

**Паровая котельная с двумя котлами Vitomax 200 HS общей производительностью 42000 кг/час.  
Отбор тепла уходящих газов в экономайзере и регулирование температуры теплоносителя  
смешиванием сухого насыщенного пара с перегретым паром**

Уважаемые читатели, Вашему вниманию предлагаются методические указания, разработанные доктором А. Мировски на основании богатого опыта польских коллег по применению котлов Vitomax фирмы Viessmann.


Евгений Кезля  
Виссманн Украина

Данную работу посвящаю нашим Партнерам, Проектировщикам и Монтажным Организациям, благодаря труду которых мы достигли общего успеха.

Благодарим всех наших Клиентов, ряды которых неуклонно пополняются.

Благодарим сотрудников за помощь, оказанную при создании этого справочника.



  
Др. инж. Адольф Мировски  
Отдел малой энергетики фирмы Viessmann в Польше  
31.02.2002



# Оглавление

| Содержание   | стр. |
|--|------|
| От автора. Факты. Отзывы.....  | 4    |
| Turbomat – традиции и развитие. Vitomax – современность и прогресс .....   | 5    |
| Номенклатура котлов средней и большой мощности серии Vitomax .....   | 6    |
| Экологичность — прежде всего. Трехходовая конструкция котлов Vitomax .....   | 7    |
| Широкая водная рубашка. Высокая теплоаккумулирующая способность. Оптимальная температура уходящих газов .....      | 8    |
| Высокая теплоаккумулирующая способность котла. Ограничение частоты стартов горелки. Уменьшение теплопотерь.....    | 9    |
| Оптимальная толщина изоляции корпуса котла. Минимальные потери в окружающую среду .....                            | 10   |
| Водогрейные низкотемпературные котельные. Vitomax 200, 2100-15000 кВт .....  | 12   |
| Водогрейные низкотемпературные котельные. Vitomax 300, 1860-5900 кВт .....   | 13   |
| Многослойные поверхности нагрева. Регулирование по температуре наружного воздуха .....                             | 14   |
| Низкотемпературные водогрейные котельные. Подбор количества котлов. Отопительные и технологические котельные.....  | 15   |
| Конденсационная техника в газовых водогрейных котельных Vitomax. Экономайзеры Vitotrans 333 .....                  | 16   |
| Низкотемпературные водогрейные котельные. Vitomax 200 WS, 1745-11630 кВт.....                                      | 18   |
| Низкотемпературные водогрейные котельные. Теплично-овощеводческая отрасль. Vitomax 200 WS .....                    | 19   |
| Теплично-овощеводческая отрасль. Оптимальный водяной объем котла. Vitomax 200 WS.....                              | 20   |
| Высокотемпературные водогрейные котельные. Vitomax 200 HW, 375-14000 кВт .....                                     | 22   |
| Высокотемпературные водогрейные котельные. Оборудование и арматура котла. Vitomax 200 HW согласно TRD 604 .....    | 23   |
| Высокотемпературные водогрейные котельные. Оборудование и арматура котла. Рабочий процесс .....                    | 24   |
| Паровые котельные низкого давления. Vitomax 200 LS, 1745-11630 кВт. Vitoplex 100 LS, 170-1450 кВт .....            | 26   |
| Паровые котельные низкого давления. Оборудование и арматура котла. Избыточное давление до 0,7 бар.....             | 27   |
| Паровые котельные низкого давления. Оборудование и арматура котла. Рабочий процесс .....                           | 28   |
| Паровые котельные высокого давления. Vitomax 200 HS. Производительность 575-22000 т/час .....                      | 30   |
| Паровые котельные высокого давления. Оборудование и арматура котла. Двухпозиционное регулирование уровня воды .... | 31   |
| Паровые котельные высокого давления. Оборудование и арматура котла. Непрерывная и периодическая продувки котла.... | 32   |
| Паровые котельные высокого давления. Влияние качества питательной воды. Техничко-экономические показатели .....    | 33   |
| Паровые котельные высокого давления. Оборудование и арматура котла. Рабочий процесс .....                          | 34   |
| Паровые котельные высокого давления. Питательные насосы. Подбор производительности и количества котлов .....       | 35   |
| Паровые котельные высокого давления.   |      |
| Двухпозиционное регулирование уровня воды. 24-часовая эксплуатация без надзора .....                               | 36   |
| Паровые котельные высокого давления.   |      |
| Автоматическая непрерывная и периодическая продувки котла. 24-часовая эксплуатация без надзора .....               | 37   |
| Автоматическая непрерывная продувка парового котла. Влияние качества питательной воды.                             |      |
| Срок возврата капиталовложений .....   | 38   |
| Паровые котельные высокого давления. Плавное регулирование уровня воды. 24-часовая эксплуатация без надзора.....   | 39   |
| Паровые котельные высокого давления. Плавное регулирование уровня воды. 72-часовая эксплуатация без надзора.....   | 40   |
| Использование тепла уходящих газов в экономайзерах .....   | 41   |
| Паровые котельные высокого давления. Применение экономайзеров. Экономические показатели .....                      | 42   |
| Паровые котельные высокого давления. Специальные промышленные установки. Пароперегреватели .....                   | 43   |
| Паровые котельные высокого давления.   |      |
| Специальные промышленные установки. Совместное производство электрической и тепловой энергии .....                 | 44   |
| Мини-ТЭЦ Vitobloc. Диапазон электрической мощности 34-330 кВт <sub>el</sub> .....                                  | 45   |
| Академия фирмы Viessmann. Технические консультации. Заводское обслуживание .....                                   | 46   |
| Действующие инструкции. Процедура сдачи объекта .....  | 47   |
| Завод в Миттенвальде по производству котлов серии Vitomax .....  | 48   |

# От автора Факты Отзывы

## Уважаемые Друзья!

С удовольствием представляем очередное издание методических рекомендаций, из которых вы узнаете о конструктивных особенностях и процессе изготовления котлов серии Vitomax.

В материалах справочника приведено также описание оборудования и технологических процессов для водогрейных и паровых котельных низких и высоких параметров. Общая мощность установленных в Польше котлов Turbomat и Vitomax уже превысила 2,0 ГВт. Такой ошеломительный успех и приобретенный опыт обязывают нас к очередной публикации справочника.

Мы хорошо понимаем, что проблем и вопросов в этой области техники очень много. Поэтому мы хотим приблизить и передать потребителю основную информацию, касающуюся не только конструкции котлов, но и направлений их развития.

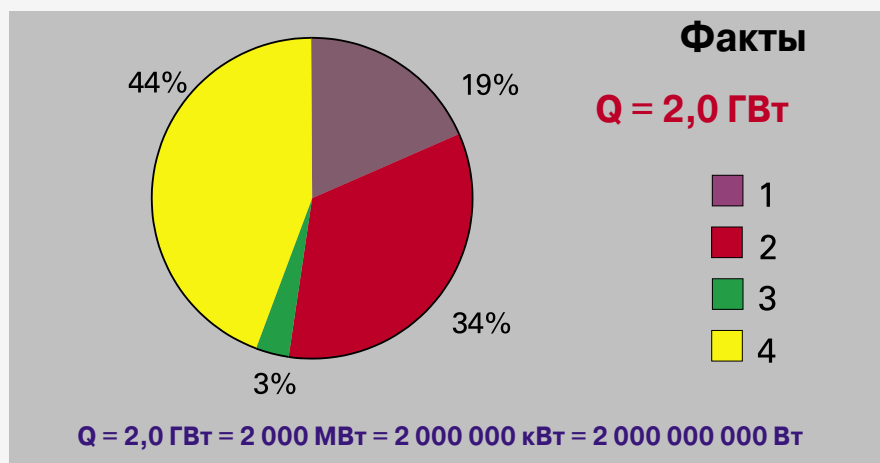
Надеемся, что в данном справочнике каждый заинтересованный найдет нужные для себя сведения.

Мы убеждены, что представленной тематикой заинтересуются не только заказчики и исполнители, — она будет исключительно полезной для проектировщиков при выборе оборудования и технологической схемы котельной.

Хочу выразить сердечную благодарность всем причастным к нашему общему огромному успеху. Благодаря широкому и эффективному сотрудничеству в области модернизации и строительства разного рода отопительных и технологических котельных на базе котлов серии Turbomat / Vitomax, было создано множество современных объектов.

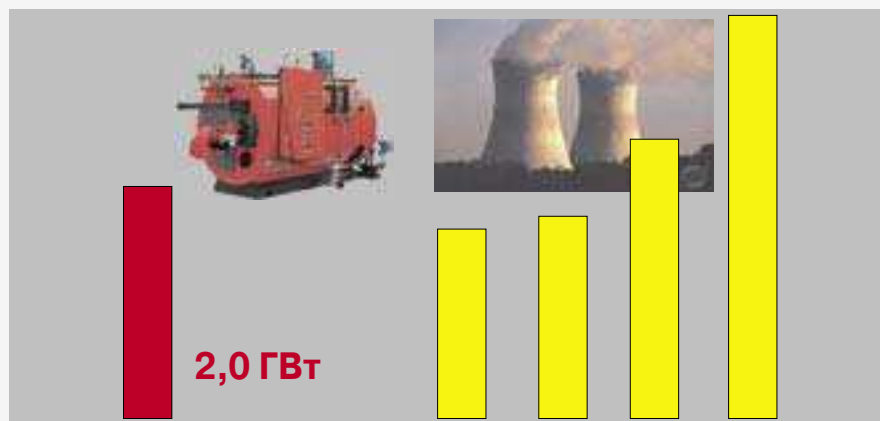
## Факты. Отзывы

Сегодня очень сложно составить полный перечень объектов, на которых установлены котлы Turbomat / Vitomax, так как количество их растет с каждым днем. В Польше практически уже не осталось отраслей экономики или общественных объектов и т. п., где бы не работали



**Общая мощность котлов серии Turbomat-Vitomax, установленных в Польше по состоянию на 31.07.2002**

- 1 – Котлы водогрейные низкотемпературные .....  $t_z < 100^\circ\text{C}$
- 2 – Котлы водогрейные высокотемпературные .....  $t_z > 100^\circ\text{C}$
- 3 – Котлы паровые низкого давления .....  $p_r < 0,7$  бар
- 4 – Котлы паровые высокого давления .....  $p_r > 0,7$  бар



**Сравнение суммарной мощности установленных котлов серии Turbomat-Vitomax с электрической мощностью некоторых польских электростанций по состоянию на 31.07.2002**

котлы Turbomat или Vitomax. В подтверждение сказанного приводим диаграмму, которая иллюстрирует общую мощность работающих на территории Польши котлов Turbomat и Vitomax, включая паровые котлы низкого давления.

Из сказанного следует, что установленная тепловая мощность достигла 2,0 ГВт. При соотношении с показателями промышленной энергетики видим, что этот уровень мощности можно сравнивать с электрической мощностью генераторов некоторых электростанций Польши. Этот небольшой анализ показывает, что установленные котлы Turbomat

или Vitomax имеют стратегическое значение в масштабе страны. Поэтому становятся все более значимыми такие факторы как КПД котлов, экологичность, надежность, сервисное обеспечение и ряд других.

Не только сотрудники нашей фирмы понимают необходимость использования современного технического оборудования. Мы хорошо осознаем также важность создания базы для обслуживания клиентов и технических консультаций. При этом особое значение имеет уровень развития заводского обслуживания нашей фирмы и сотрудничество с монтажными организациями.

# Turbomat – традиции и развитие Vitomax – современность и прогресс

## У истоков производства

История производства котлов серии Turbomat восходит к началу 60-х годов прошлого столетия. Разработкой их конструкции и изготовлением занимались на предприятиях Viessmann в Баттенберге. Уже тогда котлы были признаны современными и экологичными. Трехходовая схема циркуляции продуктов сгорания, использованная в них, в то время применялась только для промышленных котлов. Первым вариантом был котел Turbomat, в котором предусматривалась возможность монтажа проточного подогревателя в верхней зоне водяной камеры. Через нескольких лет началось производство трехходовых водогрейных и паровых котлов Turbomat-L. В них использовались плоские жаровые трубы и другие уникальные разработки, ставшие самостоятельными объектами патентов.

## Следующие 40 лет развития

Созданные с учетом многолетнего опыта, котлы серии Turbomat изготавливались на заводах в Миттенвальде до конца 2001 года. На рынке они считаются новейшими конструкциями. Самое убедительное подтверждение их признания — многочисленные инвестиции в объекты, реализованные и функционирующие с котлами серии Turbomat. Как и в прошлом, фирма Viessmann идет в ногу с постоянно возрастающими требованиями рынка, обогащая свой ассортимент котлами мощностью до 15 МВт и избыточным рабочим давлением до 30 бар. Результатом всех начинаний стало появление современной, исключительно прочной, экономичной и экологичной конструкции котлов Turbomat.

## Выполненное обещание – Vitomax

Во время публикации в 2000 г. методических рекомендаций №11 — «Отопительные и технологические котельные», — мы пообещали, что дальнейшее усовершенствование конструкции котлов Turbomat будет вестись быстрыми темпами. Через год на франкфуртской выставке-ярмарке ISH 2001 состоялась презентация очередного поколения водогрейных и паровых котлов под названием Vitomax. С ними и приглашает ознакомиться данный справочник специалиста. Учитывая нашу цель — стремление к совершенству конструкции котлов Vitomax, — мы снова обязуемся не снижать темпа работ.



**Turbomat – водогрейный/паровой котел 140-4652 кВт**

Одна из первых конструкций фирмы Viessmann, разработанная в рамках программы производства котлов Turbomat

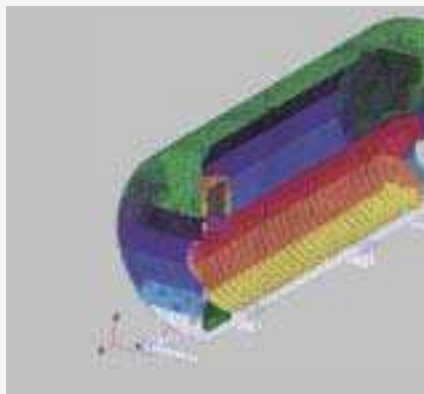


**Turbomat-L – водогрейный /паровой котел 1869-9300 кВт**

Новаторское решение жаровых труб третьего хода



**Turbomat-RN-HW – водогрейная котельная 6 x 10 МВт**



## Метод конечных разностей

Примерные исходные данные для расчета термической нагрузки котла



## Котел Vitomax

Современные водогрейные и паровые котлы Viessmann в диапазоне мощности 0,375-15 МВт при избыточном давлении до 30 бар

# Номенклатура котлов средней и большой мощности серии Vitomax

## Vitomax 200

### Водогрейные низкотемпературные котлы

Мощность 2100-15000 кВт  
Температура теплоносителя  $t_z < 115^\circ\text{C}$   
Рабочее избыточное давление  $p_r = 6; 10$  бар



## Vitomax 300

### Водогрейные низкотемпературные котлы

Мощность 1860-5900 кВт  
Температура теплоносителя  $t_z < 115^\circ\text{C}$   
Рабочее избыточное давление  $p_r = 6$  бар



## Vitomax 200 WS (LS)

### Водогрейные низкотемпературные котлы (WS)

Мощность 1745-11630 кВт  
Температура теплоносителя  $t_z < 115^\circ\text{C}$   
Рабочее избыточное давление  $p_r = 3$  бар

### Паровые котлы низкого давления (LS)

Производительность  $q = 2405-16040$  кг/час  
Рабочее избыточное давление  $p_r < 0,7$  бар



## Vitomax 200 HW

### Водогрейные высокотемпературные котлы

Мощность 375-14000 кВт  
Температура теплоносителя  $t_z > 115^\circ\text{C}$   
Рабочее избыточное давление  $p_r = 6,5-30$  бар



## Vitomax 200 HS

### Паровые котлы высокого давления

Мощность 375-14500 кВт  
Допустимое избыточное давление  $p_d = 6-30$  бар  
Производительность  $q = 575-22000$  кг/час



# Экологичность – прежде всего Трехходовая конструкция котлов Vitomax

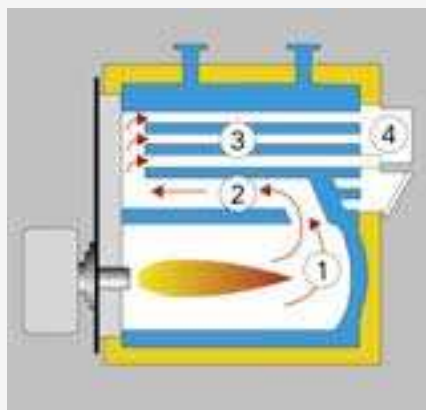
## Газоходы

### Снижение образования $NO_x$

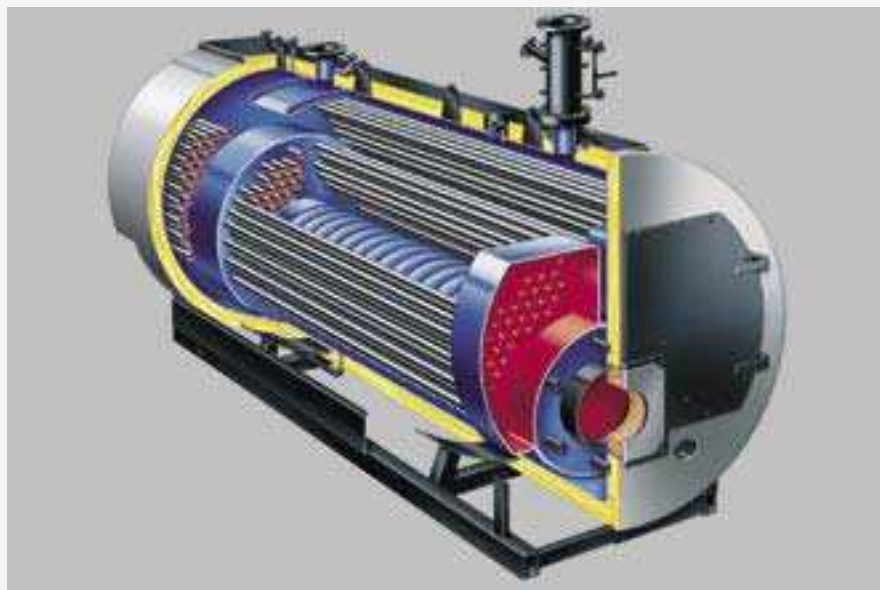
Одним из важнейших факторов, которые необходимо учитывать при выборе оборудования, являются малые выбросы вредных веществ. К ним относятся оксиды азота  $NO_x$ , эмиссия которых регулируется многочисленными нормативами. С наращиванием темпов научно-технического прогресса эти требования будут ужесточаться. Поэтому заказчики должны предъявлять конкретные требования к предложенной продукции. Идя навстречу пожеланиям потребителей, приводим описание трехходовой конструкции, которую использует фирма Viessmann. Сначала объясним, что собой представляет газоход котла. **Это устройство для прохождения потока уходящих газов в одном направлении, во время которого тепло от этих газов передается теплоносителю (котловой воде).** Иными словами, это охлаждаемый канал для уходящих газов.

## Трехходовая конструкция

Конструкция такого типа изображена ниже на разрезе и на рисунке водогрейного котла Viessmann — Vitomax 200 HW. На разрезе четко выделены три независимых газохода для движения уходящих газов. Первый газоход — цилиндрическая камера сгорания (поз. 1), расположенная в нижней части котла и окруженная широкой водяной рубашкой. Продукты сгорания, возникающие в процессе работы горелки, перемещаются по жаровой цилиндрической трубе к задней части камеры сгорания и далее к жаровым трубам (поз. 2) второго газохода котлового блока. После возврата уходящих газов в переднюю часть



Разрез трехходового котла



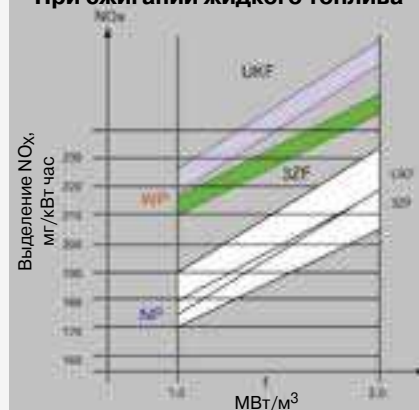
Vitomax 200 HW – пример конструкции трехходового котла

котла вновь меняется направление их потока. По жаровым трубам (поз. 3) третьего хода они движутся к камере сбора продуктов сгорания котла (поз. 4). Для котлов такой базовой конструкции характерны высокий среднегодовой КПД и низкое содержание токсичных веществ в уходящих газах. Такие котлы можно применять всюду, где предъявляются жесткие требования к охране окружающей среды. Кроме того, преимуществом трехходовой конструкции является сокращение времени пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур, а это способствует снижению эмиссии оксидов азота.

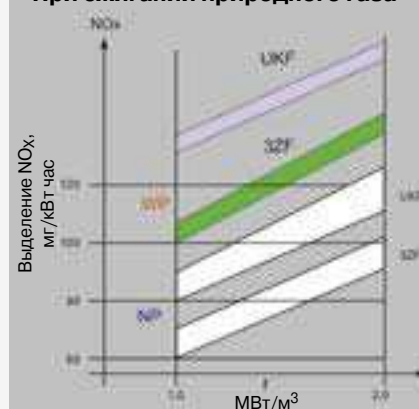
## Тепловое напряжение камеры сгорания

Следующим фактором, который влияет на эмиссию оксидов азота, является тепловое напряжение камеры сгорания. Для котлов Vitomax оно составляет меньше  $1,3 \text{ МВт/м}^3$  и даже ниже  $1,0 \text{ МВт/м}^3$  — в котлах Vitomax 200 WS (LS). Экспериментальная зависимость между эмиссией  $NO_x$  и тепловым напряжением камеры сгорания, определенная на основании измерений и данных производителей горелок, представлена на двух рисунках. Как видим, эмиссия  $NO_x$  уменьшается прямо пропорционально тепловому напряжению камеры сгорания и значительно ниже в котлах трехходовых конструкций. Необходимо подчеркнуть, что на уровень эмиссии токсичных веществ в продуктах сгорания большое влияние имеет также конструкция горелки.

