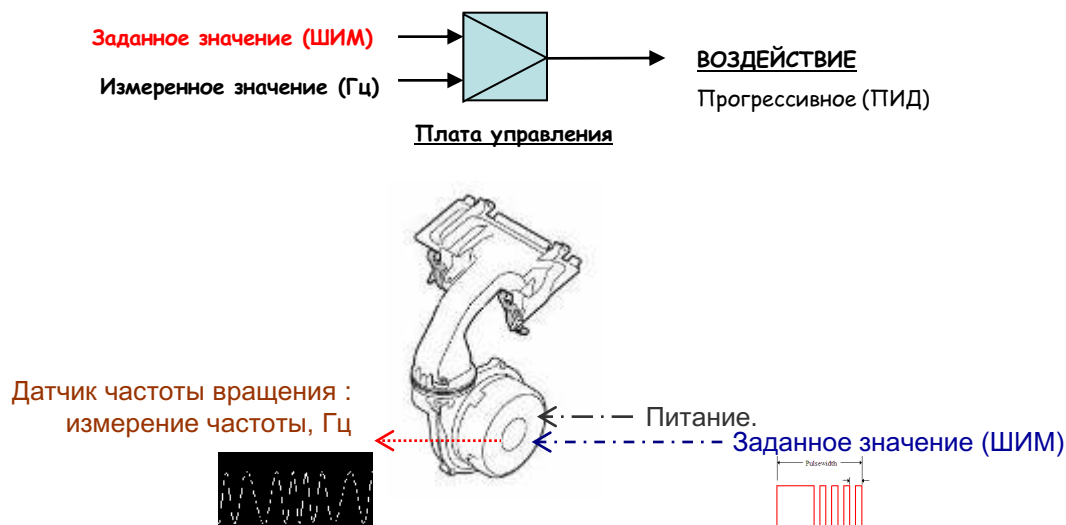
* Набор для подключения 2-го контура встроен в котел

Модуляция горелки

Управление

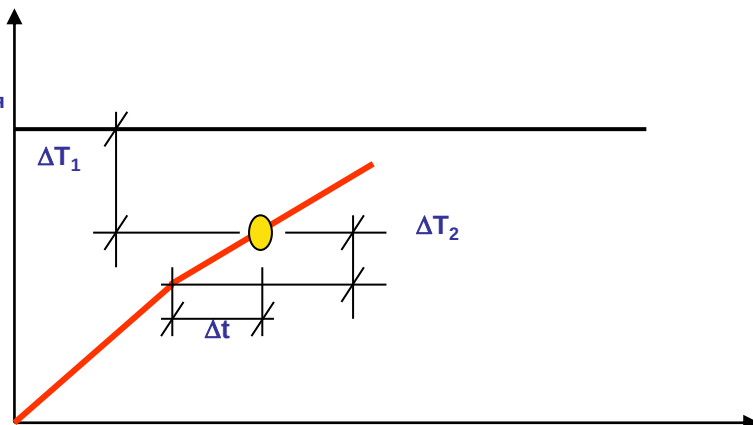
Горелка модулирует свою мощность благодаря вентилятору с платой частотного управления (ШИМ – широтно-импульсная модуляция).

Выход на заданную мощность происходит при помощи ПИД-регулятора, который воздействует на значение температуры подающей линии.



T подающей линии

$T_{\text{заданная}}$



Скорость вентилятора регулируется в зависимости от разницы между измеренной и заданной температурами ($\Delta T_1, ^\circ\text{C}$)

Также учитывается скорость изменения температуры ($\Delta T_2 / \Delta t, ^\circ/\text{сек}$)

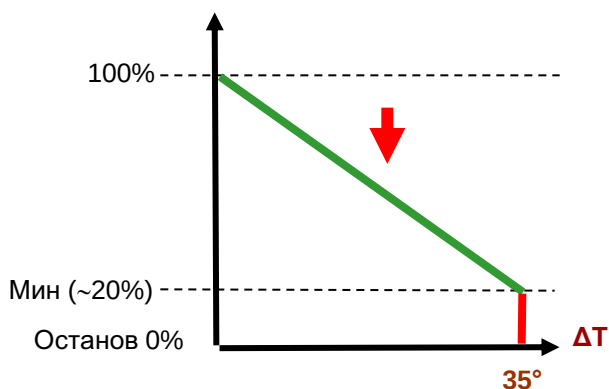
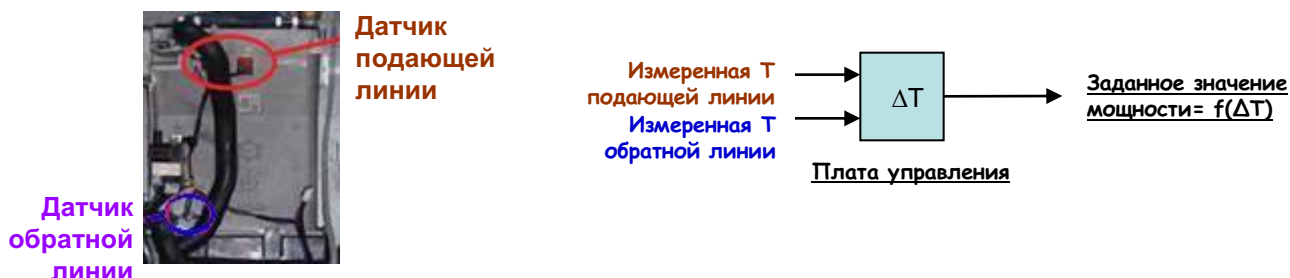
Время

Модуляция горелки

Безопасность

Горелка также может контролировать отклонения температуры, чтобы избежать термошока теплообменника.

Более того, теплообменник защищен против недостаточного протока или даже отсутствия протока теплоносителя через него.

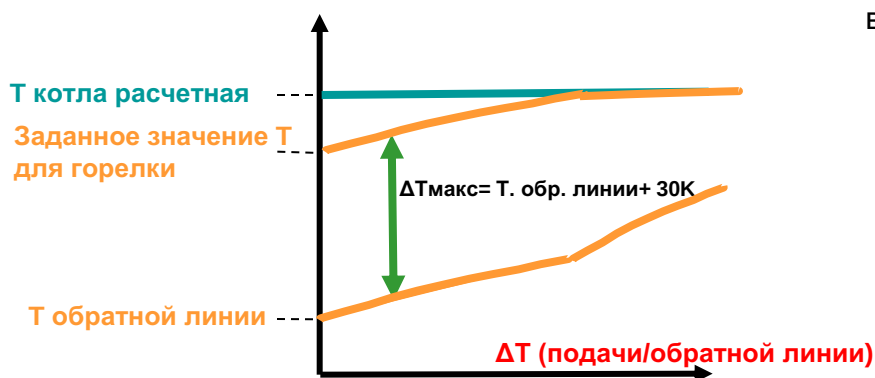


Если расход воды уменьшается, то ΔT увеличивается и, в зависимости от скорости изменения ΔT , мощность горелки ограничивается.

Если ΔT возрастает до 15 К за 10 секунд, то мощность горелки уменьшается.

Если ΔT возрастает до 35 К за 10 секунд, то мощность горелки уменьшается до минимального значения.

Если $\Delta T = 35$ К, то горелка выключается на 2 - 10 мин



Когда разница между расчетной температурой котла и измеренной температурой обратной линии превышает 30 К, то заданное значение температуры для горелки уменьшается.

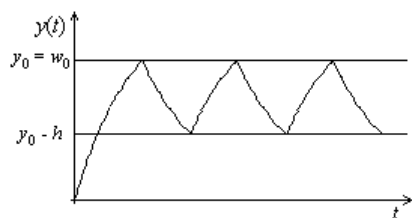
Ограничение мощности

Бытовые котлы имеют номинальную мощность от 15 до 25 или 35 кВт.

Так как тепловые потери жилого помещения могут достигать только 10 кВт (для Франции), то мощность котлов для такого значения тепловых потерь слишком большая.