## При сжигании жидкого топлива



## При сжигании природного газа



WP – котлы высоких параметров  
NP – котлы низких параметров  
UKF – двухходовой котел  
3ZF – трехходовой котел

**Образование  $NO_x$  в зависимости от теплового напряжения камеры сгорания и конструкции котла для жидкого топлива и природного газа**

# Широкая водная рубашка

## Высокая теплоаккумулирующая способность

### Оптимальная температура уходящих газов

**Широкая водная рубашка**  
**Высокая теплоаккумулирующая способность котла**  
**Ограничение частоты стартов горелки**

В котлах средней и большой мощности очень важную роль играет собственная теплоаккумулирующая способность. Она имеет большое значение для систем с большим водяным объемом (модернизируемые объекты, объекты с изменяющейся потребностью в технологическом тепле, паре и т. п.) и в отраслях, где отмечается значительная динамика изменения внешних параметров, например в тепличном хозяйстве.

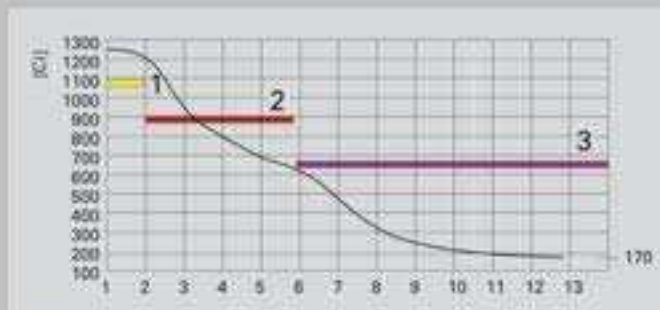
Котлы серии Vitomax характеризуются увеличенным водяным объемом. Для низкотемпературных котлов этот параметр находится в пределах 1,51-3,50 л/кВт, для котлов высоких параметров — в пределах 2,63-4,54 л/кВт.

Эта характеристика вместе с естественной циркуляцией воды в котле способствуют увеличению аккумулирующей способности. В связи с этим значительно уменьшается частота стартов горелки, что способствует дальнейшему снижению эмиссии загрязнений (CO и NO<sub>x</sub>) и повышает КПД котла.

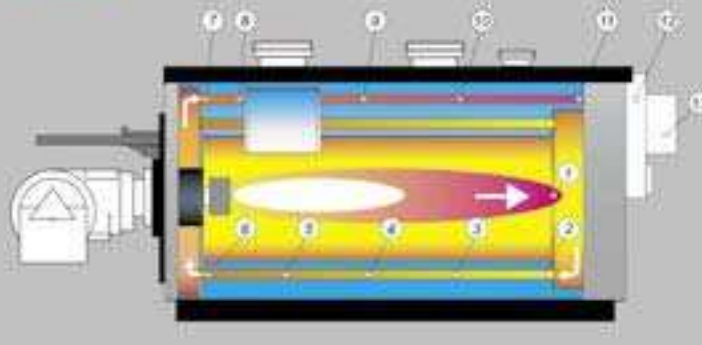
Распределение температуры в газоходах котлоагрегата непосредственно влияет на передачу тепла водяной оболочке и на образование оксидов азота. Для дальнейшего уменьшения NO<sub>x</sub> можно использовать внешнюю рециркуляцию уходящих газов ARF. В этом случае существует возможность выполнения специального возвратного газохода, встроенного в конструкцию котла.

Температура уходящих газов в котле Vitomax 200, в конечной зоне камеры сгорания (первый газоход) не превышает 1300°C. Во внутреннем пространстве жаровых труб (второй и третий газоходы) наблюдаем резкое падение температуры продуктов сгорания. Это свидетельствует об их интенсивном охлаждении, что способствует сокращению времени пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур и уменьшению, таким образом, эмиссии NO<sub>x</sub>. Одновременно такой эффективный отбор тепла гарантирует высокий КПД котла.

Распределение температуры уходящих газов в отдельных газоходах котла Vitomax 200



1 Камера сгорания (1-й газоход)  
 2 Жаровые трубы (2-й газоход)  
 3 Жаровые трубы (3-й газоход)

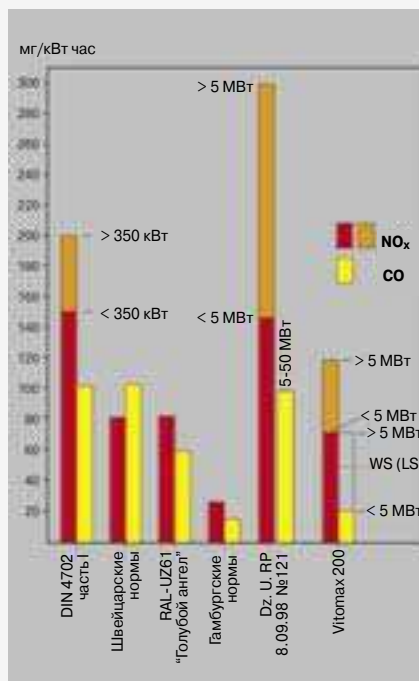


Примерное распределение температуры в отдельных газоходах трехходового котла серии Vitomax 200

Кроме того, отсутствуют локальные зоны повышенных температур.

Приведенные здесь и на предыдущих страницах факторы обеспечивают безопасную, экономную и экологичную эксплуатацию котлов Vitomax в любых условиях.

Примером, подтверждающим факт снижения образования CO и NO<sub>x</sub> в продуктах сгорания, являются усредненные результаты, полученные во время замеров при сжигании природного газа.



Усредненные результаты измерения эмиссии CO и NO<sub>x</sub> в котлах серии Vitomax при сжигании природного газа

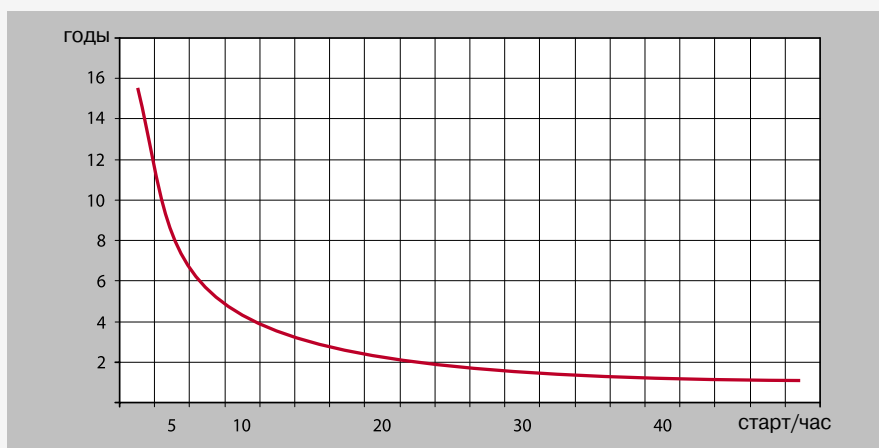


# Высокая теплоаккумулирующая способность котла Ограничение частоты стартов горелки Уменьшение теплотерь

От теплоаккумулирующей способности котла непосредственно зависит частота стартов горелки: с повышением теплоаккумулирующей способности частота стартов уменьшается, что, в свою очередь, влияет на:

- долговечность оборудования,
- концентрацию вредных веществ в уходящих газах,
- среднегодовой КПД котла.

Для количественной и качественной оценки влияния частоты стартов системы "котел-горелка" предлагаем ознакомиться с приведенной рядом шкалой.



**Долговечность работы горелки в зависимости от количества стартов на протяжении часа**

## Долговечность горелки

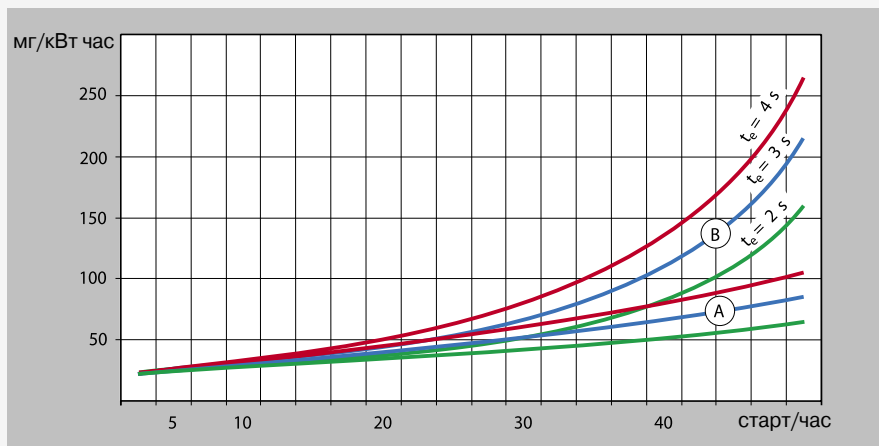
На графике проиллюстрирована зависимость долговечности горелки от частоты ее стартов в течение часа. Гиперболическое изображение этой связи свидетельствует о значительном ускорении износа оборудования с увеличением частоты включений.

## Эмиссия CO

При условии стабильности работы горелки эмиссия оксида углерода должна быть значительно ниже допустимого предельного нормативного значения. Исключением является фаза запуска. Для наглядности достаточно произвести простые расчеты средней эмиссии CO в зависимости от количества стартов горелки для следующих параметров:

1. Стабилизированная эмиссия CO 20 мг/кВт час
2. Стартовая эмиссия CO 1000 мг/кВт час
3. Продолжительность стартовой эмиссии  $t_e$  ( $t_e = 2, 3, 4$  с)
4. Общая продолжительность перерыва и продувки  $t_d$ ,  $t_b$  ( $t_d = 30$  с,  $t_b = 60$  с)

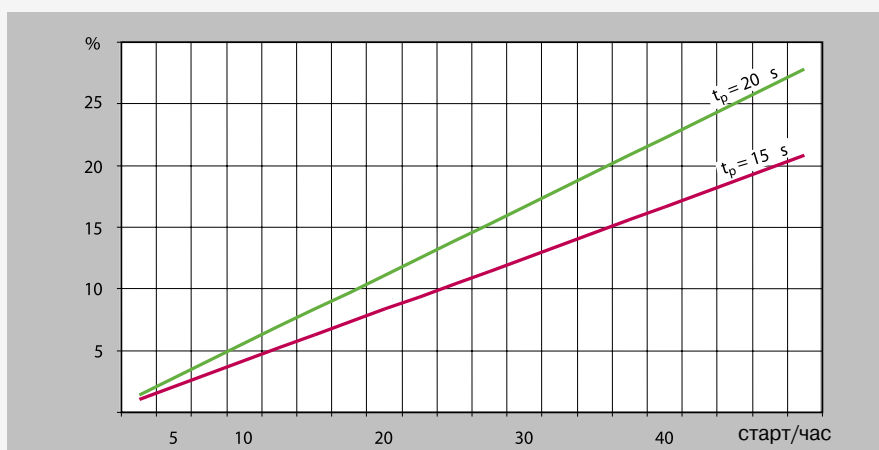
Как видим из графика, средний уровень задекларированной эмиссии CO может многократно возрасти, если не будет поддерживаться стабильный режим работы горелки. При частых ее включениях существует большая вероятность, что нарушится соответствие нормативам эксплуатации.



**Усредненная эмиссия CO в зависимости от количества стартов горелки на протяжении часа и продолжительности старта  $t_e$**

## Среднегодовой КПД системы

Старт горелки начинается с продувки котла, во время которой значительно возрастают теплотери. Они прямо пропорциональны продолжительности



**Доля продувки в общем времени работы вентиляционной горелки в зависимости от продолжительности продувки  $t_p$  и количества стартов горелки на протяжении часа**

этого цикла и частоте его повторений. Суммарное время (в процентах) продувки на протяжении часа иллюстрирует график. Полученные значения наглядно показывают возможность

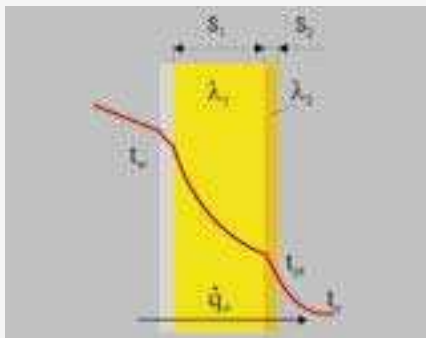
значительного снижения среднегодового КПД котельной, что можно точно определить на основании измерительно-расчетной процедуры.

# Оптимальная толщина изоляции корпуса котла

## Минимальные потери в режиме ожидания

### Теплопотери в окружающую среду с наружной поверхности котла

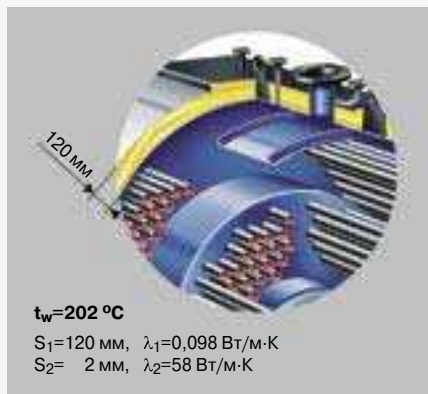
Одной из особенностей конструкции котла, на которую следует обратить внимание, — это его тепловые потери в окружающую среду (в режиме ожидания).



### Теплопотери с наружной поверхности котла

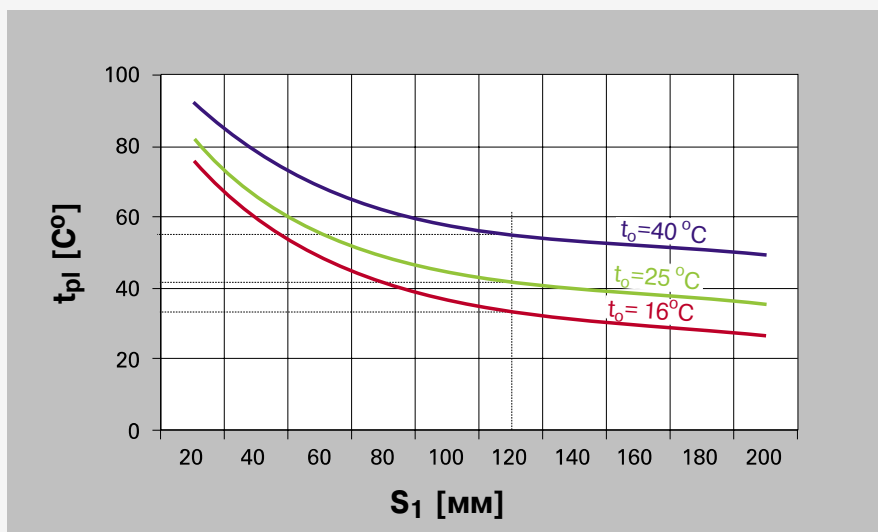
На величину потерь тепла влияет и эффективность изоляции корпуса котла.

В этом случае большое значение приобретают такие параметры, как коэффициент теплопроводности  $\lambda_1$  [Вт/м·К] и толщина изоляции  $S_1$  [мм]. Изоляцией корпуса в любых условиях окружающей среды должна удовлетворять условиям стагнации, то есть достигать такой эффективности, что температура поверхности облицовки котла  $t_{pl}$  не будет ощутимо понижаться при дальнейшем увеличении толщины изоляционного материала.



### Исходные данные для дальнейшего анализа

Для определения эффективности изоляции можно произвести расчеты и проверить их на практике. На рисунке выше представлены примерные величины температуры облицовки котла  $t_{pl}$  при разных условиях окружающей среды для парового котла Vitomax 200



### Примерное распределение температуры на внешней поверхности котла

16 бар, проверенные на практике. Как видно из графика, при толщине изоляции  $S_1 = 120$  мм происходит стагнация температуры облицовки котла  $t_{pl}$  в большом диапазоне температур окружающей среды  $t_0 = (16-40)^\circ\text{C}$ .

Увеличение толщины изоляции сверх 120 мм совершенно не эффективно, потому что ее влияние на понижение температуры облицовки котла  $t_{pl}$  будет незначительным. В проанализированном случае тепловые потери в окружающую среду составляют 0,3% и являются самыми низкими из всех решений, предлагаемых на рынке.

Заслуживает внимания тот факт, что в случае длительного простоя котла (редкие периоды работы горелки) может возрасти температура внешней среды  $t_0$ . Если воздух для сгорания топлива забирается из помещения котельной, то происходит воздухообмен, — и температура внешней среды не повышается. В суммарном балансе необходимо учитывать и то, что значительная часть тепла поступает в окружающую среду от газоходов котла. Поэтому реальные тепловые потери будут меньшими.

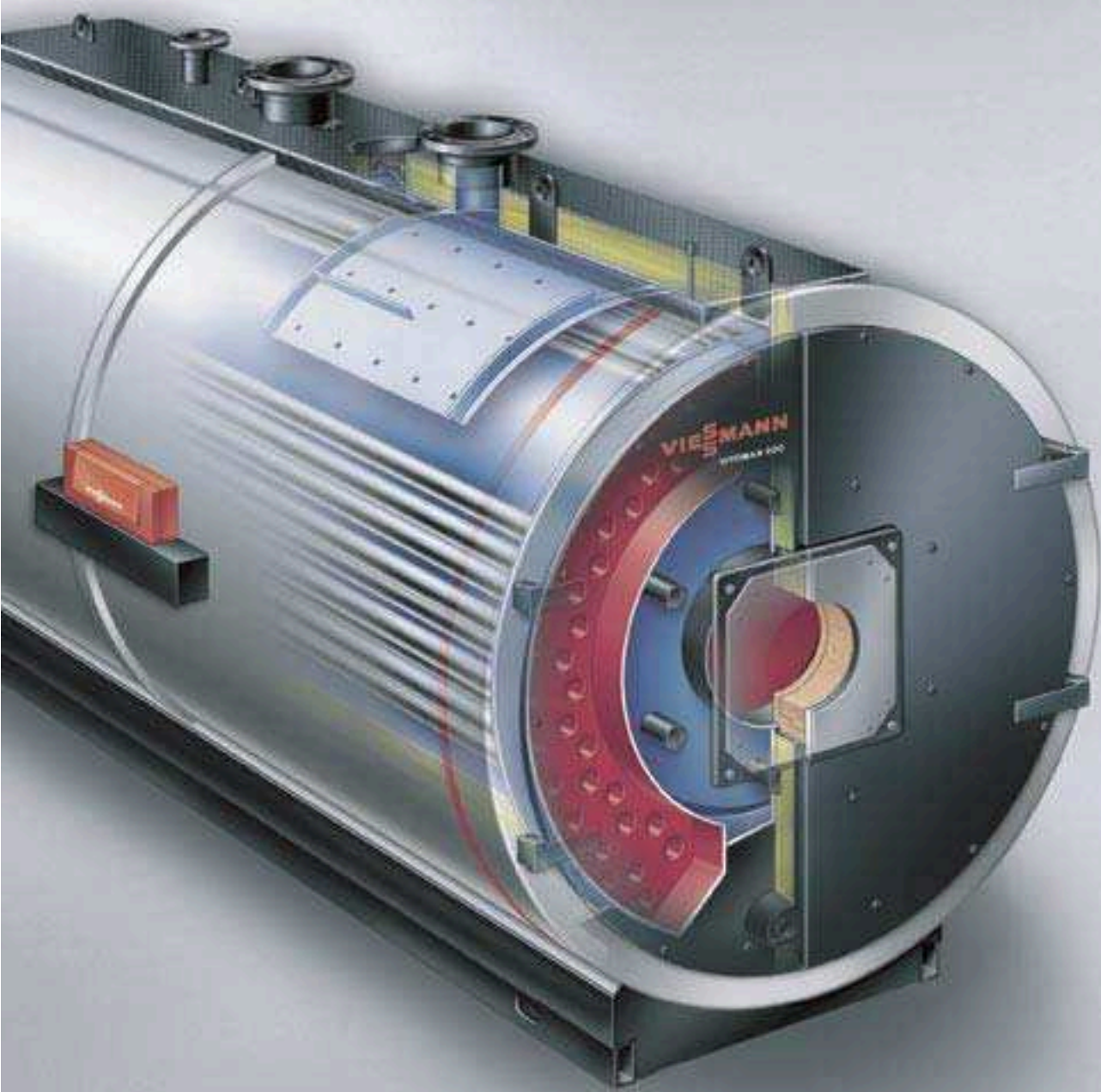
Чтобы предотвратить повышение температуры в помещении котельной за счет теплопотерь котла, необходимо подобрать такое количество котлов соответствующей производительности, чтобы не возникали слишком длительные перерывы в работе горелки. В противном случае для обеспечения нормативных условий в котельной необходимо применить приточно-вытяжную вентиляцию.

Такое решение необходимо предусматривать и тогда, когда воздух для сгорания забирается вентилятором горелки извне помещения котельной. В настоящее время нет нормативов, касающихся допустимых потерь тепла и температуры внешней поверхности котла.