Это приводит к колебанию мощности, что пагубно сказывается на модуляции (тактование).

Чтобы свести к минимуму такое явление, рекомендуется ограничить мощность котла в зависимости от тепловых потерь жилого помещения.



Тепловые потери = $G \cdot V \cdot \Delta T$

Это поможет достигнуть лучшего КПД и лучшей конденсации за счет уменьшения объема дымовых газов..

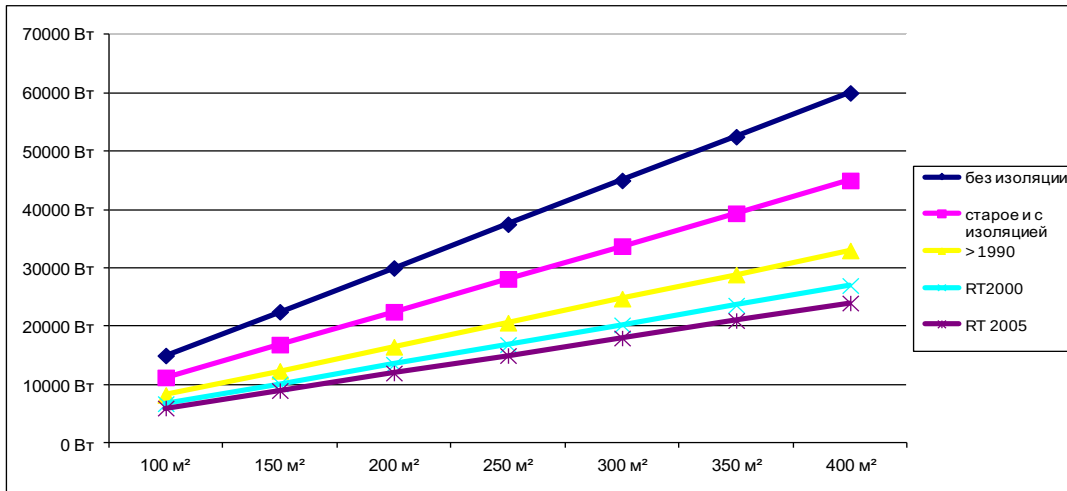
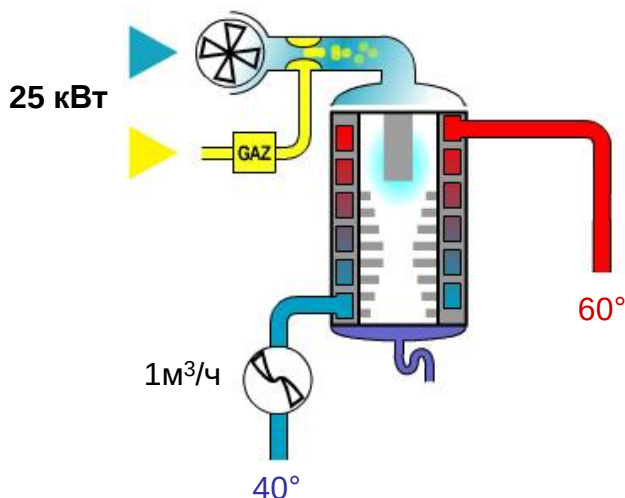


График для наружной $T^\circ = -10^\circ\text{C}$ и комнатной температуры 20°C (для Франции)



МАКС.МОЩН.ОТ.% : Этот параметр воздействует на максимальную скорость вентилятора в режиме отопления

Оптимизация работы с модулирующим насосом



Когда горелка работает на полной мощности (например, 25 кВт)