В этой сфере в Польше действует пока только Распоряжение министра горной промышленности и энергетики от 09.05.1970 в части Правил безопасности и охраны труда, обязательных для энергетических предприятий и предприятий, на которых используется энергетическое оборудование (Dz. U. №14 поз. 125 от 1970 и №12 от 1974, поз. 72, разд. 2 §7). (Dz. U. — Правительственный вестник). Устройства (котлы) должны иметь такую термическую изоляцию, чтобы их внешняя температура  $t_{pl}$  в легкодоступных местах не превышала  $60^\circ\text{C}$ . При использовании котлов серии Vitomax это условие будет всегда соблюдаться в широком диапазоне температур помещения котельной.

Толщина изоляции  $S_1 = 120$  мм превышает общепринятые стандарты и, как показывают расчеты и измерения на работающих объектах, гарантирует минимальные потери при простое котла и безопасный температурный режим на его внешней оболочке.

Необходимо напомнить, что для дополнительного уменьшения тепловых потерь в окружающую среду в котлах Vitomax также используется охлаждение передней стенки котла водой.



# Водогрейные низкотемпературные котельные Vitomax 200, 2100-15000 кВт



Vitomax 200

## Водогрейные низкотемпературные котлы

Мощность **2100-15000 кВт**  
 Температура теплоносителя  $t_z < 115^\circ\text{C}$   
 Избыточное рабочее давление  $p_r = 6; 10$  бар  
 Мин. температура обратной воды:  
 - при сжигании газа  $t_{pmin} = 55^\circ\text{C}$   
 - при сжигании жидкого топлива  $t_{pmin} = 50^\circ\text{C}$   
 Нижняя температура котловой воды:  
 - сжигание газа и жидкого топлива  $t_{kmin} = 70^\circ\text{C}$   
 Стандартный КПД при параметрах теплоносителя 75/60°C  $\eta_k = 94\%$   
 с экономайзером  $\eta_{k+e} = 104\%$   
 Тепловое напряжение камеры сгорания:  
 - при номинальной нагрузке  $\Phi_k < 1,30$  МВт/м<sup>3</sup>

■ **Трехходовой водогрейный котел** характеризуется большим объемом воды и низким гидравлическим сопротивлением благодаря значительному расстоянию между дымогарными трубами.

■ **Высокая теплоаккумулирующая способность** и повышенная эффективность внешней изоляции (толщиной 120 мм) позволяет рекомендовать котел для любых отопительных и технологических систем.

■ **Приспособлен** также для реконструкции котельных, работающих на системы отопления с большим объемом воды (реконструируемые системы).

■ **Отсутствует требование минимального расхода воды через котел.** Возможность использования простой и надежной гидравлической схемы.

■ **Незначительная эмиссия вредных выбросов** благодаря трехходовой конструкции и малому тепловому напряжению камеры сгорания. Предусмотрена возмож-

ность устройства системы возврата уходящих газов ARF для дальнейшего понижения образования окислов азота.

■ **Экономия топлива** (газа, жидкого топлива) достигается благодаря высокому стандартному КПД порядка 94-95% с возможностью его повышения до 104% при использовании скрытого тепла водяных паров, содержащихся в уходящих газах. Фирма Viessmann предлагает к котлам Vitomax 200 ряд конденсационных теплообменников (экономайзеров) серии Vitotrans 333 из нержавеющей стали.



Vitomax 200, 2100-15000 кВт

■ Многообразие комплектующих и удобное обслуживание:

- площадки обслуживания: основные, входящие в объем поставки котла, и дополнительные, поставляемые за отдельную плату;
- современная конструкция дверцы с легким доступом к камере сгорания и газоходам котла;
- охлаждение передней и задней камер поворота уходящих газов;
- эффективная изоляция дверцы при низкой собственной теплоаккумулирующей способности;
- консоль для монтажа горелки (по заказу) до 7000 кВт;
- устойчивость к низкотемпературной коррозии благодаря жаровым трубам Duplex в третьем газоходе;
- различные варианты автоматики и оборудования (шкафы управления, регуляторы Vitotronic).



# Водогрейные низкотемпературные котельные Vitomax 300, 1860-5900 кВт



## Водогрейные низкотемпературные котлы

Мощность: 1860-5900 кВт

Температура теплоносителя  $t_z < 115^\circ\text{C}$

Избыточное рабочее давление  $p_r = 6 \text{ бар}$

Мин. температура обратной воды:

- при сжигании газа  $t_{p\text{min}} = 45-53^\circ\text{C}$

- при сжигании жидкого топлива  $t_{p\text{min}} = 38-53^\circ\text{C}$

Нижняя температура котловой воды:

- при сжигании газа  $t_{k\text{min}} = 60-65^\circ\text{C}$

- при сжигании жидкого топлива  $t_{k\text{min}} = 50-60^\circ\text{C}$

Стандартный КПД при параметрах теплоносителя 75/60°C  $\eta_k = 95\%$

с экономайзером  $\eta_{k\text{те}} = 105\%$

Тепловое напряжение камеры сгорания:

- при номинальной нагрузке  $\Phi_k < 1,20 \text{ МВт/м}^3$

■ **Трехходовой водогрейный котел** характеризуется большим водяным объемом и низким гидравлическим сопротивлением благодаря увеличенному расстоянию между дымогарными трубами.

■ **Высокая теплоаккумулирующая способность** и повышенная эф-

фективность внешней изоляции (толщиной 120 мм) позволяет рекомендовать котел для любых отопительных и технологических схем.

■ **Приспособлен для реконструкции** котельных, работающих на системы отопления с большим объемом воды.

■ **Экономия топлива** (газа, жидкого топлива) достигается благодаря высокому стандартному КПД порядка 95% с возможностью его повышения до 105% при использовании скрытого тепла водяных паров, содержащихся в уходящих газах. К котлам Vitomax 300 фирма Viessmann предлагает ряд конденсационных теплообменников (экономайзеров) из нержавеющей стали.

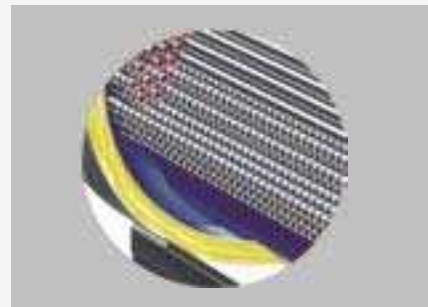
■ **Отсутствует требование** минимального расхода воды через котел. Возможность использования про-

стой и надежной гидравлической системы.

■ **Незначительная эмиссия вредных выбросов** благодаря трехходовой конструкции и малому тепловому напряжению камеры сгорания.



Vitomax 300, 1860-5900 кВт



**Дымогарные трубы Duplex в третьем газоходе котла Vitomax 300**

**Дополнительные преимущества котла благодаря дымогарной трубе Duplex:**

- экономичность благодаря широкому диапазону регулировки по температуре наружного воздуха (допустимы самые низкие температуры обратной воды);
- исключительная стойкость к низкотемпературной коррозии — очень важное свойство при работе с системой большого водяного объема;
- особенно рекомендуется для систем отопления.

■ **Многообразие комплектующих** и удобное обслуживание:

- площадки обслуживания: основные, которые входят в объем поставки котла, и дополнительные, поставляемые за отдельную плату;
- современная конструкция дверцы с легким доступом к камере и газоходам котла;
- охлаждение передней и задней камер поворота уходящих газов;
- консоль для монтажа горелки (по заказу) до 5900 кВт.



# Многослойные поверхности нагрева Регулирование по температуре наружного воздуха

## Теплопередача в многослойных поверхностях нагрева

Эффективность работы системы отопления с источником тепла в значительной степени зависит от конструкции самого источника. Если котел работает в системе центрального отопления, — очень важно, чтобы он управлялся по температуре наружного воздуха с возможностью плавного понижения температуры теплоносителя на входе в котел. Для этого конструкторы фирмы Viessmann разработали ряд решений (запатентованных), базирующихся на многослойных поверхностях нагрева. К ним относятся: дымогарные трубы Triplex и камеры сгорания Biferral и Triferral. В котлах Vitomax 300 используются трубы типа Duplex, установленные в третьем газоходе.

Благодаря их свойствам можно удерживать низкие температуры котловой и обратной воды, не опасаясь конденсации водяного пара из уходящих газов. Подтверждением целесообразности использования труб Duplex является сравнительный анализ работы котлов Vitomax 200 и Vitomax 300 в системе с плавно понижающейся температурой котловой воды.

Диапазоны погодного регулирования котлов представлены на графиках нагрева и на упорядоченных графиках наружной температуры.

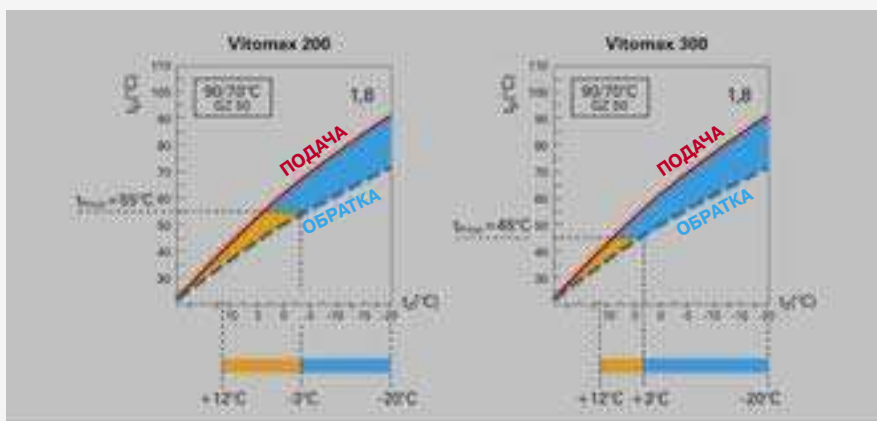
При упорядоченном графике наружной температуры было определено количество дней работы котла в режиме погодного регулирования и количество дней, в течение которых требовалось повышать температуру обратной воды.

Анализ представлен для рабочих параметров 90/70°C (кривая 1,8) при сжигании природного газа.

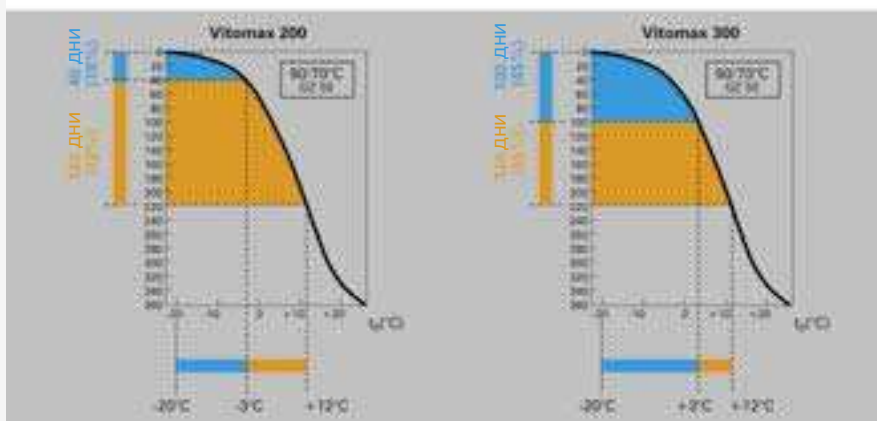
Для котла Vitomax 200 температура обратной воды достигнет минимального значения  $t_{pmin} = 55^\circ\text{C}$  уже при наружной температуре  $t_z = -3^\circ\text{C}$ . В пределах  $t_z$  от  $-3^\circ\text{C}$  до  $12^\circ\text{C}$  температуру обратной воды надо повышать.



**Специальная дымогарная труба Duplex**



**Примерный график температуры прямой и обратной воды – природный газ**

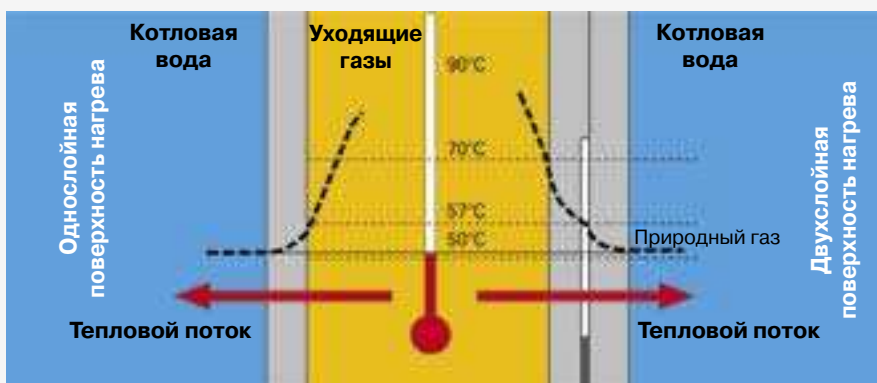


**Сравнение диапазона погодной регулировки Vitomax 200 и Vitomax 300**

Для сравнения: в котле Vitomax 300 условие  $t_{pmin} = 45^\circ\text{C}$  будет реализовываться в пределах  $t_z$  от  $3^\circ\text{C}$  до  $12^\circ\text{C}$ .

Как видно из результатов анализа, котел Vitomax 200 может работать с плавно понижающейся температурой котловой воды на протяжении 40 дней, Vitomax 300 — около 100 дней. Относительно принятой длительности отопительного периода (220 дней), доля погодного регулирования составит соответственно 18 и 45%.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что в системах, в которых котел должен работать с плавно понижающейся температурой котловой воды, особенного внимания заслуживает наиболее новая разработка, каковой и является Vitomax 300. Соответственно Vitomax 200 не предназначен для работы с плавно понижающейся температурой котловой воды.



**Распределение температуры в многослойных поверхностях нагрева**

# Низкотемпературные водогрейные котельные

## Подбор количества котлов

### Отопительные и технологические котельные

#### Потребность в тепловой энергии

Первоочередной задачей, которую необходимо решить при строительстве или модернизации котельной, является определение потребности в тепловой энергии с учетом всех потребителей, таких как:

- центральное отопление;
- приготовление ГВ;
- вентиляция;
- кондиционирование;
- другие.

#### Системы отопления

Необходимое количество и тип водогрейных котлов (низкотемпературные, конденсационные или высокотемпературные) определяются в результате анализа отопительных графиков.

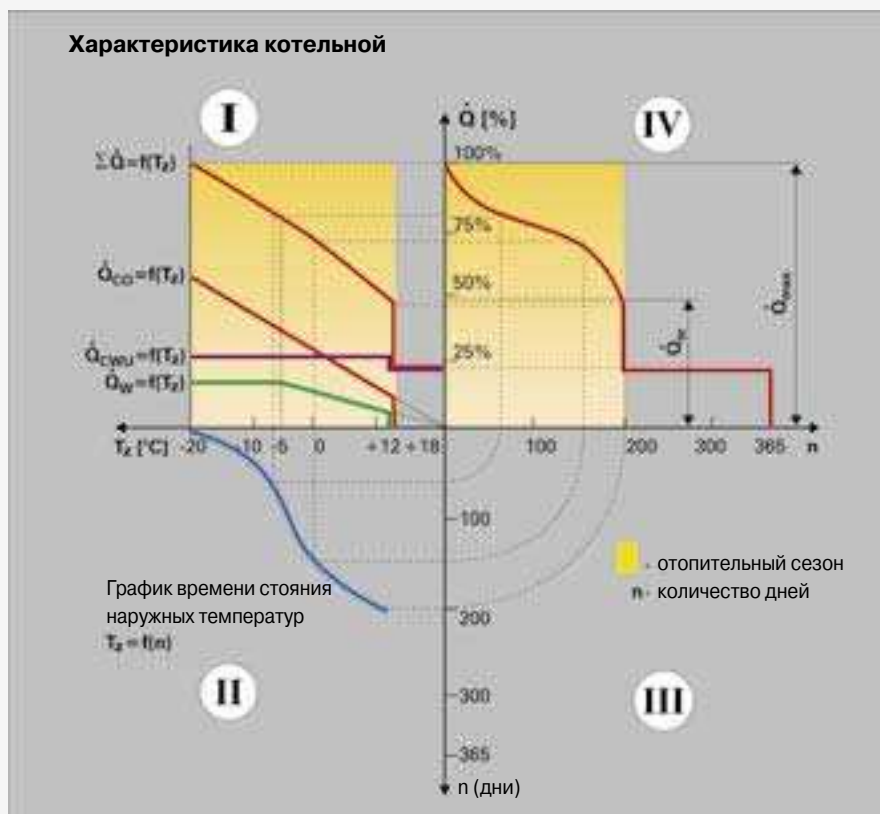
Если предполагается использовать котлы в системе теплоснабжения, следует определить характеристику годового потребления тепловой энергии, которая меняется в зависимости от внешней температуры  $T_z$ .

Определение общей потребности в тепловой энергии требует определения ее для каждого потребителя в отдельности. Этот процесс отражен на рисунке в I четверти. Полученные графики являются основанием для получения суммарного графика  $\Sigma \dot{Q} = f(T_z)$ , который следует соотнести с определенными климатическими условиями.

Во II четверти изображен график времени стояния в днях определенной наружной температуры  $T_z = f(n)$  (кривая "градусо-дней"). Эти данные можно получить от метеорологических служб по отдельным регионам.

Четверть III выполняет вспомогательную роль при составлении упорядоченного графика тепловой потребности  $\dot{Q} = f(n, T_z)$  [%] в IV четверти.

Этот график отображает потребность в тепловой энергии и ее изменение от минимального (в зоне положительных температур) до максимального  $\dot{Q}_{max}$  значения (в зоне отрицательных температур). Поле под графиком в IV четверти соответствует годовой тепловой потребности и может служить для определения потребности в топливе и среднего значения  $\dot{Q}_{sr}$ . На



#### Упорядоченный график потребности в тепловой энергии

практике эта величина находится на уровне:

$$\dot{Q}_{sr} = (0,45 - 0,50) \times \dot{Q}_{max}$$

#### Технологические системы

Для определения технологических потребностей необходимо проанализировать суточную тепловую потребность и на основании этого анализа создать упорядоченный суточный график потребности в теплоте для определенного объекта. На практике обобщения отсутствуют, поэтому для каждого предприятия необходимо выполнять индивидуальный детальный анализ.

- $\dot{Q}_w = f(T_z)$  – тепловая потребность для вентиляции;
- $\dot{Q}_{c.w.u.} = f(T_z)$  – тепловая потребность для приготовления ГВ;
- $\dot{Q}_{co.} = f(T_z)$  – тепловая потребность для ЦО;
- $\Sigma \dot{Q} = f(T_z)$  – суммарная тепловая потребность;
- $\dot{Q}_{sr}$  – средняя тепловая потребность;
- $\dot{Q}_{max}$  – максимальная тепловая потребность.

#### Другие условия

Принимая решение о необходимом количестве котлов, следует, кроме максимальной мощности, учитывать и ее изменение. Каждый очередной котел должен включаться в работу в пределах четкой точки изгиба графика  $\dot{Q} = f(n, T_z)$  [%]. Рекомендованное количество котлов — 2-4. Один котел можно использовать для обогрева квартир или частных домов.

В жилищном строительстве и для технологических потребностей в большинстве случаев используются два котла. Резервные устройства устанавливают на объектах с особыми условиями: в больницах, на предприятиях с непрерывным циклом производства и т. п.

Для правильного подбора котлов без превышения их оптимальных рабочих характеристик необходимо изучить зависимость их КПД от нагрузки.

Если у вас появились вопросы, связанные с подбором оптимального количества котлов, просим связаться с техническим отделом нашей фирмы.

# Конденсационная техника в газовых водогрейных котельных Vitomax Экономайзеры Vitotrans 333

## Использование скрытой теплоты парообразования

Основные физические принципы отбора тепла из продуктов сгорания детально представлены в специальной литературе.

КПД группы "котел-экономайзер" повышается благодаря двум факторам:

- **снижению потерь тепла с уходящими газами**
- в этом случае температура уходящих газов в среднем на 10-25°C превышает температуру обратной воды. Поэтому при температуре обратной воды в пределах 70-30°C можно рассчитывать на повышение КПД  $\Delta\eta_{e1}$  от 5 до 5,8%;
- использование скрытой теплоты парообразования. Эта фаза отбора тепла из продуктов сгорания осуществляется только тогда, когда температура обратной воды опустится ниже температуры точки росы, которая для продуктов сгорания природного газа составляет около 57°C. В таком случае, если температура обратной воды будет находиться в пределах от 50 до 30°C, можно рассчитывать на дополнительное повышение КПД  $\Delta\eta_{e2}$  от 4 до 10%.

Очевидно, что возможность повышения КПД в большой степени зависит от температуры обратной воды. Поэтому рекомендуем применять такие схемы

котельных, в которых достигается максимальное охлаждение экономайзера.

## Конструкция экономайзера Vitotrans 333

В связи с предполагаемой конденсацией водяного пара из уходящих газов, с целью безопасной и длительной эксплуатации экономайзера, его теплообменник изготовлен из нержавеющей стали типа 1.4571 или 1.4539.