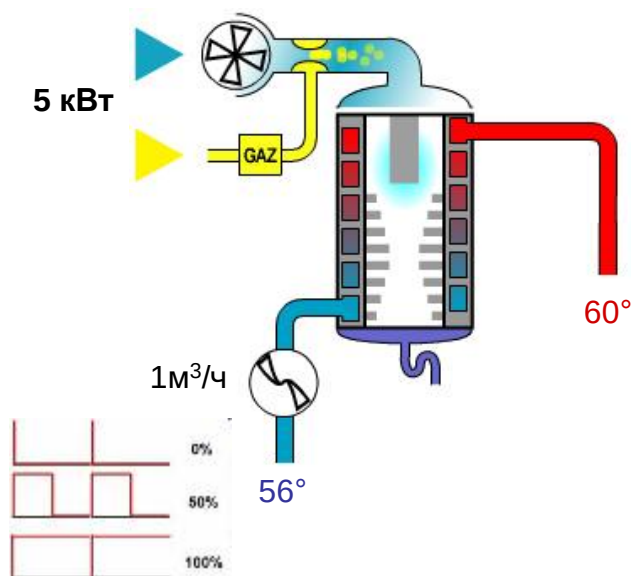
Номинальный расход 1 м³/ч, что приводит к увеличению T° до 20 K.

$$\Delta T = \frac{P}{1,16 \times \text{расход}} = \frac{25}{1,16 \times 1} = 20^\circ$$

Если температура обратной линии 40°C, то температура подающей линии может достигать 60°C.

Рассмотрим вариант, когда температура подающей линии 60°, горелка будет модулировать свою мощность (примерно до 5 кВт).

Если расход не изменяется, то ΔT будет также уменьшаться.



$$\Delta T = \frac{P}{1,16 \times \text{расход}} = \frac{5}{1,16 \times 1} = 4^\circ$$

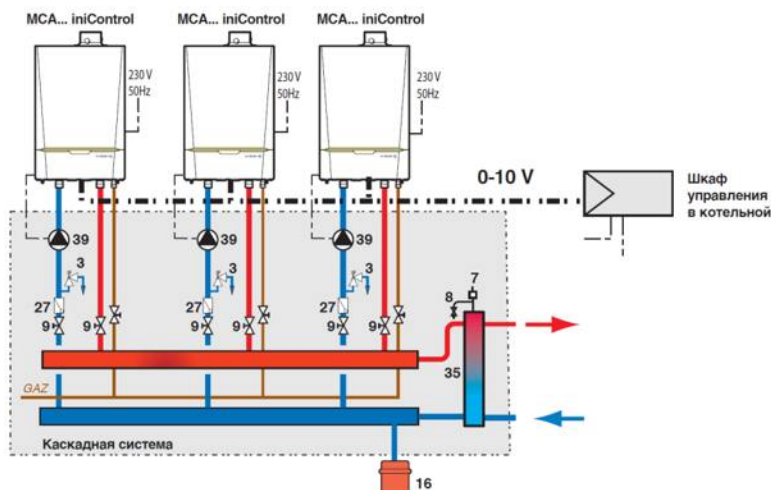
Так как температура подающей линии не изменилась, то температура обратной линии повышается (больше температуры точки росы!)

Чтобы не уменьшался КПД конденсации, можно установить модулирующий насос, чтобы сохранить $\Delta T = \sim 20 \text{ K}$.

Особенности для котлов средней и большой мощности

- Сигнал 0-10 В
- Каскад
- Отсечная заслонка с сервоприводом (вода)
- Отсечной клапан дымовых газов

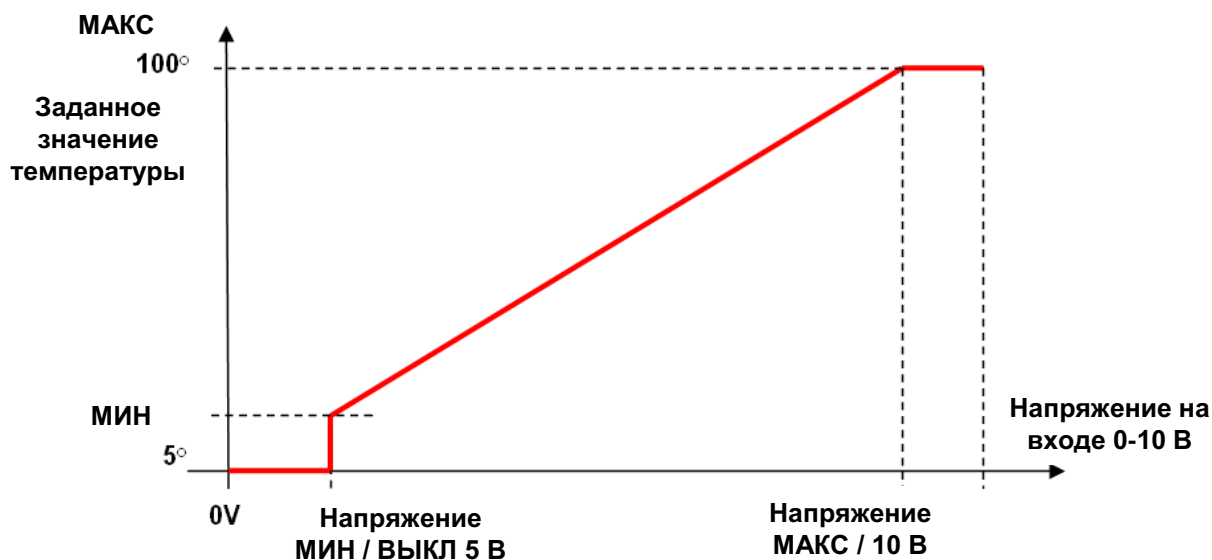
Сигнал 0 – 10 В



Если отсутствует связь между управлением вторичными контурами и котлом.

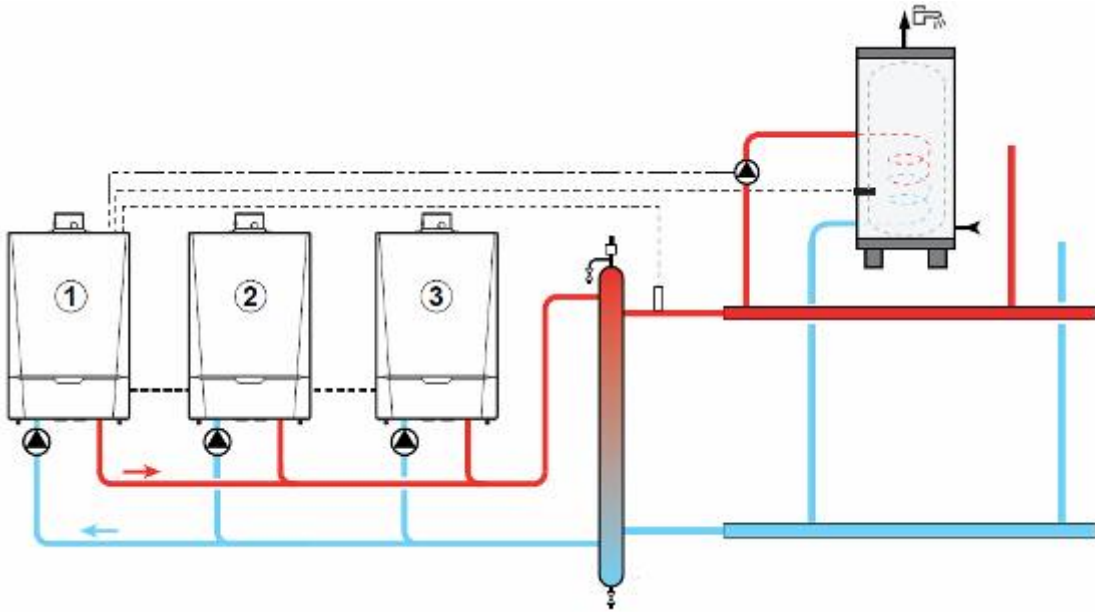
Введение сигнала 0-10 В для управления котлом позволило оптимизировать эффективность.

Такой принцип управления часто используется в котельных, чтобы управлять несколькими котлами в каскаде.



* Некоторые системы регулирования измеряют и контролируют температуру подающей линии.
В этом случае сигнал 0-10 В управляет заданным значением мощности в %.