## Технико-экономические показатели

Пример расчета окупаемости экономайзера за 10 лет эксплуатации выполнен при следующих исходных данных:

1. Мощность котла Vitomax 200 ..... 2, 1-6,6 МВт
2. Избыточное давление воды ..... 10 бар
3. Стоимость природного газа, нетто..... 0,85 зл/м<sup>3</sup> (1 зл ≈ 1,4 грн)
4. Теплотворная способность газа..... 9,6 кВт час/м<sup>3</sup>
5. КПД котла..... 92,0%
6. Прирост КПД.....  $\Delta\eta_e = 5$  и 10%
7. Ежегодное повышение цен на газ ..... 5% в год

Полученные результаты отображены на графике ниже. Расчетные значения уровня окупаемости экономайзера за десять лет эксплуатации находятся в пределах от 200 до 1600%. Например, для котла Vitomax 200 мощностью 6600 кВт при 4000 часов работы ежегодно уровень окупаемости экономайзера Vitotrans 333 за 10 лет эксплуатации составит:

- 400% при  $\Delta\eta_e = 5\%$  (точка А)
- 800% при  $\Delta\eta_e = 10\%$  (точка В)



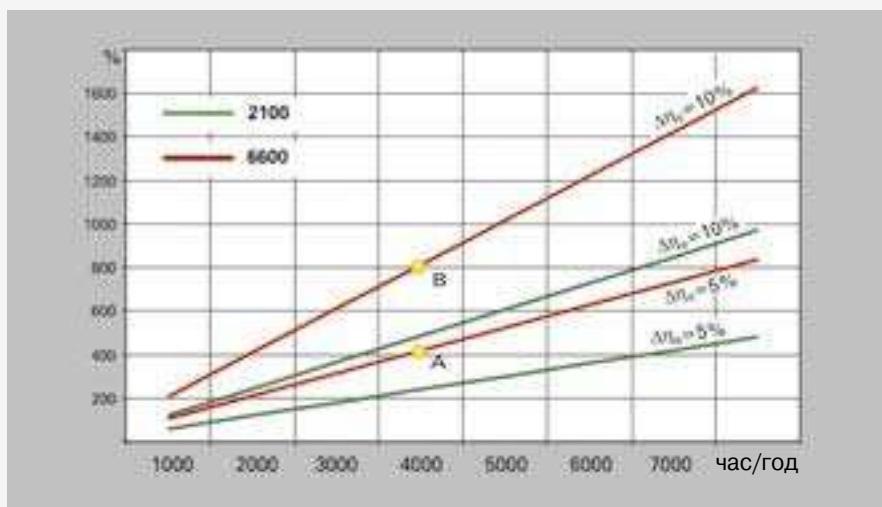
Водогрейный котел серии Vitomax 200, оснащенный экономайзером Vitotrans 333

Из графика видно, что установка экономайзера рентабельна в любом случае. Тем не менее, отмечается заметное влияние количества отработанных часов и прирост КПД  $\Delta\eta_e$  в зависимости от температуры теплоносителя.

Лиц, заинтересованных в детальном изучении вопроса, просим обращаться в Технический отдел фирмы.



Конденсационный экономайзер Vitotrans 333 для котлов мощностью 1860-6600 кВт



Уровень окупаемости экономайзера Vitotrans 333 за 10 лет эксплуатации





# Низкотемпературные водогрейные котельные Vitomax 200 WS, 1745-11630 кВт



теплоаккумулирующей способности котла.

$$V_{pc} = 4 \times V_K / h$$

где

$V_{pc}$  – производительность циркуляционного насоса, м<sup>3</sup>/час;

$V_K$  – водяной объем котла, м<sup>3</sup>  
h = 1 час.

■ Благодаря трехходовой конструкции и небольшому тепловому напряжению камеры сгорания ( $\Phi_k < 1,0$  МВт/м<sup>3</sup>), — минимальные выбросы окислов азота (NO<sub>x</sub>) в атмосферу.

■ Благодаря высокой чистоте и низкой температуре, продукты сгорания можно использовать для углекислотной подкормки растений (штуцер поз. 2).

## Водогрейный низкотемпературный котел

Мощность:

- серия 19150..... 1745-11630 кВт

Температура теплоносителя.....  $t_z < 95^\circ\text{C}$

Избыточное рабочее давление .....  $p_r = 3$  бар

Мин. температура обратной воды ...  $t_{pmin} = 65^\circ\text{C}$

Мин. температура котловой воды

- при сжигании газа и жидкого

топлива.....  $t_{kmin} = 75^\circ\text{C}$

КПД:

- стандартный.....  $\eta_k = 94\%$

- с экономайзером.....  $\eta_{k+e} = 104\%$

Тепловое напряжение камеры сгорания:

- серия 19150, 19140 .....  $\Phi_k < 1,00$  МВт/м<sup>3</sup>

Удельный водяной объем котла:

- серия 19150.....  $V_{kj} (2,69-3,50)$  л/кВт

■ Трехходовой водогрейный котел отличается увеличенным водяным объемом и низким гидравлическим сопротивлением за счет увеличенного расстояния между дымогарными трубами.

■ **Исключительно высокая** теплоаккумулирующая способность благодаря значительно увеличенному водяному объему, принудительной циркуляции котловой воды, водяному охлаждению передней стенки котла и эффективной внешней изоляции.

■ **Специальная конструкция**, предназначенная для тепличных хозяйств и для модернизации котельных, работающих с отопительными системами большого водяного объема.

■ **Многофункциональность.** Vitomax 200 WS можно заказывать в вариантах водогрейного, парового низкого давления или водогрейно-парового котла.

■ **Принудительная рециркуляция** через питательную трубу, установленную внутри (поз. 1), для выравнивания температуры и повышения



## Оптимальное расположение дымогарных труб в третьем газоходе

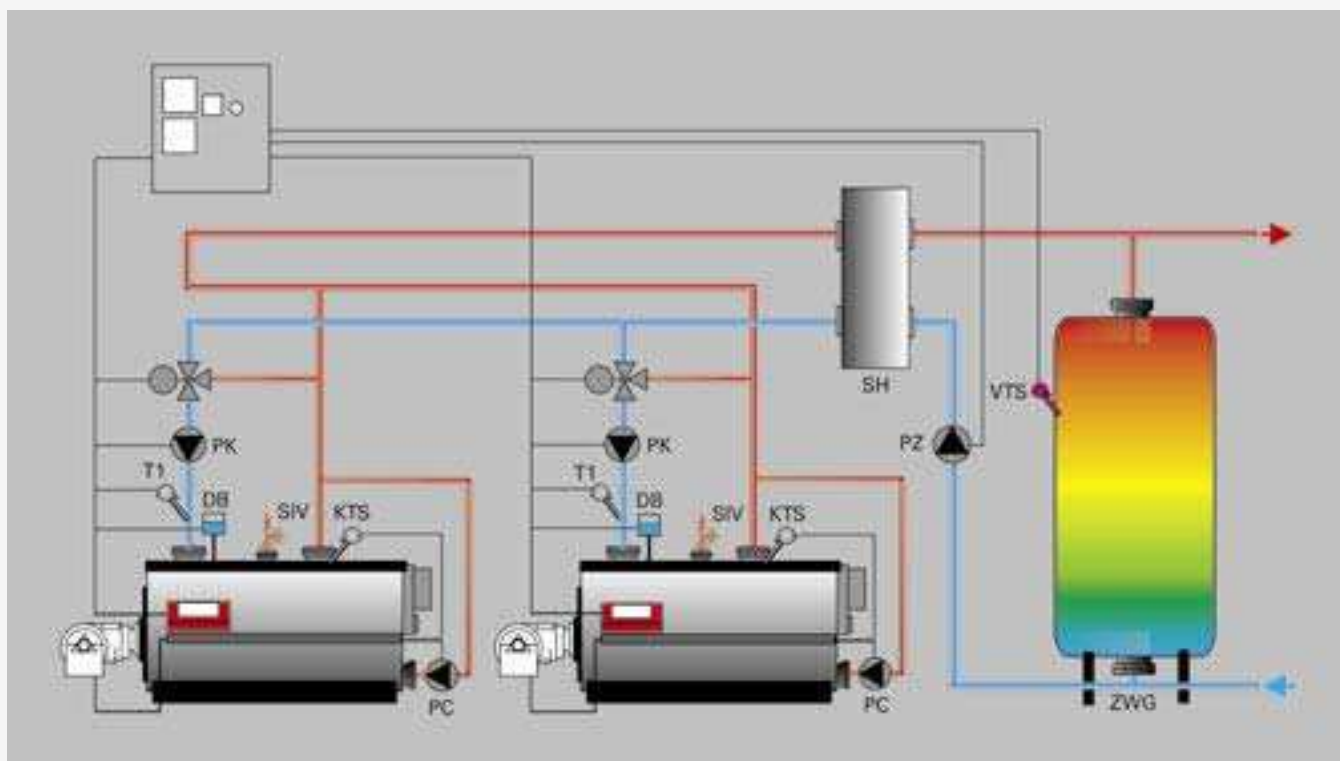


## Патрубок 1 для рециркуляции и патрубок 2 для отбора CO<sub>2</sub>

■ Многообразие комплектующих и удобное обслуживание — идентично обслуживанию котлов Vitomax 200, -300.



# Низкотемпературные водогрейные котельные Теплично-овощеводческая отрасль Vitomax 200 WS



## Рекомендуемая схема котельной для тепличного хозяйства с котлом Vitomax 200 WS

### Специфика теплицы

Системы отопления для тепличных хозяйств требуют от конструкторов оборудования и исполнителей систем особых навыков и подходов.

В этом случае важно найти оптимальный компромисс между требованиями к системе отопления теплицы и желательными характеристиками котлов и котельной.

Это приобретает особое значение в связи с необходимостью поддержания стабильного температурно-влажностного режима, свойственного условиям содержания определенного растения.

В связи с нулевой теплоаккумулирующей способностью теплицы и очень большим водяным объемом системы — от 300 до 500 м<sup>3</sup>/га, — надо исключить любые, даже кратковременные, перебои в теплоснабжении. Снижение температуры даже на 1°C (например с 17 до 16°C) иногда может сильно повредить процессу выращивания растений, а то и уничтожить их.

Кроме того, недостаточная подача тепла зимой создает дополнительную опасность. Так, если снег на крыше

теплицы не тает, то это — реальная угроза ее конструкции.

### Проверенные практикой разработки

Учитывая материальные аспекты, можно утверждать, что теплоснабжение теплицы является более ответственным мероприятием, чем снабжение теплом жилых домов массивной конструкции.

Поэтому рекомендуется устанавливать котлы с повышенной теплоаккумулирующей способностью, то есть характеризующиеся большим водяным объемом. При внезапном увеличении тепловой потребности этот водяной объем используется как аккумулятор тепла, что гарантирует безопасность эксплуатации котельной и выращивания растений.

Фирма Viessmann разработала для тепличной отрасли котлы специальной конструкции серии Vitomax 200 WS (LS) с оптимально подобранным водяным объемом порядка 2,69-3,50 л/кВт.

Рекомендуемая технологическая схема устройства котельной представлена на рисунке выше.

### Условные обозначения на рисунке:

PC – рециркуляционный насос  
PK – насос котлового контура  
KTS – датчик температуры котловой воды  
SIV – предохранительный клапан  
T1 – датчик температуры обратной воды  
DB – ограничитель максимального давления  
SH – гидравлическая стрелка  
PZ – сетевой насос  
VTS – датчик температуры теплоносителя  
ZWG – бак-аккумулятор теплоносителя



### Теплицы – это объекты с системами отопления огромных водяных объемов

Следует подчеркнуть, что в морозный день и при переменной облачности тепловая потребность теплицы может возрасти даже на 300% всего за 15 минут. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо предусматривать возможность установки дополнительных бойлеров-аккумуляторов для теплоносителя.

# Теплично-овощеводческая отрасль

## Оптимальный водяной объем котла Vitomax 200 WS

### Анализ удельного водяного объема котлов

Vitomax 200 WS занимает особое место среди котлов большой мощности. Его производят исключительно для тепличных хозяйств. Об этом свидетельствует и сравнение с удельным водяным объемом других котлов, что и отображено на рисунке рядом.

#### Пример:

Для оценки влияния теплоаккумулирующей способности котла приводим пример упрощенного анализа теплицы со следующими исходными параметрами:

1. Водяной объем ..... 700000 дм<sup>3</sup>
2. Мощность котельной ..... 2 x 3000 кВт
3. Температура котловой воды ..... 80°C
4. Площадь теплицы ..... 2,5 Га
5. Средняя температура воды в системе ..... 30°C

В морозный солнечный день тепловая потребность составляет приблизительно 1,5-2 МВт. В таких условиях появление облачности на 15 минут может вызвать повышение тепловой потребности почти до 6 МВт. Возможный температурный режим, в зависимости от выбранной конструкции котла, изображен на графике.

#### Вариант А

Водогрейные котлы  $V_j = 3 \text{ дм}^3/\text{кВт}$

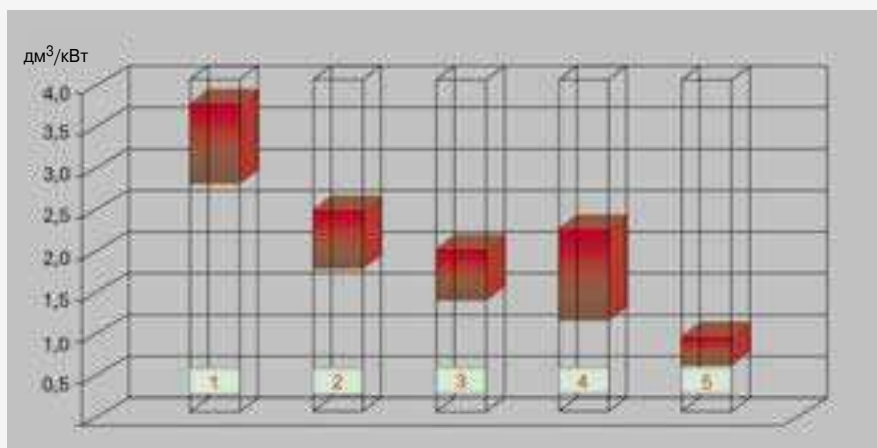
С момента появления облачности включаются горелки котлов. Как видно из графика, по истечении 12 минут можно быть уверенным, что в системе отопления сбоев не будет. Незначительное понижение температуры теплоносителя — приблизительно на 0,5°C (точка С) — произойдет приблизительно в течение  $t_{p1} = 12$  минут.

#### Вариант В

Водогрейные котлы  $V_j = 1 \text{ дм}^3/\text{кВт}$

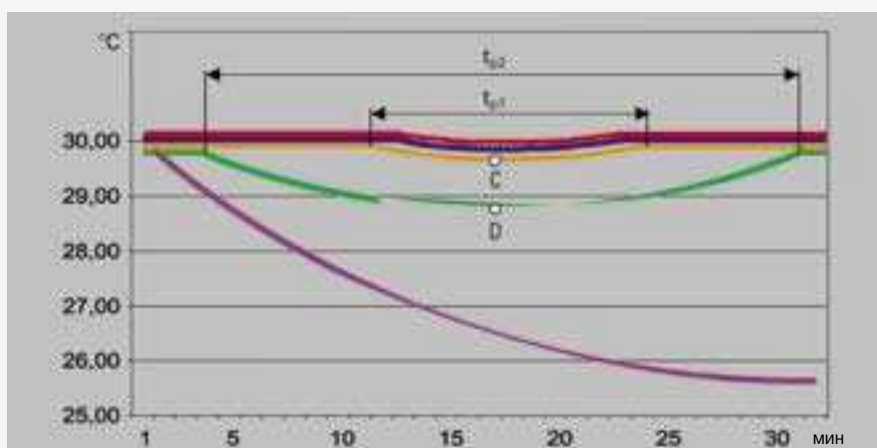
В этом случае может возникнуть опасное понижение температуры — приблизительно на 1,3°C (точка D), — и на значительно более длительное время —  $t_{p1} = 28$  минут.

Рекомендуется установить бак-аккумулятор для теплоносителя с температурой 60°C. Чтобы ограничить понижение температуры в системе,



### Сравнение удельных водяных объемов низкотемпературных водогрейных котлов Viessmann

|                     |                |                     |             |
|---------------------|----------------|---------------------|-------------|
| 1. Vitomax 200 WS   | 1745-11630 кВт | 4. Vitoplex 100/300 | 80-460 кВт  |
| 2. Vitomax 200      | 2100-15000 кВт | 5. Vitorond 200     | 125-860 кВт |
| 3. Vitoplex 100/300 | 575-1750 кВт   |                     |             |



### Графики средней температуры воды в системе отопления теплицы в зависимости от принятого варианта котельной

- Котел  $V_j = 3 \text{ дм}^3/\text{кВт}$
- Котел  $V_j = 1 \text{ дм}^3/\text{кВт} + \text{буфер } 24 \text{ м}^3$
- Котел  $V_j = 1 \text{ дм}^3/\text{кВт}$
- Котел  $V_j = 3 \text{ дм}^3/\text{кВт} + \text{буфер } 6 \text{ м}^3$
- Кривая понижения температуры (при отсутствии аккумулятора тепла)

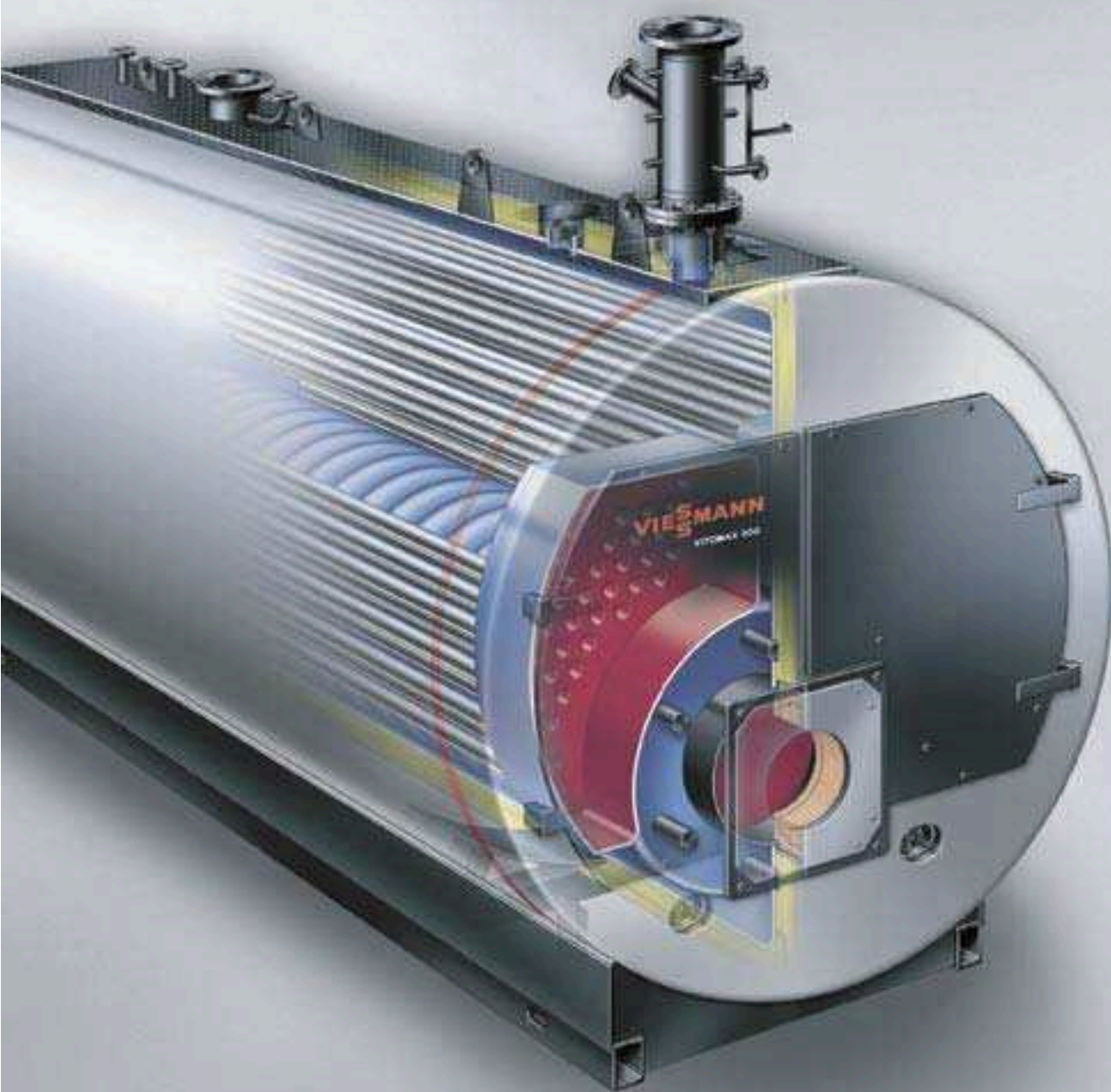
объемы баков должны соответственно составлять:

Вариант А .....  $V_b = 6000 \text{ дм}^3$   
 Вариант В .....  $V_b = 24000 \text{ дм}^3$   
 Приведенный анализ является доказательством в пользу применения Vitomax 200 WS.

Дальнейшее увеличение водяного объема котла нецелесообразно в связи с отрицательным влиянием таких факторов, как собственная циркуляция, потери в окружающую среду и т. п.



**Пример использования буферных аккумуляторов тепла в тепличном хозяйстве**



# Высокотемпературные водогрейные котельные Vitomax 200 HW, 375-14000 кВт



## Высокотемпературные водогрейные котлы

Мощность **375-14000 кВт**  
 Температура теплоносителя  $t_z > 115^\circ\text{C}$   
 Избыточное рабочее давление  $p_r = 6,5-30$  бар  
 Мин. температура обратной воды  $t_{r\text{min}} = 65^\circ\text{C}$   
 Минимальная температура котловой воды:  
 - при сжигании газа и жидкого топлива  $t_{k\text{min}} = 75^\circ\text{C}$

Максимальная разность температур:  
 - прямой и обратной воды  $\Delta t_{k\text{max}} = 40^\circ\text{C}$   
 Минимальная разность температур между допустимой и рабочей величиной:  
 $\Delta t_{dz\text{min}} = t_{d\text{op}} - t_{r\text{max}} = 15^\circ\text{C}$

КПД:  
 - стандартный  $\eta_k = 91\%$   
 - с экономайзером  $\eta_{k\text{те}} = 96-101\%$   
 Тепловое напряжение камеры сгорания:  
 - серия M 236, -234  $\Phi_k < 1,20$  МВт/м<sup>3</sup>

- **Высокая теплоаккумулирующая способность** за счет увеличенного удельного водяного объема поряд-

ка 4 л/кВт, эффективной естественной циркуляции и широкого кожуха создает условия для безопасной работы сложных технологических и отопительных систем.

- **Минимизация теплотерь** за счет 120 мм теплоизоляции, охлаждения передней стенки котла и изоляции камеры сбора уходящих газов.

- **Высокий стандартный КПД** в зависимости от температуры питающей воды, достигающий  $91^\circ\text{C}$ . Дополнительно при установке экономайзера появляется возможность повысить КПД системы: с конденсацией паров из уходящих газов — до 101%, без конденсации — до 96%.



- **Низкий уровень эмиссии окислов азота (NO<sub>x</sub>) в атмосферу** благодаря трехходовой конструкции котла, малому аэродинамическому сопротивлению и небольшому тепловому напряжению камеры сгорания ( $\Phi_k < 1,20$  МВт/м<sup>3</sup>).

- **Простота обслуживания** благодаря охлаждению водой поворотных камер продуктов сгорания, широким ревизионным дверцам и изоляции с малой теплоемкостью (без обмуровки, термических масс и т. п.).

- **Удобство монтажа, регулирования и обслуживания** горелки за счет дополнительного оснащения котла консолью или тележкой для монтажа горелки.

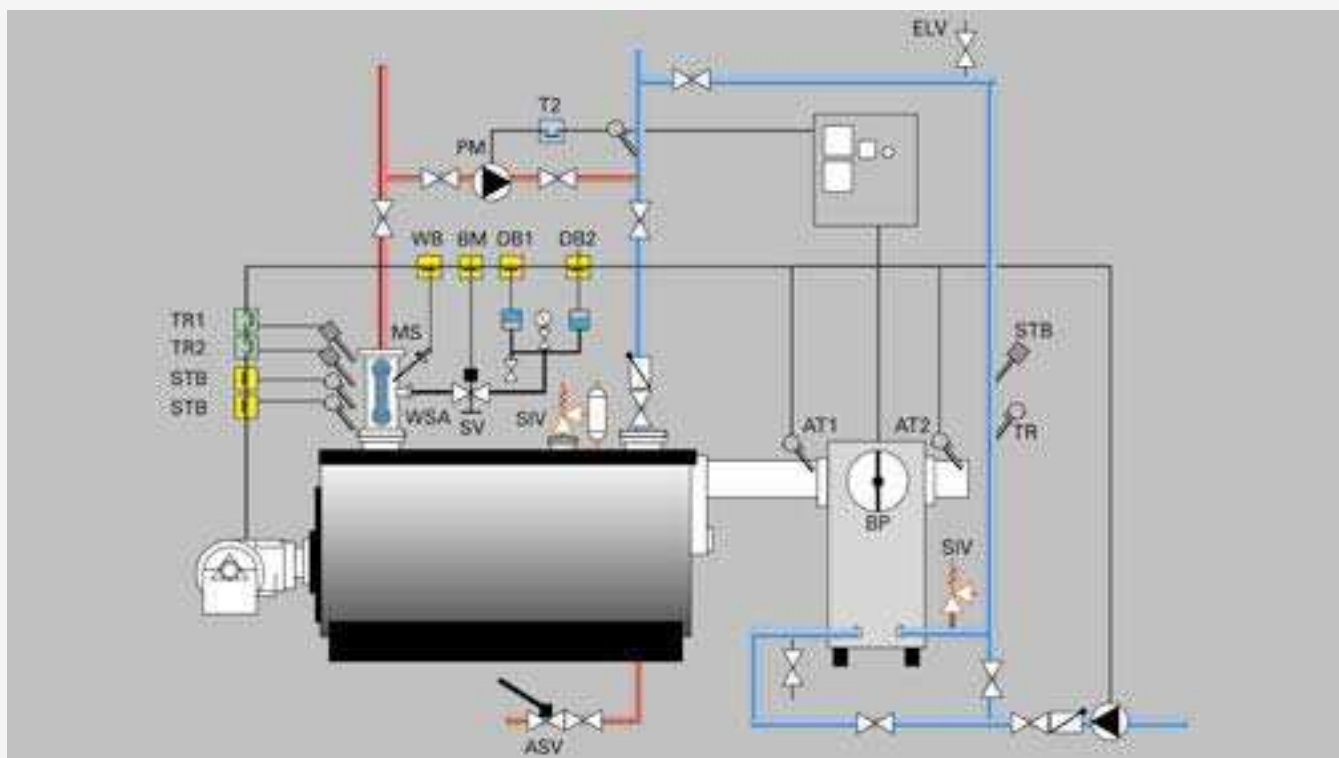


**Vitomax 200 HW 375-2090 кВт**  
 Трехходовая конструкция котла с возможностью установки консоли для монтажа горелки



**Vitomax 200 HW 2600-14000 кВт**  
 Трехходовая конструкция котла с возможностью установки тележки для монтажа горелки — максимально до 6500 кВт

# Высокотемпературные водогрейные котельные Оборудование и арматура котла Vitomax 200 HW согласно TRD 604



Основное и дополнительное оборудование высокотемпературного водогрейного котла серии Vitomax 200 HW

## Оборудование и арматура котла

Высокотемпературный водогрейный котел серии Vitomax 200 HW как техника, работающая под давлением, должен быть оснащен автономными устройствами, необходимыми для нормальной и безопасной работы. Эти устройства четко определены действующими в данном регионе инструкциями и требованиями.

Примерное оборудование и арматура высокотемпературного котла Vitomax 200 HW представлены на рисунке выше.

В зависимости от функций и назначения, оборудование котла делится на три группы:

- основное предохранительное;
- вспомогательное предохранительное;
- регулирующее.

## Основные предохранительные устройства

Главной функцией основных предохранительных устройств (кроме предохранительных клапанов) является надежное блокирование горелки (аварийное отключение) в случае превышения

допустимых рабочих параметров. Снять блокировку позволяет только уполномоченному обслуживающему персоналу котельной или авторизованной сервисной службе.

При понижении зеркала воды ниже допустимого уровня работа горелки блокируется (аварийное отключение).

**STB** — резисторный ограничитель температуры — монтируется на измерительном штуцере MS котла. Его назначение — предохранять котел от превышения допустимой температуры. Если температура достигнет или превысит предельный уровень — сработает блокировка горелки (аварийное отключение). Согласно TRD604, на котле необходимо установить два STB.

**WB** — электродный ограничитель уровня воды — монтируется на измерительном штуцере MS котла. Для контроля его работы необходимо установить водоуказательное стекло WSA.

**DB1** — ограничитель максимального давления. Он устанавливается на арматурном штоке приборов безопасности, смонтированном на измерительном штуцере MS котла. Ограничитель предохраняет котел от избыточного давления воды ( $p_{SIV} - 0,2$  бар) по-

средством аварийного отключения горелки.  $p_{SIV}$  — давление срабатывания предохранительного клапана.

**DB2** — ограничитель минимального давления. Он устанавливается на арматурном штоке приборов безопасности, смонтированном на измерительном штуцере MS котла. Ограничитель предохраняет котел от понижения избыточного давления котловой воды ниже точки насыщения при определенной температуре.



Арматурный шток приборов безопасности с ограничителями давления, затвором и запорным вентилем SV

# Высокотемпературные водогрейные котельные Оборудование и арматура котла

## Рабочий процесс

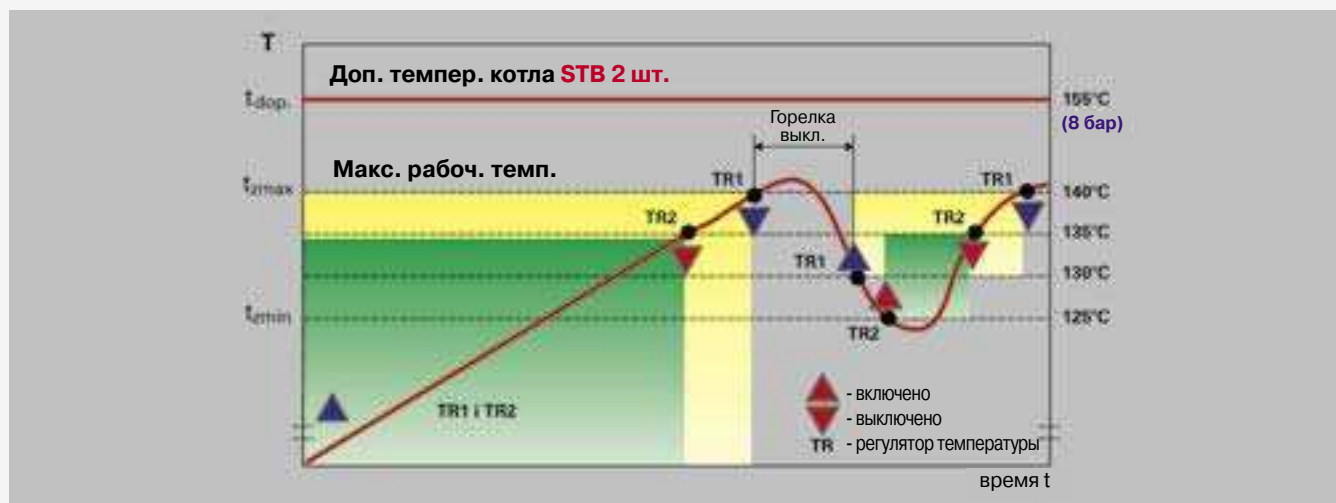


График изменения температуры. Примерные циклы включения/выключения двухступенчатой горелки

### Оборудование и арматура котла Основные предохранительные устройства (продолжение)

**SIV** — пружинный предохранительный клапан — является классической защитой котла от превышения допустимого избыточного давления  $p_{SIV}$ , реализуемой посредством сброса котловой воды. В связи с высокой температурой теплоносителя за предохранительным клапаном необходимо установить продувочный колодец.

**BM** — переключатель, блокирующий горелку — монтируется на запорном вентиле SV арматурного штока приборов безопасности с ограничителями давления DB1 и DB2. Во время обслуживания предохранительных устройств DB1 и DB2 необходимо перекрыть вентиль SV и тем самым исключить случайный пуск горелки.

### Вспомогательные предохранительные устройства

**ASV** — клапан периодической продувки для периодического слива котловой воды под рабочим давлением вместе со шламом и загрязнениями из нижней зоны котла. В этом случае необходимо устанавливать быстродействующий клапан. Частота его открытия определяется опытным путем. Между ним и котлом рекомендуется установить дополнительный запорный вентиль.

**PS** — подпиточный насос, стабилизирующий давление в котле и теплосети (согласно PN-91/B-02415).

**PM** — смесительный насос, обеспечивающий допустимую разность температур  $\Delta t_{kmax} = 40^\circ\text{C}$  между прямым и обратным теплоносителем. В крайних случаях насос служит защитой от конденсации водяных паров из уходящих газов  $t_{pmin} = 65^\circ\text{C}$ .

### Подбор смесительного насоса PM

Производительность смесительного насоса  $V_{PM}$  предлагаем определять при помощи зависимостей, приведенных ниже:

- из условия защиты от  $t_{pmin}$

$$V_{PM} > V_K \left( \frac{t_{pmin} - t_{po}}{t_{zk} - t_{pmin}} \right)$$

- из условия защиты от  $\Delta t_{kmax}$

$$V_{PM} > V_K \left( \frac{t_{zk} - t_{po}}{\Delta t_{kmax}} - 1 \right)$$

где

$V_K$  — расход сетевой воды,  $\text{м}^3/\text{час}$ ,

$t_{zk}$  — температура теплоносителя на выходе из котла,

$t_{po}$  — температура обратной воды на входе в котел,

$t_{pmin}$  — допустимая температура обратной воды в котел,

$\Delta t_{kmax}$  — допустимая разница температур котла.

При подборе насоса PM необходимо учитывать все условия работы котла, которые могут возникнуть в данной системе.

Для включения насоса можно использовать термостат или температурный датчик с усилителем (поз. T2).

### Регулирующие устройства

**TR** — основным заданием котла является обеспечение соответствующей температуры теплоносителя  $t_z$ , которая достигается в результате работы горелки. Для управления двухступенчатой горелкой применяются два параметрических регулятора температуры: TR1 первой и TR2 второй ступени. Во время настройки следует помнить, что регулятор температуры первой ступени горелки TR1 должен срабатывать при температуре теплоносителя на 15 К ниже величины настройки ограничителя STB. Это отвечает максимальной температуре  $t_{zmax}$  котловой воды, которая может подаваться в систему отопления. Примерный график температуры и циклы включения/выключения горелки с учетом гистерезиса регуляторов TR изображены на рисунке вверху. В случае модулированной горелки вместо регулятора TR2 второй ступени используется резисторный датчик температуры, работающий с модулятором.



Ручной быстродействующий клапан периодической продувки ASV и параметрические регуляторы температуры TR





# Паровые котельные низкого давления

## Vitomax 200 LS, 1745-11630 кВт

## Vitoplex 100 LS, 170-1450 кВт



■ **Высокая стабильность работы** котлов за счет большого водяного объема и увеличенного парового пространства делает их особенно пригодными для систем с высокой динамикой потребности в паре низкого давления.

■ **Широкий диапазон паропроизводительности** (235-11630 кг/час) котлов Vitoplex 100 LS и Vitomax 200 LS позволяет обеспечить потребность в паре низкого давления как небольших объектов (столовые, прачечные, больницы), так и крупных предприятий.

### Водогрейные котлы низкого давления

#### Vitomax 200 LS

Мощность:  
 - серия 19140 ..... 1890-3270 кВт  
 Паропроизводительность,  $q = 2600-4500$  кг/час  
 Допустимое избыточное давление .....  $p_d = \text{макс } 0,7$  бара  
 Оптимальная температура питательной воды .....  $t_{zmin} = 60-80^\circ\text{C}$   
 Минимальная температура котловой воды:  
 - состояние готовности .....  $t_{kmin} = 95-98^\circ\text{C}$   
 КПД:  
 - стандартный .....  $\eta_k = 92\%$   
 - с экономайзером .....  $\eta_{k+e} = 102\%$   
 Тепловое напряжение камеры сгорания:  
 - серия 19140 .....  $\Phi_k < 1,00$  МВт/м<sup>3</sup>

#### Vitoplex 100 LS

Мощность ..... 170-1450 кВт  
 Паропроизводительность,  $q = 235-2000$  кг/час  
 Допустимое избыточное давление .....  $p_{d\text{макс}} = 0,7$  бар  
 Оптимальная температура питательной воды .....  $t_{zmin} = 60-80^\circ\text{C}$   
 Минимальная температура котловой воды:  
 - состояние готовности .....  $t_{kmin} = 95-98^\circ\text{C}$   
 КПД:  
 - стандартный .....  $\Delta_k = 92\%$   
 - с экономайзером .....  $\Delta_{k+e} = 102\%$   
 Тепловое напряжение камеры сгорания: .....  $\Phi_k < 1,20$  МВт/м<sup>3</sup>

■ **Трехходовая конструкция** котлов с незначительным тепловым напряжением камеры сгорания обеспечивает низкое содержание NO<sub>x</sub> в продуктах сгорания и высокий стандартный КПД.



#### Vitoplex 100 LS 170-1450 кВт. Трехходовая конструкция котла

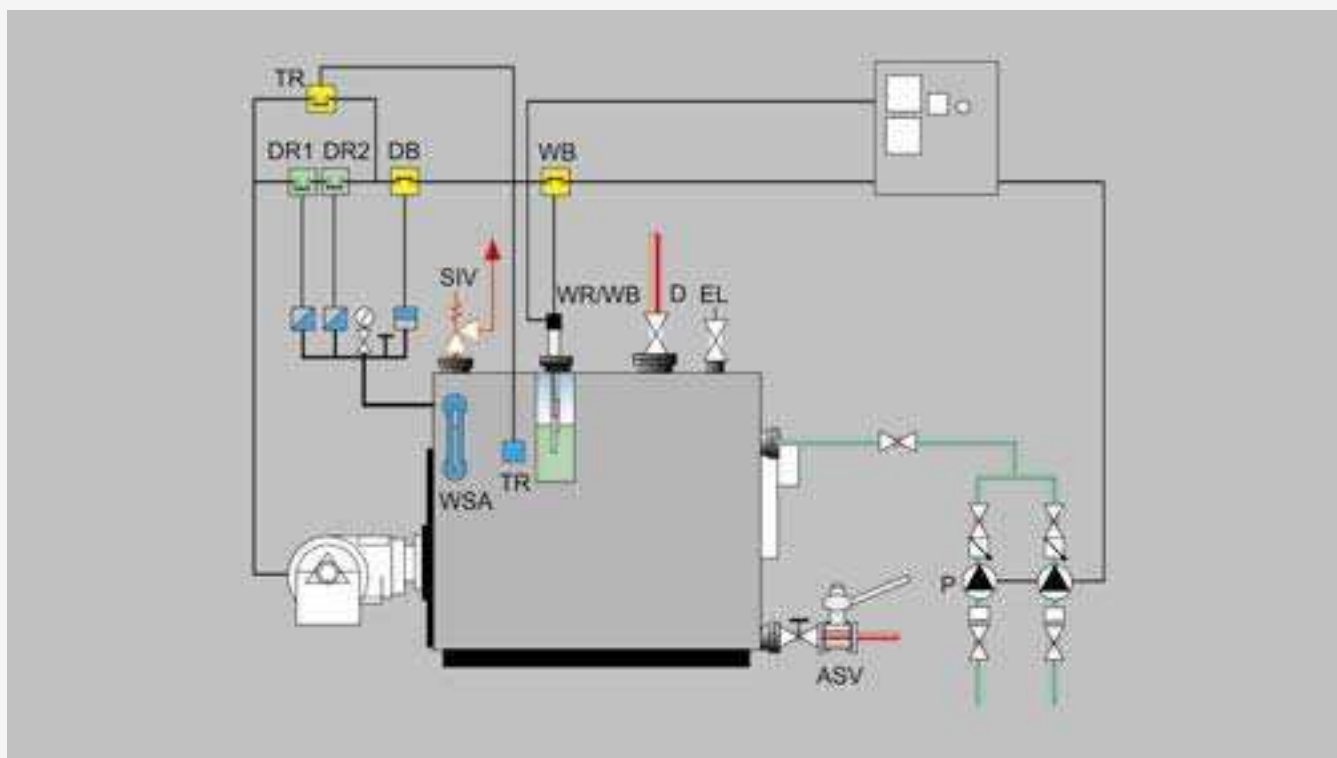
■ **Простота обслуживания:**

- площадка обслуживания входит в стандартную комплектацию;
- конструкция дверцы обеспечивает легкий доступ к камере сгорания и газоходам котла;
- охлаждение водой передней и задней поворотных камер;
- эффективная изоляция дверцы при низкой собственной теплоемкости.

■ **Обширный набор комплектующих:**

- арматура — водяная и паровая;
- автоматика безопасности, соответствующая CLDT;
- конденсатное хозяйство;
- горелки.

# Паровые котельные низкого давления Оборудование и арматура котла Избыточное давление до 0,7 бара



Основное оборудование парового котла низкого давления серии Vitomax 200 LS и Vitoplex 100 LS

## Оборудование и арматура котла согласно DIN 4750, TRD 701

Паровые котлы низкого давления серии Vitomax 200 LS и Vitoplex 100 LS как техника, работающая под давлением, должны быть оборудованы приборами и устройствами, необходимыми для нормальной и безопасной работы. В зависимости от функций и значения, оборудование котла делится на три группы:

- основное предохранительное;
- вспомогательное предохранительное;
- регулирующее.

## Основные предохранительные устройства

Их основной функцией является надежное блокирование горелки (аварийное отключение) в случае превышения допустимых рабочих параметров (кроме предохранительного клапана).

**SIV** — предохранительный клапан — является классической защитой котла от превышения допустимого избыточного давления  $p_{SIV} = 0,7$  бар. (Согласно украинским нормам требуется 2 SIV).