Каскадная установка



Каскадная установка имеет много преимуществ:

- Обеспечение непрерывности работы в случае неисправности.
- Уменьшение мин. мощности пропорционально количеству котлов.
- Улучшение показателя среднегодового КПД
- Обеспечение равномерной нагрузки на котлы
- Компактность

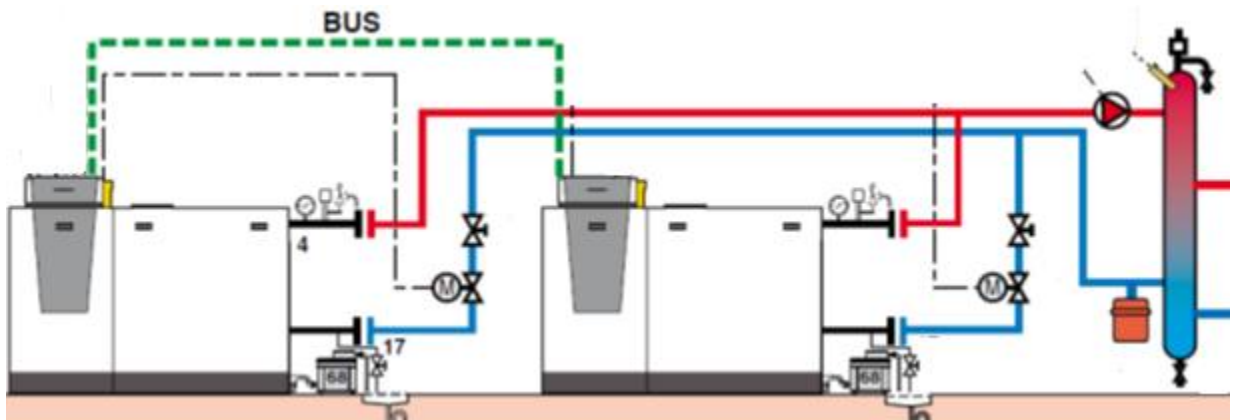
Возможность управления следующими функциями:

Классический каскад	Котлы включаются последовательно в зависимости от потребности в тепле.
Параллельный каскад	Если наружная температура $< -10^{\circ}\text{C}$ (заводская настройка), то все котлы запускаются одновременно, затем модулируют свою мощность в зависимости от потребности в тепле.
Переменная работа	Каждые 7 дней изменяется порядок включения котлов в каскаде.

Для объединения котлов в каскад необходимо

- ✓ Связь котлов через кабель BUS
- ✓ Подключение датчика каскада
- ✓ Настройка адреса для ведомых котлов

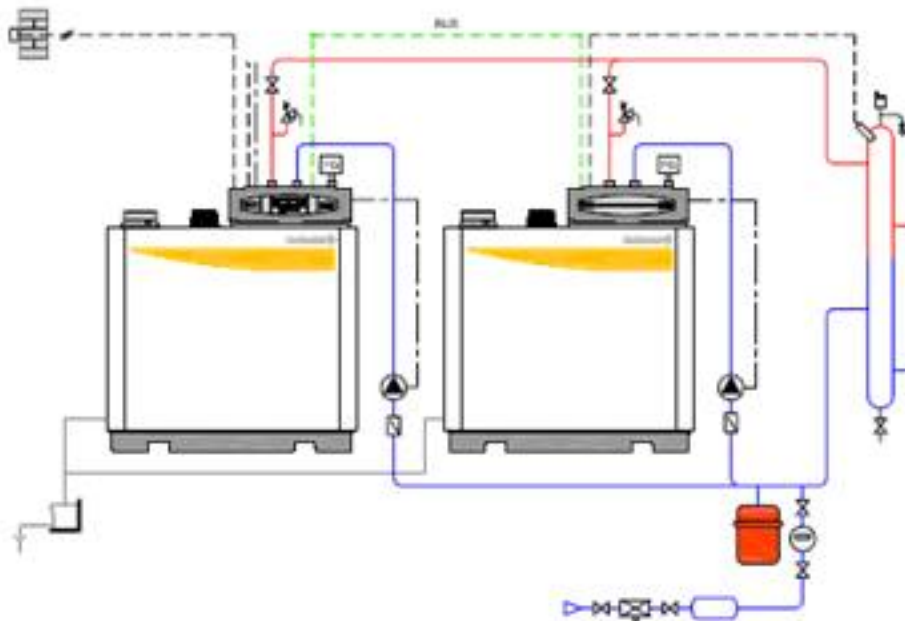
Отсечная заслонка с сервоприводом (вода)



Отсечная заслонка с сервоприводом прекращает циркуляцию воды через неработающий котел, чтобы котел не работал как «радиатор».

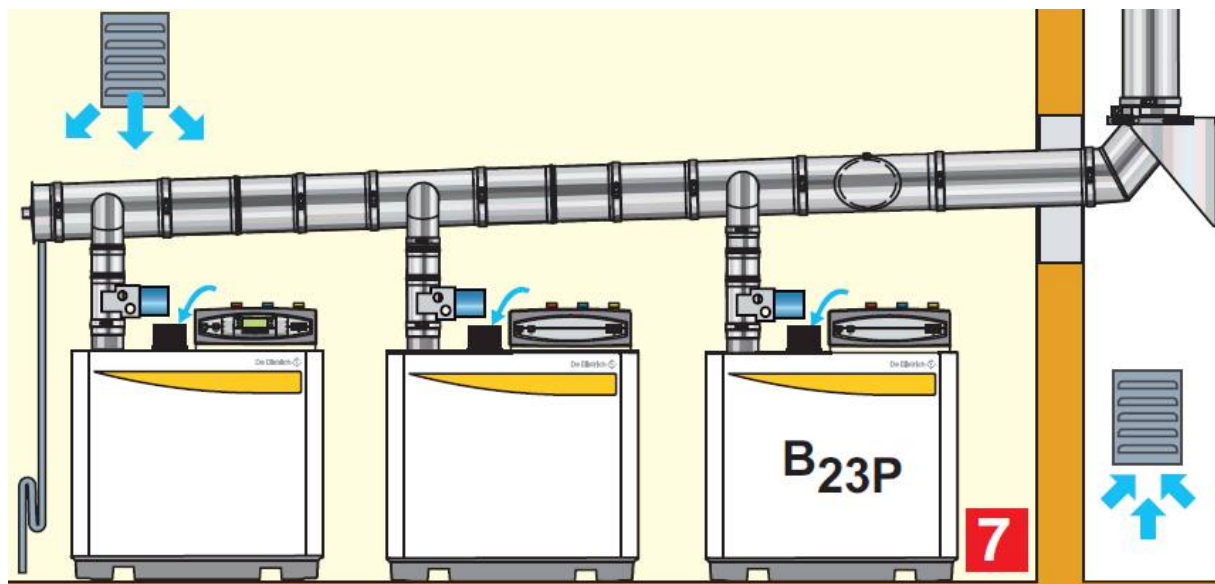
Это устройство обязательно, когда используется один общий насос первичного контура.

Вместо отсечной заслонки можно использовать циркуляционный насос для каждого котла.



Отсечной клапан дымовых газов

В случае каскада котлов, так как дымовые газы имеют небольшое избыточное давление, то необходимо установить отсечной клапан дымовых газов для каждого котла.