## Универсальный комбинированный электрод уровня для парового котла низкого давления

**WB** — электродный ограничитель уровня воды — монтируется вместе с электродами для регулирования расхода питательной воды. Предохраняет от падения уровня воды в котле ниже минимального. Если уровень воды будет ниже допустимого значения, работа горелки блокируется (аварийное отключение). **WB**, вместе с остальными электродами **PZ/PW**, составляет интегральную группу для регулировки подачи питательной воды и предохра-

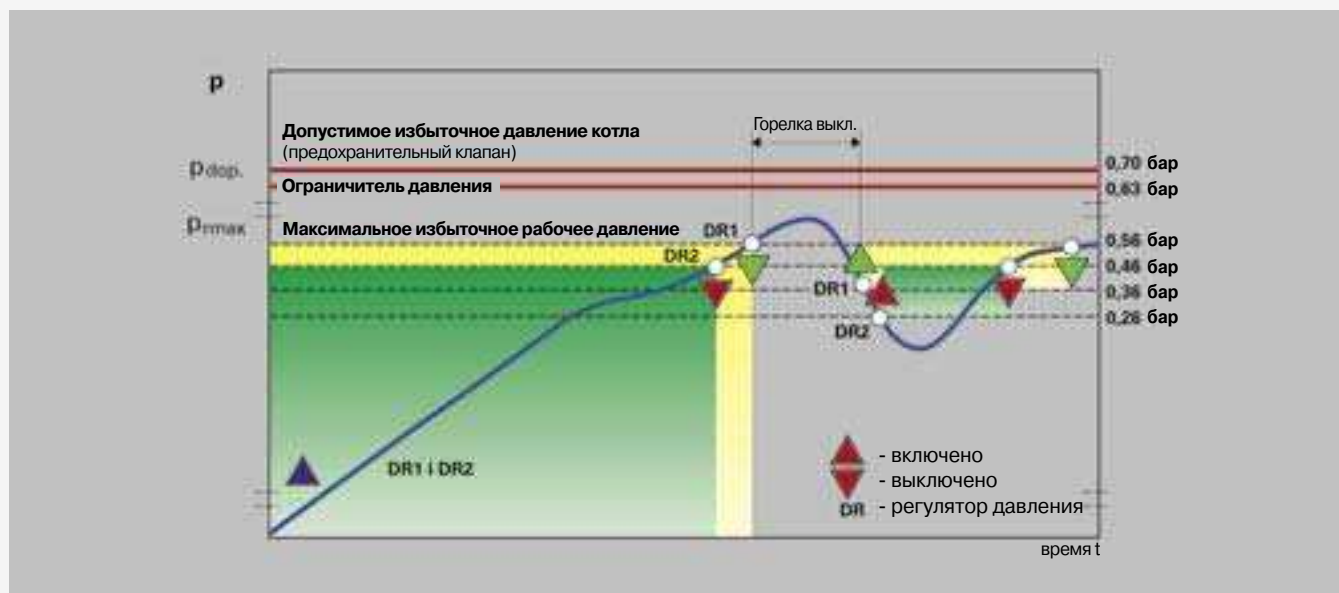


## Арматурный штوك с приборами безопасности: ограничителем DB, регуляторами давления DR1, DR2 и запорным вентилем

нения парового котла от слишком низкого уровня воды или ее отсутствия.

**DB** — ограничитель максимального давления — устанавливается на арматурном штоте приборов безопасности. Предназначен для предохранения котла от повышения давления водяного пара. Если давление пара превысит допустимое значение ( $p_{SIV} = 0,07$  бар) — блокируется работа горелки (аварийное отключение). Ограничитель максимального давления срабатывает ранее предохранительного клапана, не допуская его полного открытия и уменьшая тем самым потерю пара с определенной энтальпией.

# Паровые котельные низкого давления Оборудование и арматура котла Рабочий процесс



Изменение избыточного давления в паровом котле низкого давления — примерный рабочий цикл включения/выключения двухступенчатой горелки

## Оборудование и арматура котла Вспомогательные предохранительные устройства

**ASV** — клапан периодической продувки для периодического слива воды под рабочим давлением вместе со шламом и загрязнениями из нижней зоны котла. В этом случае необходимо устанавливать быстродействующий клапан. Частота его открытия определяется опытным путем. Между ним и котлом рекомендуется установить дополнительный запорный вентиль.

**EL** — воздухоотводчик для удаления воздуха из парового объема котла.

**TR** — регулятор температуры, предназначенный для обеспечения минимальной температуры котловой воды в режиме ожидания на уровне 95-98°C. При этом исключается высокое избыточное давление в паровом объеме котла, которое во время продолжительной эксплуатации нарушает герметичность уплотнений.

**WSA** — водоуказательное стекло — обязательный элемент оборудования котла, предназначенный для наблюдения за уровнем котловой воды и контроля работы ограничителя уровня WB и электродов PZ/PW (Согласно украинским нормам требуются 2 WSA).

**DR** — котел низкого давления должен обеспечивать требуемое избыточное давление пара  $p_{обс}$ , которое достигается в результате работы горелки. Для

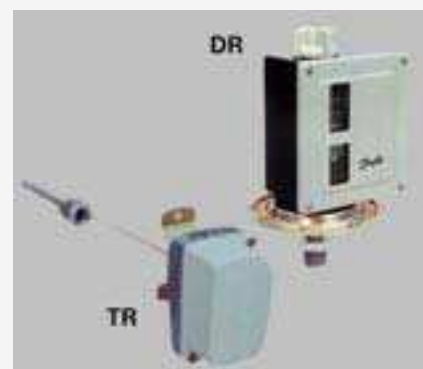
управления двухступенчатой горелкой используются два параметрических регулятора давления: DR1 — I ступени и DR2 — II ступени горелки. Регулятор давления первой ступени горелки DR1 должен срабатывать при давлении более низком, чем величина настройки ограничителя DB, соответствующая максимальному значению избыточного давления пара  $p_{max}$  в системе. Примерный график избыточного давления и циклы включения/выключения горелки с учетом гистерезиса регуляторов DR показаны на рисунке выше. Для модулированной горелки вместо регулятора DR2 используется преобразователь давления, который работает совместно с модулятором.

**PZ, PW** — группа электродов для двухпозиционного регулирования подачи питательной воды к котлу. Их главное назначение — включать насос P, когда уровень воды в котле станет предельно низким NZ. Насос начнет работать — и котел пополнится водой. Как только объем воды достигнет допустимо высокого уровня NW — насос выключится. Принцип работы электродов PZ/PW заключается в измерении проводимости относительно электрода EO (рисунок на предыдущей странице).

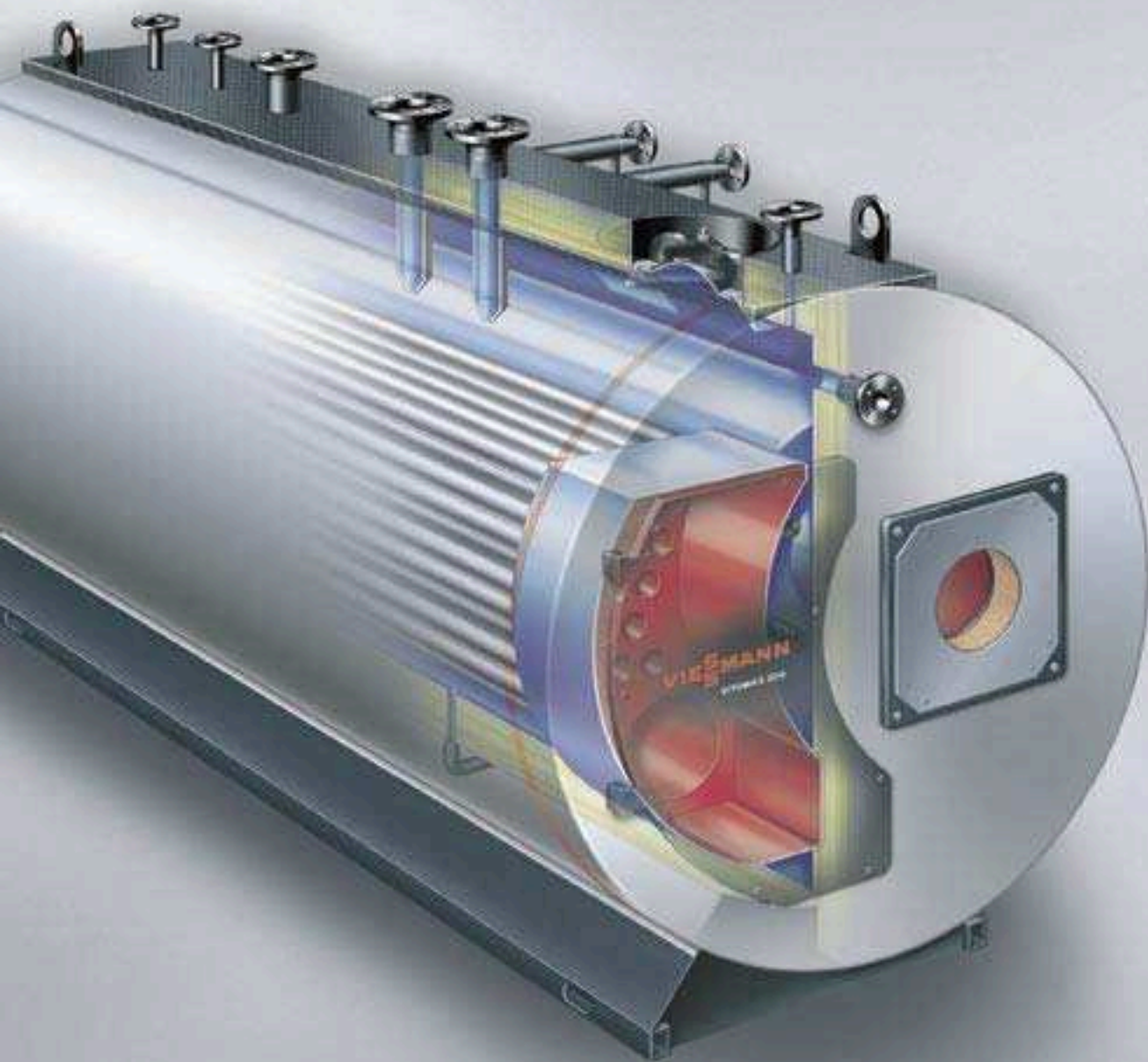
**P** — питательный насос для периодического повышения уровня воды в котле. Управление пуском и остановкой насоса осуществляется при помощи электродов PZ, PW, EO (Согласно украинским нормам требуются 2 насоса P).

## Питательная вода

Требования к питательной воде котла изготовитель приводит в технических данных. Одним из основных является требование полного устранения из воды ионов  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$  путем ее умягчения (ионный фильтр) и корректировки pH до значения  $> 9$ . В таблице приведены данные о производительности паровых котлов при температуре питательной воды  $t_{wz} = 20^{\circ}C$ . Тем не менее необходимо, чтобы ее температура поддерживалась на уровне  $t_{wz} = 60-80^{\circ}C$ . Процесс предварительного подогрева положительно влияет не только на качество воды (частично удаляя кислород), но и — за счет большей энтальпии — значительно улучшает процесс образования пара.



Параметрический регулятор температуры TR и параметрический регулятор давления DR



# Паровые котельные высокого давления Vitomax 200 HS

## Производительность 575-22000 т/час



### Паровые котлы высокого давления

Мощность ..... 375-14500 кВт  
 Паропроизводительность.  $q = 575-22000$  кг/час  
 Максимальное допустимое избыточное давление .....  $p_{dmax} = 6,0-30$  бар  
 Максимальное рабочее избыточное давление .....  $p_{rmax} = 5,2-29,2$  бар  
 Минимальная температура питательной воды .....  $t_{pz} = 102^{\circ}\text{C}$   
 КПД:  
 - стандартный .....  $\eta_k = 91\%$   
 - с экономайзером .....  $\eta_{k+e} = 96\%$   
 Тепловое напряжение камеры сгорания:  
 - серия 19037, 19035 .....  $\Phi_k < 1,30$  МВт/м<sup>3</sup>

■ **Высокое качество пара и высокая стабильность** работы котлов благодаря большому водяному и паровому объему позволяет применять их в системах с высокой динамикой расхода пара высокого давления.

■ **Уменьшение тепловых потерь** за счет увеличения толщины тепловой изоляции до 120 мм, охлаждения передней стенки котла и изоляции газоходов.

■ **Высокий стандартный КПД** — в зависимости от температуры питательной воды, достигает 91%. При дополнительной установке экономайзера возможно повышение КПД до 96 %.

■ **Трехходовая конструкция** котлов и низкое тепловое напряжение камеры сгорания ( $\Phi_k < 1,30$  МВт/м<sup>3</sup>) обеспечивают пониженную эмиссией NO<sub>x</sub> и повышенный стандартный КПД.

■ **Специальная камера сгорания** типа FOX, которая применяется уже от 4,0 МВт, компенсирует продольные деформации и уменьшает поверхностное тепловое напряжение.



■ **Простота и удобство** обслуживания:  
 - площадка обслуживания входит в стандартную комплектацию;  
 - конструкция дверцы обеспечивает свободный доступ к камере сгорания и газоходам котла;  
 - охлаждение передней и задней поворотных камер;  
 - эффективная изоляция дверцы при низкой собственной теплоемкости.

■ **Обширный перечень комплектующих** — от площадки обслуживания до измерительного штуцера котла; возможность полной комплектации арматурой, предохранительным, защитным, регулирующим и вспомогательным оборудованием.



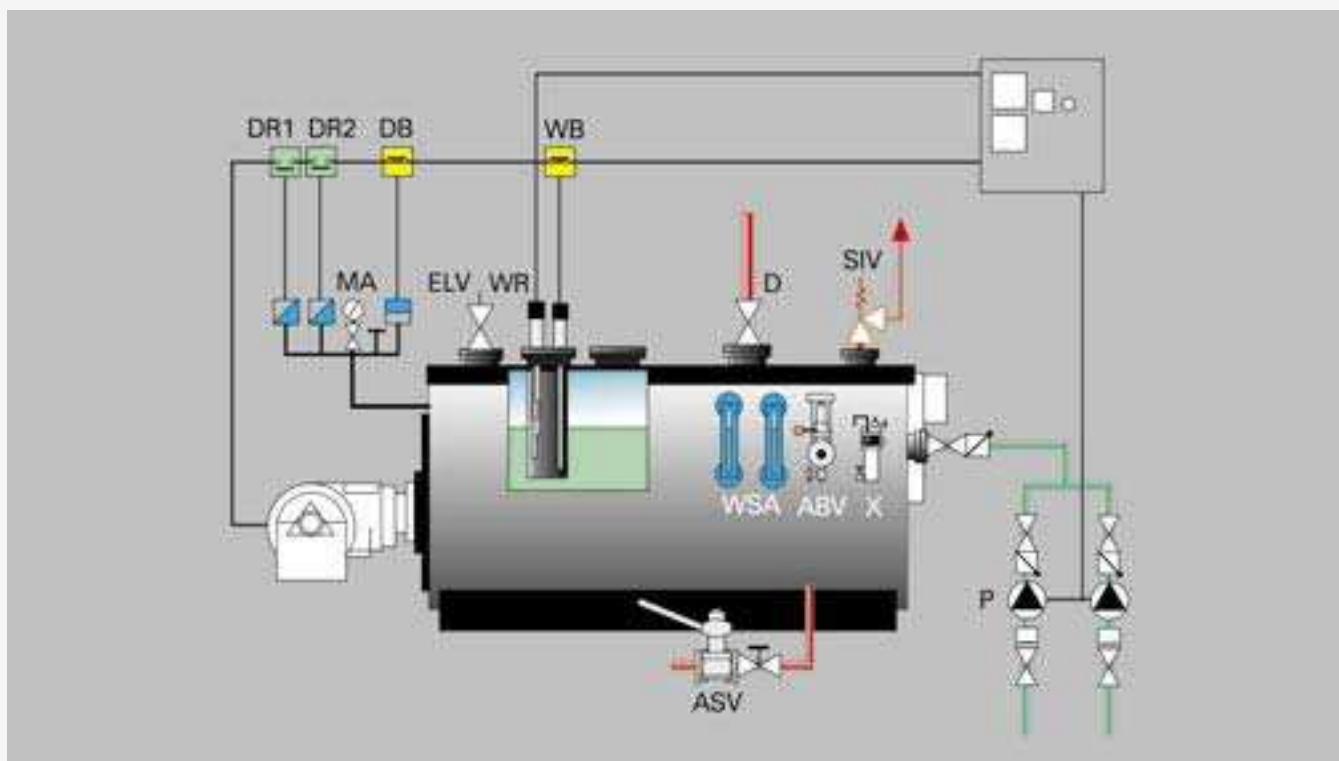
**Vitomax 200 HS 375-2090 кВт**  
 Трехходовая конструкция котла с возможностью установки консоли горелки



**Vitomax 200 HS 2600-14500 кВт**  
 Трехходовая конструкция котла с возможностью установки тележки для горелки мощностью до 6500 кВт

■ Полный набор щитов управления для котельных, который удовлетворит любые индивидуальные требования инвестора, гарантия профессионального пуска котла при содействии заводской сервисной службы фирмы Viessmann.

# Паровые котельные высокого давления Оборудование и арматура котла Двухпозиционное регулирование уровня воды



**Основное оборудование парового котла высокого давления серии Vitomax 200 HS с постоянным надзором обслуживающего персонала**

## Оборудование и арматура котла с постоянным надзором обслуживающего персонала согласно TRD 401

Паровой котел высокого давления серии Vitomax 200 HS как типовое оборудование, работающее под давлением, должен быть оснащен автономными приборами и устройствами, которые будут обеспечивать его нормальное и безопасное функционирование. Перечень такого оборудования четко определен действующими нормами и правилами данной страны.

Арматура и оборудование парового котла высокого давления с постоянным надзором обслуживающего персонала, согласно инструкциям TRD 401, изображены на рисунке сверху.

В зависимости от функций и значения, оборудование котла делится на три группы:

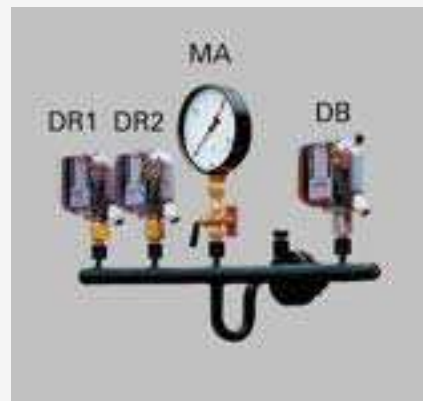
- основное предохранительное;
- вспомогательное предохранительное;
- регулирующее.

## Основные предохранительные устройства

Главной функцией основных предохранительных устройств (кроме предохранительных клапанов) является надежное блокирование горелки (аварийное отключение) в случае превышения допустимых рабочих параметров. Как видно из рисунка, они включены в электрическую цепь питания горелки.

**SIV** — пружинный предохранительный клапан — является классической защитой котла от превышения допустимого избыточного давления (Согласно украинским нормам требуются 2 SIV).

**WB** — электродный ограничитель уровня воды — монтируется вместе с электродами для регулирования уровня воды в котле. Предохраняет котел от падения уровня воды ниже минимального. Если уровень воды опустится ниже допустимого значения, работа горелки блокируется (аварийное отключение). WB вместе с остальными электродами составляет интегральную группу для регулировки подачи питательной воды и предохранения парового котла от низкого уровня воды или ее отсутствия.



**Арматурный шток с ограничителем DB, регуляторами давления DR1, DR2 и запорным вентилем**

**DB** — ограничитель максимального давления — устанавливается на арматурном штоке приборов безопасности котла. Он предохраняет котел от давления водяного пара ( $p_{SIV} = 0,2$  бар) путем блокировки горелки (аварийное отключение).  $p_{SIV}$  — избыточное давление при полном открытии предохранительного клапана. Ограничитель максимального давления срабатывает ранее предохранительного клапана, не допуская его полного открытия и уменьшая тем самым потерю пара с определенной энтальпией.

# Паровые котельные высокого давления Оборудование и арматура котла Непрерывная и периодическая продувки котла

## Оборудование и арматура котла Вспомогательные предохранительные устройства

**WSA** — водоуказательное стекло, устанавливают 2 шт. Это обязательный элемент оборудования котла, предназначенный для наблюдения за уровнем котловой воды, контроля за работой ограничителя WB и регулирующих электродов PA/PW.

**EL** — воздухоотводчик. Предназначен для удаления воздуха из парового объема котла. Устанавливается на горизонтальном участке трубопровода возле штуцера для развоздушивания котла. Удаление воздуха производится в атмосферу вне котельной.

**ASV** — клапан периодической продувки, для периодического слива воды под рабочим избыточным давлением

Подбор параметров клапана периодической продувки и частота его открытия осуществляется с помощью зависимости:

$$A_m = \frac{S \times Q}{K_m - S}$$

где

$A_m$  – производительность периодической продувки (кг/час);

$S$  – концентрация солей в питательной воде с учетом возврата конденсата (мг/л);

$Q$  – паропроизводительность (кг/час);

$K_m$  – допустимая концентрация шлама в нижней части котла (мг/л).

После выполнения расчетов и выбора типа сбросного клапана на основании рабочей характеристики определяется продолжительность и частота его открывания.

дохранение котла от накипи, коррозии, образования пены, которая вместе с водой попадает в паропроводы.

Пена снижает качество пара, а образование водяных пробок в паропроводах угрожает исправности арматуры.

Подбор параметров непрерывной продувки можно выполнить по формуле

$$A_s = \frac{S \times Q}{K_s - S}$$

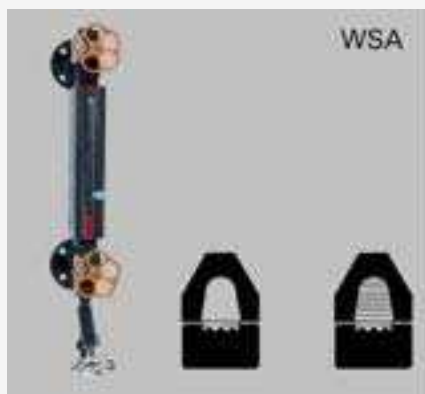
где:

$A_s$  – производительность непрерывной продувки (кг/час);

$S$  – концентрация солей в питательной воде с учетом возврата конденсата (мг/л);

$Q$  – паропроизводительность (кг/час);

$K_s$  – допустимая концентрация солей в зоне испарения (мг/л).