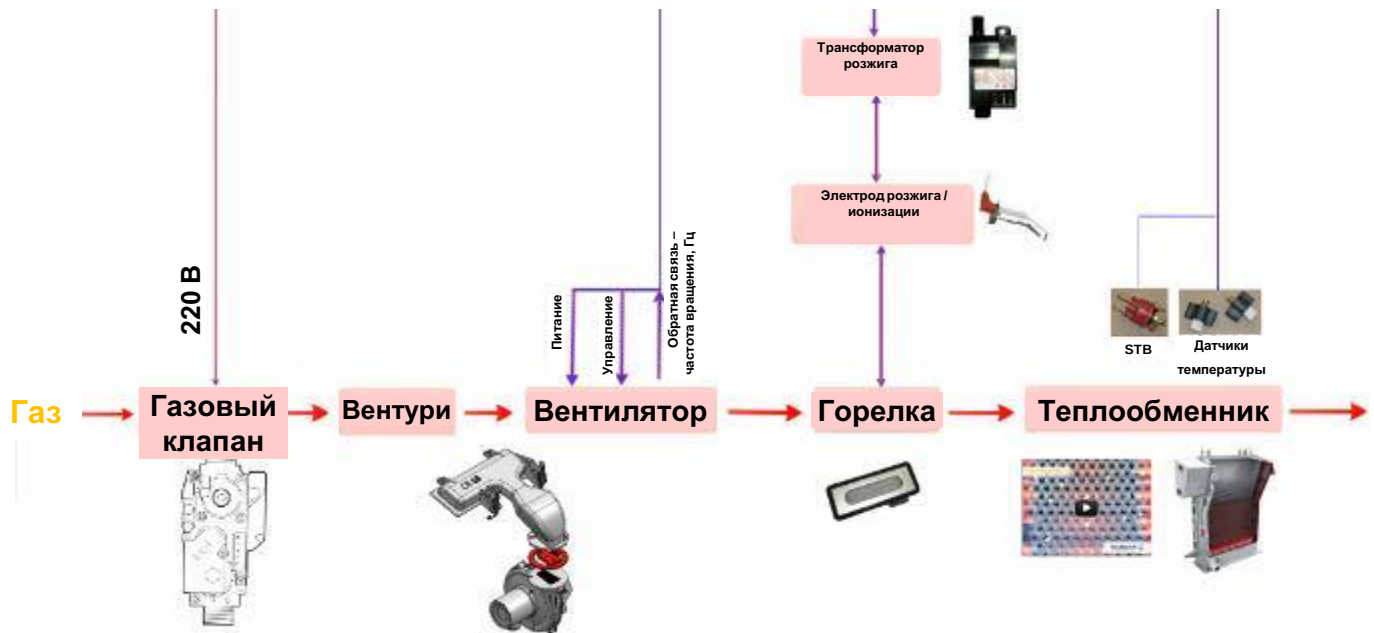
Это клапан с сервоприводом, который управляется котлом.

Большинство котлов уже оборудованы обратным клапаном дымовых газов - для них нет необходимости устанавливать отсечной клапан дымовых газов.

Заключение

- Анализ работы
- Ожидаемые результаты

Анализ работы



Выше приведена принципиальная схема компонентов, обеспечивающих работу конденсационного котла.

В зависимости от модели необходимо обратиться к сервисному руководству, где приведены более точные характеристики котла.



Ожидаемые результаты

Какова выгода от использования конденсационного котла?

... модуляция, очень низкая температура уходящих газов и очень маленькие потери в окружающую среду...

- **Уменьшение температуры уходящих газов = экономия от 5 до 15 %**

Из пламени с температурой 1000°C дымовые газы охлаждаются до 50°C вместо 150°C, т. е. выгода 10%.

- **Конденсация (скрытая теплота) = экономия до 10 %**

энергия, затрачиваемая на испарение водяного пара в уходящих газах, возвращается в результате конденсации этих водяных паров, как только температура обратной линии достигает температуры точки росы.

- **Предварительное смешивание = экономия от 5 до 10 %**

мы используем только необходимый объем избыточного воздуха для горения, чего не было в котлах с атмосферной горелкой.

- **Снижение потерь в окружающую среду = экономия от 5 до 10 %**

котел больше не нагревает воздух в помещении, в котором он расположен. Кроме того, тепло, выделяемое теплообменником, подогревает воздух для горения.

- **Регулирование (температурный график, понижение температуры) = экономия до 7 %**

КПД эксплуатации существенно увеличивается (уменьшение комнатной температуры на 1°C = 7% годовой экономии). Кроме того, понижение температуры в ночной период приводит к дополнительной экономии до 7%.

- **Модуляция (от 5 до 25 кВт) = экономия до 10 %**

котел работает только для поддержания температуры воды. При работе на пониженной мощности экономия топлива может достигать до 10% в год.

В зависимости от модели и типа здания, экономия при установке конденсационного котла может составлять больше, чем 30% (среднее значение)