## Водоуказательное стекло

вместе со шламом и загрязнениями из нижней зоны котла. Удаление шлама обеспечивает минимально допустимые концентрации загрязнителя в нижней части котла, которые могут попасть туда из системы или в результате испарения воды. За продувочным клапаном необходимо устанавливать расширитель (продувочный колодец). Между расширителем и котлом устанавливается дополнительный вентиль и штуцер для спуска котловой воды. Поскольку избыточное давление в котле — слишком высокое, продувочный клапан должен быть быстродействующим, т. к. шлам удаляется эффективно при резком спуске воды из нижней зоны котла. При этом потери воды — минимальные за счет того, что сбрасывается уменьшенный объем умягченной и нагретой котловой воды.

## Ручные быстродействующие клапаны периодической продувки

### Пример:

- Vitomax 200 HS .....  $Q = 6000$  кг/час  
- допустимое избыточное давление пара .....  $p_d = 10$  бар  
- допустимая концентрация шлама .....  $K_m = 5000$  мг/л  
- содержание солей в питательной воде .....  $S = 200$  мг/л

Производительность периодической продувки:

$$A_m = \frac{200 \times 6000}{5000 - 200} = 250 \text{ кг/час}$$

**ABV** – клапан непрерывной продувки, служит для постоянного спуска воды под рабочим давлением вместе с солями, наивысшая концентрация которых отмечается в зоне испарения. Основной задачей непрерывной продувки является предупреждение превышения предельной концентрации солей в верхней зоне котла и тем самым пре-

## Ручной клапан непрерывной продувки

### Пример:

- Vitomax 200 HS .....  $Q = 6000$  кг/час  
- допустимое избыточное давление пара .....  $p_d = 10$  бар  
- допустимая концентрация солей .....  $K_s = 2000$  мг/л  
- содержание солей в воде теплоносителя ....  $S = 200$  мг/л

Производительность непрерывной продувки

$$A_s = \frac{200 \times 6000}{2000 - 200} = 666 \text{ кг/час}$$

Исходя из рабочей характеристики клапана непрерывной продувки, определяется его настройка, при которой постоянный объем спуска составляет 666 кг/час.

Тем не менее, в обоих рассмотренных случаях необходима качественная подготовка питательной воды.



# Паровые котельные высокого давления

## Влияние качества питательной воды

### Технико-экономические показатели

#### Потери мощности

Примерная оценка влияния качества питательной воды на стоимость эксплуатации парового котла:

1. Мощность котла Vitomax 200 HS..... 4 МВт
2. Избыточное давление пара..... 10 бар
3. Цена природного газа..... 0,85 зл/м<sup>3</sup>  
(в Украине стоимость газа 0,3 грн/м<sup>3</sup>)
4. Температура конденсата..... 80°C
5. КПД котла с экономайзером..... 94%

Сбоку представлены графики потери мощности в деаэраторе и за счет непрерывной и периодической продувок котла. Как видим, качество питательной воды существенно влияет не только на безопасность, но и на уровень тепловых потерь и тем самым — на стоимость производства пара.

При 100% возврате конденсата с температурой 80°C потери в деаэраторе уменьшаются в 4 раза.

#### Стоимость нетто производства пара

Графики удельной стоимости производства пара построены с учетом выше установленных потерь.

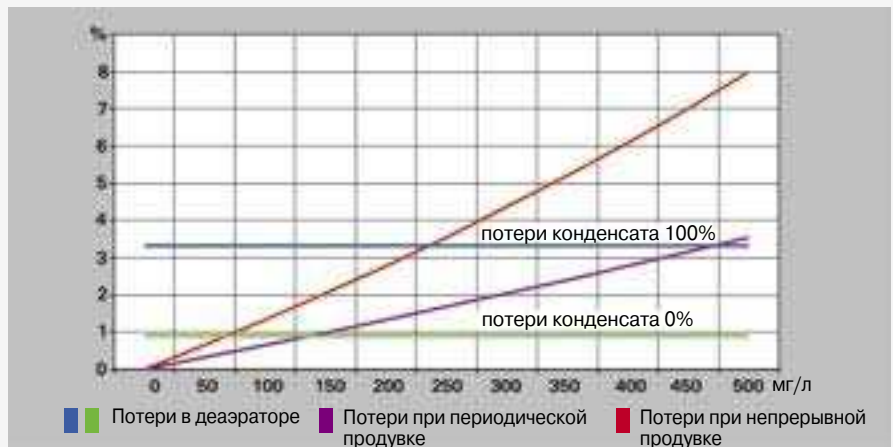
При определенном содержании солей в питательной воде удельная стоимость пара находится в пределах 71-95 зл/т нетто. Поэтому довольно легко определить, что при неудовлетворительном качестве водоподготовки потери могут достигать 15%.

В большинстве технологических решений необходимо предусматривать системы утилизации тепла непрерывной и периодической продувок. Выполненные расчеты еще раз подтверждают значение этого фактора.

#### Уменьшение КПД

Важной проблемой, которая очень волнует инвесторов, является КПД котла с экономайзером и без него. Очень часто при этом забывают об особом варианте устройства котельной для отопительных или технологических потребностей с учетом всех факторов, влияющих на ее функционирование.

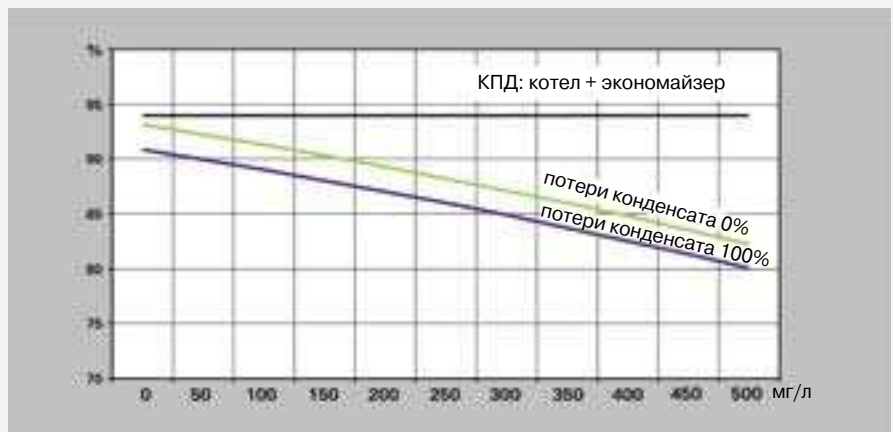
На основании вышеизложенного примера созданы графики уменьшения КПД котельной в зависимости от ка-



**Потери в паровом котле высокого давления 10 бар мощностью 4000 кВт в зависимости от концентрации солей в питательной воде**



**Изменение стоимости пара, произведенного паровым котлом мощностью 4000 кВт 10 бар в зависимости от концентрации солей в питательной воде**

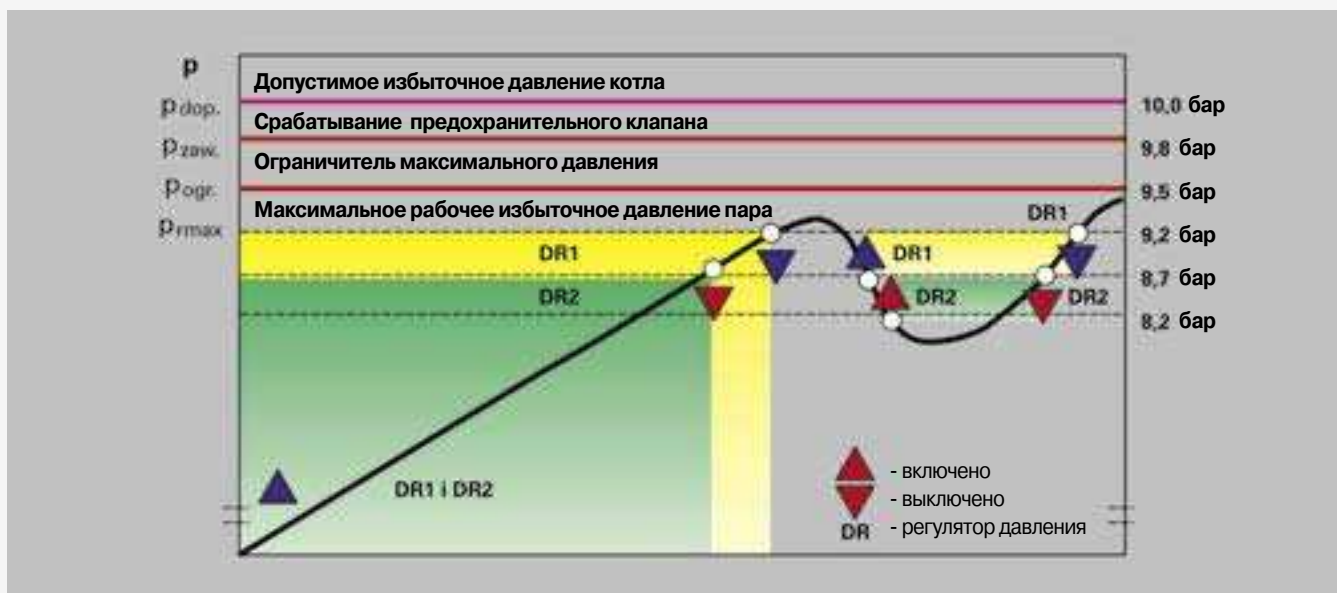


**Уменьшение КПД парового котла мощностью 4000 кВт, 10 бар в зависимости от концентрации солей в питательной воде**

чества питательной воды. Результаты в очередной раз подтверждают, что присутствие в воде солей существенно влияет на КПД паровой котельной.

Вероятность увеличения потерь на 11-13% не вызывает сомнений.

# Паровые котельные высокого давления Оборудование и арматура котла Рабочий процесс



Изменение избыточного давления в паровом котле высокого давления — примерные циклы включения/выключения двухступенчатой горелки

## Оборудование и арматура котла Вспомогательные предохранительные устройства (продолжение)

**X** — охладитель отбора проб. Для контроля состава и концентрации солей в зоне испарения следует периодически делать анализы качества воды на уровне непрерывной продувки и сравнивать их с допустимой концентрацией солей  $K_S$  [мг/л], установленной производителем.



Охладитель отбора проб

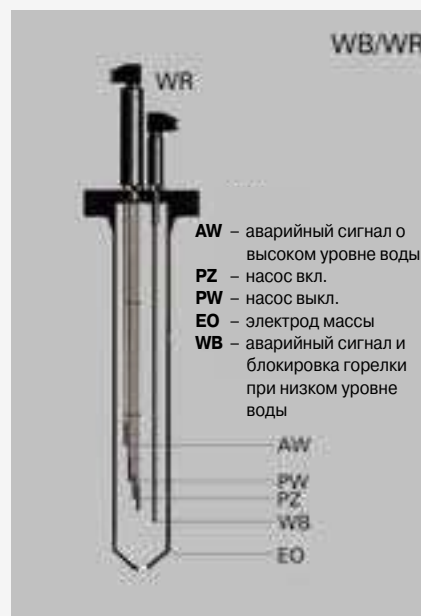
### Регулирующие устройства

**DR** — паровой котел высокого давления должен обеспечивать требуемое избыточное давление пара  $p_{роб}$ , которое достигается в результате работы горелки.

Для управления двухступенчатой горелкой используются два пара-

метрических регулятора давления: DR1 — I ступени и DR2 — II ступени горелки. Регулятор давления первой ступени горелки DR1 должен срабатывать при давлении более низком (на 0,3 бар), чем величина настройки ограничителя DB, соответствующая максимальному значению избыточного давления пара  $p_{max}$  в системе. Примерный график избыточного давления и циклы включения/выключения горелки с учетом гистерезиса регуляторов DR показаны на рисунке выше. Для модулированной горелки вместо регулятора DR2 используется преобразователь давления, который работает совместно с модулятором.

**PZ, PW** — группа электродов для двухпозиционного регулирования подачи питательной воды к котлу. Их главное назначение — включить насос, когда уровень воды в котле станет предельно низким NZ. Насос начнет работать — и котел пополнится водой, необходимой для производства пара высокого давления. Как только зеркало воды достигнет допустимо высокого уровня NW — насос выключится. Принцип работы электродов PZ/PW заключается в измерении проводимости относительно электрода EO. Электрические усилители, работающие с группой измерительных электродов, преобразуют проводимость воды в регулирующие сигналы “включить/выключить” для питательного насоса. На практике для котлов мощностью до 5 МВт, работающих с малой дина-



### Универсальный полиэлектрод для двухпозиционного регулирования уровня воды

микой забора пара, достаточно двухпозиционного регулирования уровня воды (в Украине двухпозиционное регулирование разрешено для котлов паропроизводительностью менее 2,5 т/час). Если котел работает с экономайзером — необходимо, чтобы через него постоянно протекал поток питательной воды. В такой системе следует использовать плавное регулирование уровня воды.

# Паровые котельные высокого давления

## Питательные насосы

### Подбор производительности и количества котлов

#### Оборудование и арматура котла Питательные насосы

**P** — питательный насос для периодического пополнения уровня воды в котле. Управление пуском и остановкой насоса осуществляется при помощи электродов PZ, PW, EO (см. предыдущую страницу). Температура питательной воды должна быть в пределах 102-105°C.



#### Питательные многоступенчатые центробежные насосы

Подготовка питательной воды должна соответствовать требованиям VdT-UV MB 1453. Термическая деаэрация воды должна гарантировать полное отсутствие кислорода.

Подбор рабочего избыточного давления питательного насоса

$$p_{rp} = 1,10 \times p_{siv} = 1,10 \times p_{dmax}$$

где

$p_{siv}$  — давление при полном открытии предохранительного клапана

$p_{dmax}$  — максимальное допустимое давление.

Подбор производительности питательного насоса

$$V_p = 1,25 \times Q_n$$

где

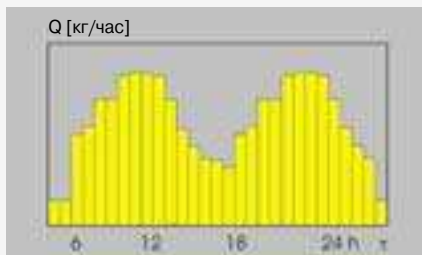
$V_p$  — номинальная производительность насоса

$Q_n$  — номинальная производительность котла

Одна из важнейших задач — защита питательного насоса от кавитации, которая может привести к избыточному возрастанию температуры и давления внутри конструкции насоса и его разрушению.

Это касается и всасывающего патрубка насоса. Поэтому на патрубке необходимо обеспечить избыточный напор  $H_S$

$$H_S = > 4 \text{ м вод. ст.}$$

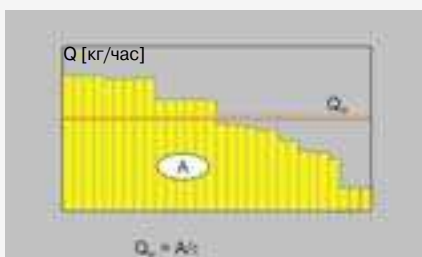


#### Примерная потребность в паре в повторяемом рабочем цикле

Если это условие не будет соблюдено, возникнут предпосылки для кавитации, что, вместе с действием высокой температуры воды 102-105°C, может привести к повреждению насоса.

#### Подбор производительности и количества паровых котлов

В каждом конкретном случае подбор производительности и количества паровых котлов осуществляется целиком индивидуально. Главное — определить режим потребности в паре при повторяемом рабочем цикле  $\tau$  (технологический процесс, рабочие смены и т. п.) — см. пример выше. Далее следует упорядочить режим потребления пара в уменьшающейся либо возрастающей очередности, что проиллюстрировано ниже.



#### Упорядоченный режим потребления пара в повторяемом рабочем цикле

В приведенном примере рассматриваются потребности в паре для технологических процессов. Если пар нужен для обогрева, необходимо, среди прочего, учитывать влияние внешней температуры — как и при определении количества водогрейных котлов. На основании этих данных можно приступить к определению количества и производительности отдельных котлов, а также средней производительности  $Q_{sr}$ .

Расчет потребности топлива в данном случае определяем по формуле

$$m_{upr} = \frac{[r \times x + c_w \times (t_w - t_{pz})] \times Q_{sr}}{3600 \times \eta_k \times W_o}$$

где

$m_{upr}$  — потребность в условном топливе за период  $\tau$ ;

$j$  — единица массы или объема условного топлива; газ — м<sup>3</sup>, жидкое топливо — кг, л;

$Q_{sr}$  — потребность в паре за период  $\tau$  (кг);

$r$  — удельная энтальпия испарения (кДж/кг);

$x$  — сухость пара;

$c_w$  — теплоемкость воды (кДж/кг °C);

$t_w$  — температура кипения воды под рабочим избыточным давлением  $p_r$  (°C);

$t_{pz}$  — температура питательной воды (°C);

$\eta_k$  — КПД котла;

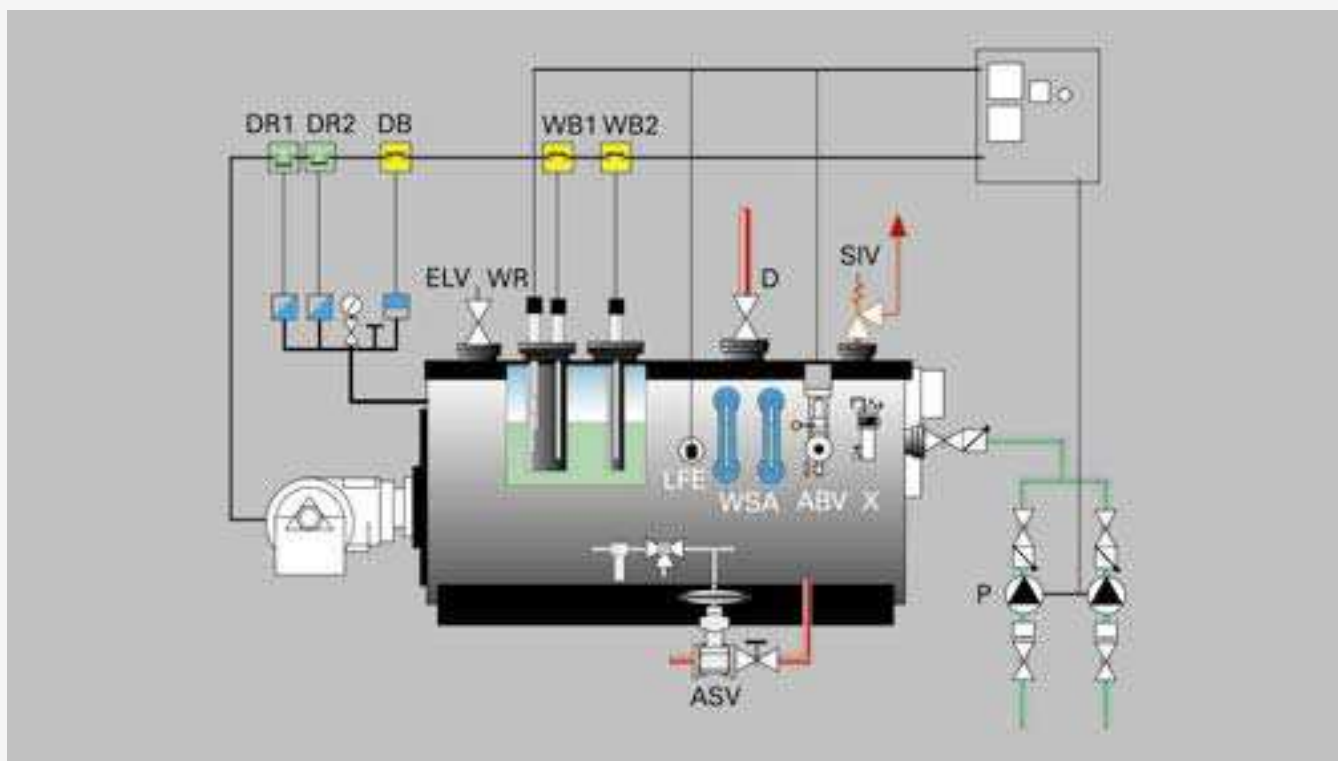
$W_o$  — удельная калорийность топлива (кВт час/л).

При выборе размеров и количества паровых котлов рекомендуем пользоваться приведенными ниже указаниями:

- номинальные параметры должны отвечать оптимальным условиям работы котлов;
- необязательно устанавливать котлы одинаковой мощности. Исключением является ситуация с необходимым условием взаимозаменяемости котлов и стратегического резерва оборудования;
- следует избегать завышения мощности котлов, поскольку длительные перерывы в работе горелки увеличивают потери простоя. Во многих случаях этого трудно избежать, поэтому в котлах Vitomax для минимизации потерь применяется усиленная — 120 мм — теплоизоляция корпуса котла;
- если возникает пиковая потребность в паре, стоит рассмотреть возможность использования аккумуляторов пара;
- рекомендуется использовать модулированные горелки с диапазоном регулирования 30-100% номинальной мощности котла;
- рекомендуется, при соответствующем обосновании, применять экономайзеры. Благодаря такому решению КПД увеличивается на 3-5% и ощутимо снижается расход топлива;
- стоит рассмотреть возможность смены технологии и режима потребления пара.

Приведенные рекомендации очень важны, но они не решают всех проблем, которые необходимо каждый раз учитывать и согласовывать с инвестором.

# Паровые котельные высокого давления Двухпозиционное регулирование уровня воды 24-часовая эксплуатация без надзора



Основное оборудование парового котла высокого давления серии Vitomax 200 HS, функционирующего без постоянного надзора в течение 24-х часов

## Оборудование и арматура котла, работающего без постоянного надзора согласно TRD 401 и 601 (Работа паровой котельной без обслуживающего персонала в Украине запрещена)

Под периодической эксплуатацией котла без надзора подразумевается, что он допущен к работе в котельной без постоянного обслуживающего персонала. Однако требуется, чтобы хотя бы один раз на протяжении определенного периода (24 или 72 часа) персонал выполнял обычные контрольные процедуры в паровой котельной и подтверждал их выполнение. Для этого в состав основного оборудования котла необходимо включить дополнительные контрольные и защитные устройства.

### Основные предохранительные устройства

Требования к оснащению котельной, эксплуатируемой без надзора в течение 24-х часов (по сравнению эксплуатируемой под постоянным надзором):



Универсальный полиэлектрод для парового котла высокого давления

EO — электрод массы  
LP — регулятор ограничителя уровня  
WB — аварийный сигнал и блокировка горелки при низком уровне воды

**WB1, WB2** — электродные ограничители уровня воды, предохраняющие котел от понижения уровня воды ниже минимального. Если зеркало воды опускается ниже допустимого уровня, блокируется работа горелки (аварийное отключение).

**WB1** — ограничитель, смонтированный вместе с электродами для регулирования уровня воды в котле.

**WB2** — ограничитель, являющийся самостоятельным электродом, который устанавливается на отдельном патрубке котла.

**AN** — предварительный электродный ограничитель уровня, сигнализирующий о низком уровне воды.

**Для работы без надзора на протяжении 72-х часов дополнительно требуется:**

**AW** — электродный ограничитель уровня, сигнализирующий о превышении допустимого уровня воды. Он предназначен для недопущения вероятного попадания воды в паропроводы.

# Паровые котельные высокого давления

## Автоматическая непрерывная и периодическая продувки котла

### 24-часовая эксплуатация без надзора

#### Автоматическая непрерывная продувка котла

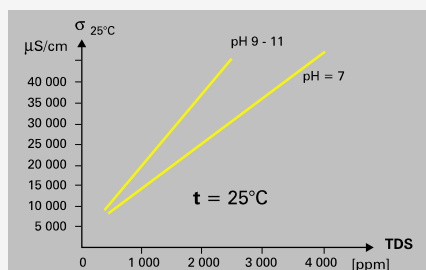
#### Автоматическая периодическая продувка котла согласно TRD 401 и 601

Выше мы уже касались проблемы периодической и непрерывной продувок. Концентрация загрязнений регулируется непрерывной (обессоливание) и периодической (шламоудаление) продувками из определенных зон котла. Эти процессы происходят с одновременной потерей горячей очищенной котловой воды. Чтобы уменьшить эти потери, необходимо применять автоматизированные технологии.

**При 24-часовой эксплуатации без надзора рекомендуется, а для 72-часовой обязательным условием является применение:**

#### ■ автоматической непрерывной продувки АВВ.

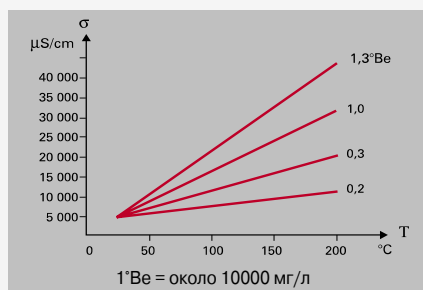
Концентрацию солей в зоне испарения котла нужно контролировать в реальном времени и постоянно. Техническую возможность измерить концентрацию солей дает контроль электропроводимости [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] воды в точке, приблизительно на 10 см ниже уровня воды.



#### Приблизительная зависимость электрической проводимости воды [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] от величины pH и содержания [ppm]

Мерой концентрации соли является активная проводимость. Ее величину необходимо удерживать на определенном уровне, удаляя растворенные соли во время работы котла. Удаление солей осуществляется при помощи зонда, установленного на том же уровне, что и электрод измерения электропроводимости. Правильно подобранная электрическая проводимость воды в зоне непрерывной продувки — это величина, которая отвечает условиям изготовителя котла по химическому составу воды: щелочности "m", количеству силикатов "Si" и хлоридов "Cl". Выполнение этих условий осуществляется при разных проводимостях, в зависимости

от качества питательной воды, возврата конденсата, системы водоподготовки и т. п. Важным параметром, который также изменяет электропроводимость воды в котле, является ее температура. В системах с автоматическим контролем концентрации солей должна существовать возможность компенсации факторов, влияющих на изменение проводимости и на эффективность непрерывной продувки. При автоматической непрерывной продувке электрод соединяется с регулятором, который управляет сервоприводом и регулирует степень открытия продувочного клапана.



#### Влияние температуры и содержания [мг/л] на электрическую проводимость [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] воды

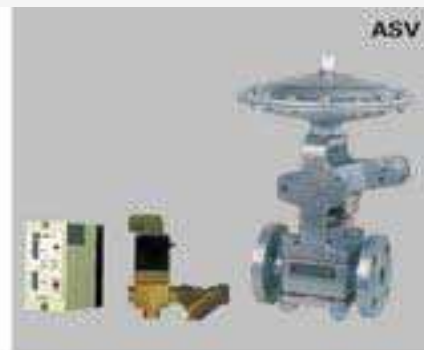
#### При 72-часовой эксплуатации без надзора рекомендуется:

#### ■ автоматической периодической продувки ASV.

Назначение продувочного клапана — предотвращать накопление загрязнителей, взвешенных солей и т. п. в нижней зоне котла. При открытии клапана в котле, вследствие избыточного рабочего давления, возникает внезапный "срыв" осадка и его удаление. Этот процесс протекает эффективно при использовании быстродействующих (быстрооткрывающихся и быстрозакрывающихся) продувочных клапанов.

Для автоматического сброса шлама используется таймер-программатор (генератор импульсов периодической продувки), на котором выставляется время открытия клапана ( $t_0$ ) и интервалы между открытиями клапана  $t$ .

Задачей таймера-программатора является передача электрических импульсов блоку управления, который обеспечивает подачу рабочей среды (воды или сжатого воздуха) к приводу продувочного клапана.



**Рекомендуемое оборудование для автоматической непрерывной продувки из зоны испарения котла. К нему, в обязательном порядке, относится и выключатель предельных значений**

**Рекомендуемое оборудование для автоматической периодической продувки котла. Каждым из этих устройств можно управлять вручную с помощью программатора (генератора импульсов)**

# Автоматическая непрерывная продувка парового котла

## Влияние качества питательной воды

### Срок возврата капиталовложений

#### Автоматическая или ручная непрерывная продувка парового котла

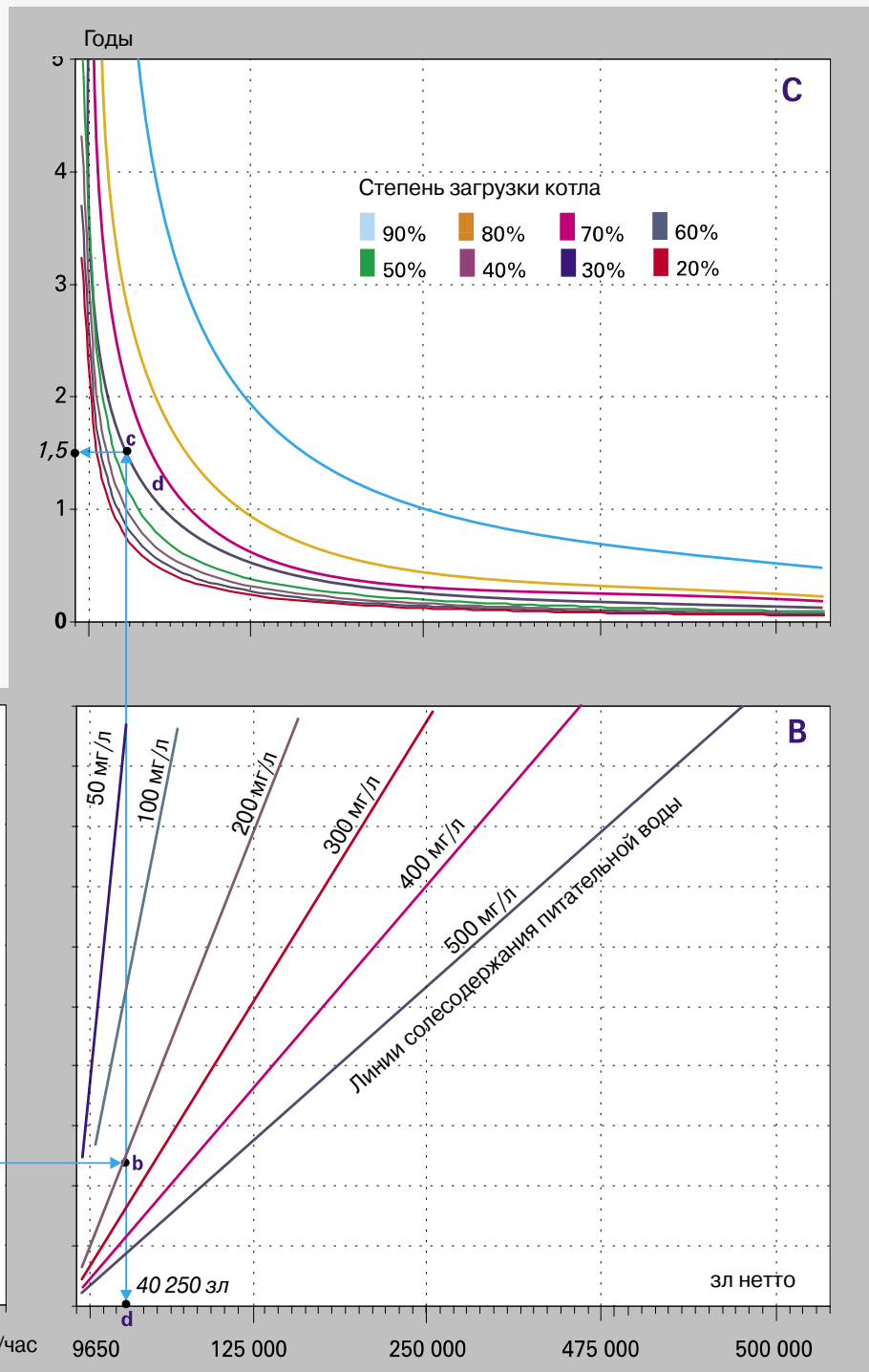
Часто возникает дилемма: какой способ непрерывной продувки избрать? В таком случае рекомендуем произвести соответствующие расчеты.

Для расчетов, обосновывающих необходимость автоматической непрерывной продувки, предварительно выполнены следующие диаграммы.

Исходные данные:

1. Избыточное давление пара..... 13 бар
2. Цена природного газа..... 0,80 зл/м<sup>3</sup>  
(в Украине стоимость газа 0,3 грн/м<sup>3</sup>)
3. Предельная концентрация солей..... 2,5 г/л
4. Котел Vitomax 200..... 4 МВт

Необходимо определить, за какой период окупятся затраты на приобретение оборудования для автоматической непрерывной продувки по



**Диаграмма С — период непосредственной окупаемости автоматической непрерывной продувки**  
**Диаграмма В — годовые затраты при ручной непрерывной продувке**

сравнению со стоимостью ручной.

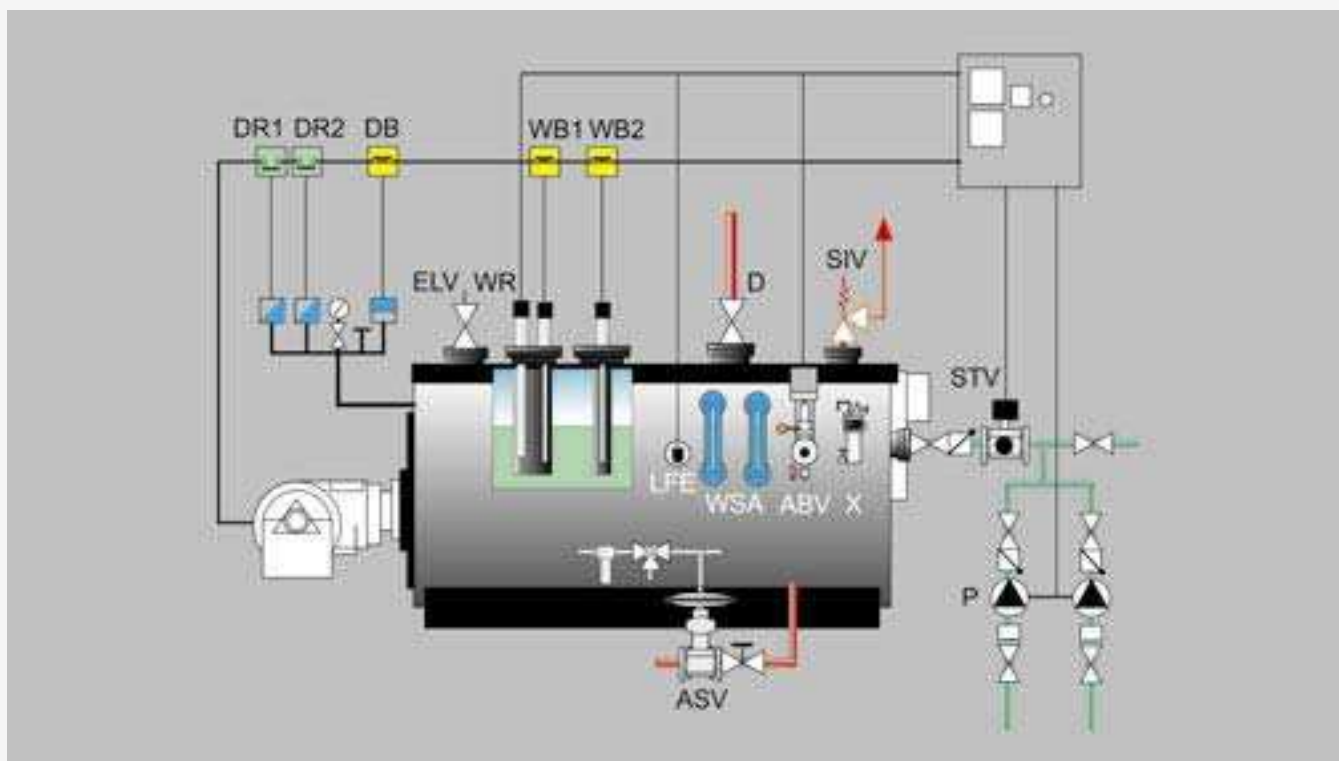
Проследим за ходом процесса.

Для примера выберем паровой котел производительностью 6 т/час (13 бар), который 4000 часов в году находится

в горячем состоянии (диаграмма А, точка а). Это суммарное время, которое включает время производства котлом пара заданных параметров и время готовности котла к работе. На линии, соответствующей солесодержанию питательной воды (200 мг/л) на диаграмме В, отмечаем точку b. Полученная точка d (40250 зл) обозначает годовые затраты при ручной непрерывной продувке, то есть когда клапан постоянно открыт, а также ког-

да котел производит пар — 6 т/час или находится в состоянии готовности. На диаграмме С находим точку с на линии 60%, что отвечает работе котла на протяжении 2400 рабочих часов с расчетной производительностью 6 т/час. Остальное время — 1600 часов (40%) котел находится под давлением в горячем состоянии (готовности к работе). Получаем время непосредственной окупаемости автоматической непрерывной продувки, в нашем примере — всего лишь 1,5 года.

# Паровые котельные высокого давления Плавное регулирование уровня воды 24-часовая эксплуатация без надзора



**Основное оборудование парового котла высокого давления серии Vitomax 200 HS с плавным регулированием уровня воды при работе без надзора в течение 24-х часов**

## Оборудование и арматура котла без постоянного надзора согласно TRD 401 и 604

В некоторых технологических процессах необходимо постоянно подавать питательную воду. В таких случаях котел работает непрерывно и вода постоянно испаряется. Зеркало воды находится в стабильном состоянии, что очень важно при динамическом отборе пара.

Такое решение рекомендуется для котлов, мощность которых превышает 2 МВт (>2 т/час для Украины), и обязательно — для котлов, работающих с экономайзером.

Изменение расхода питательной воды регулируется изменением степени открытия запорного клапана, управляемого сервоприводом. Степень открытия клапана прямо пропорциональна отклонению действительного уровня воды в котле от заданного значения (PR).

Основой регулировки является сигнал от объемного измерительного электрода (WR), передаваемый регулятору уровня, управляющему сервоприводом регулирующего клапана.

## Основные предохранительные устройства

При 24- или 72-часовой эксплуатации котельной без надзора требуются два ограничителя уровня воды. Один из них (WB1) устанавливается вместе с объемным электродом (WR). Второй (WB2) является самостоятельным электродом, устанавливаемым на отдельном фланцевом патрубке котла.

**AN** — предварительная сигнализация, предупреждающая персонал о низком уровне воды в котле; задается на объемном электроде.

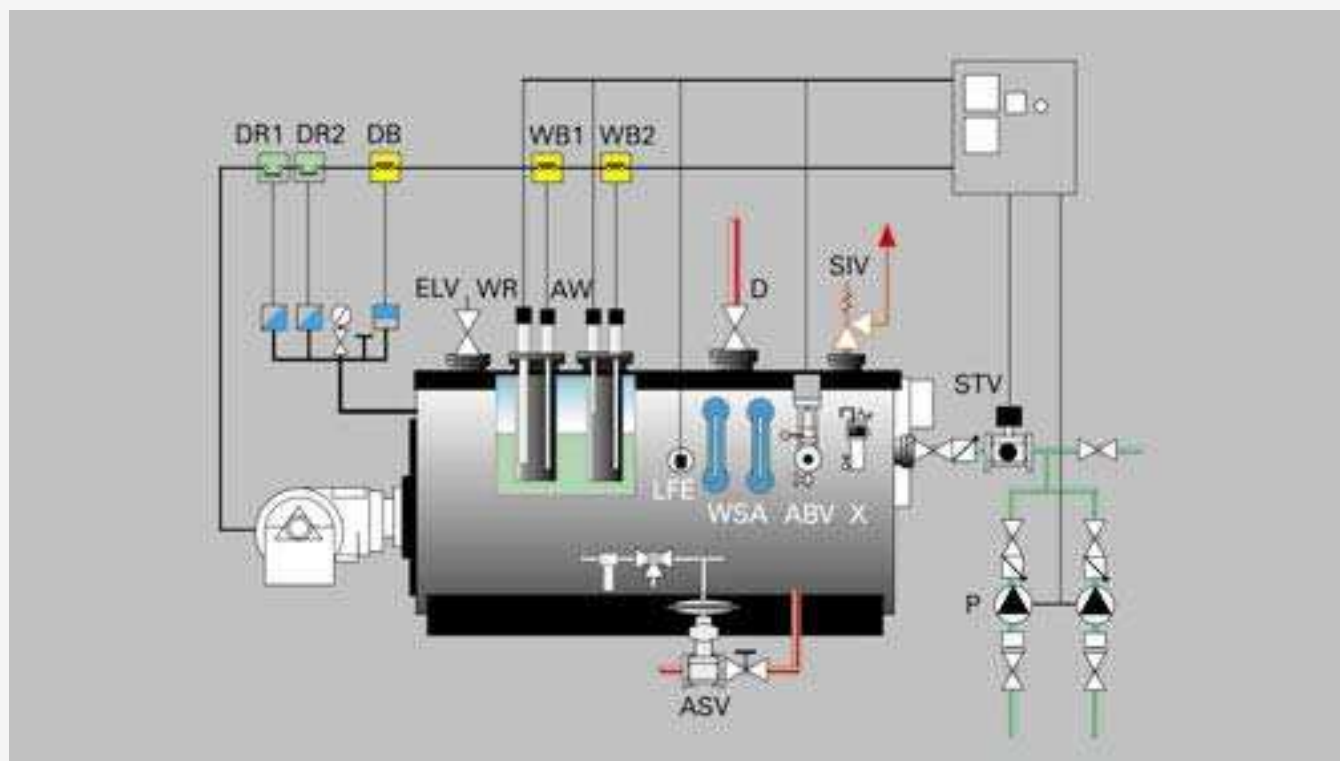
**AW** — сигнализация о высоком уровне воды, настраиваемая на электроде WR и предупреждающая персонал о возможном заполнении парового пространства котла водой и предотвращающая вероятность попадания воды в паропроводы.



**Объемный электрод с ограничителем уровня воды**

- EO1** – электрод массы
- LP1** – регулятор ограничителя уровня
- WB1** – аварийный сигнал и блокировка горелки при низком уровне воды
- PR** – диапазон регулировки
- AW** – авт. сигнал: высокий уровень
- AN** – авт. сигнал: низкий уровень

# Паровые котельные высокого давления Плавное регулирование уровня воды 72-часовая эксплуатация без надзора



**Основное оборудование парового котла высокого давления серии Vitomax 200 HS с плавным регулированием уровня воды при работе без надзора в течение 72-х часов**

## Оборудование и арматура котла без постоянного надзора согласно TRD 401 и 604

При 72-часовой эксплуатации без надзора с применением плавного регулирования уровня воды необходимо придерживаться таких же требований, как и при 24-часовой работе.

**Кроме того, обязательно** применение следующих устройств:

- автоматической непрерывной продувки **ABV**;
- ограничителя максимального уровня воды в виде отдельного электрода **AW**.

### Рекомендуется:

- устройство автоматической периодической продувки **ASV**.

Описание сигнализации максимального уровня воды **AW** приведено на предыдущих страницах. Для повышения надежности системы с плавной регулировкой уровня устанавливается объемный электрод **WR**. Самостоятельный электрод **AW** устанавливается на отдельном штуцере котла вместе с ограничителем минимального уровня воды **WB2**. Он предупреждает об-



## Электродные ограничители минимального и максимального уровня воды

служивающий персонал о заполнении парового пространства котла водой и о возможности попадания воды в паропроводы.

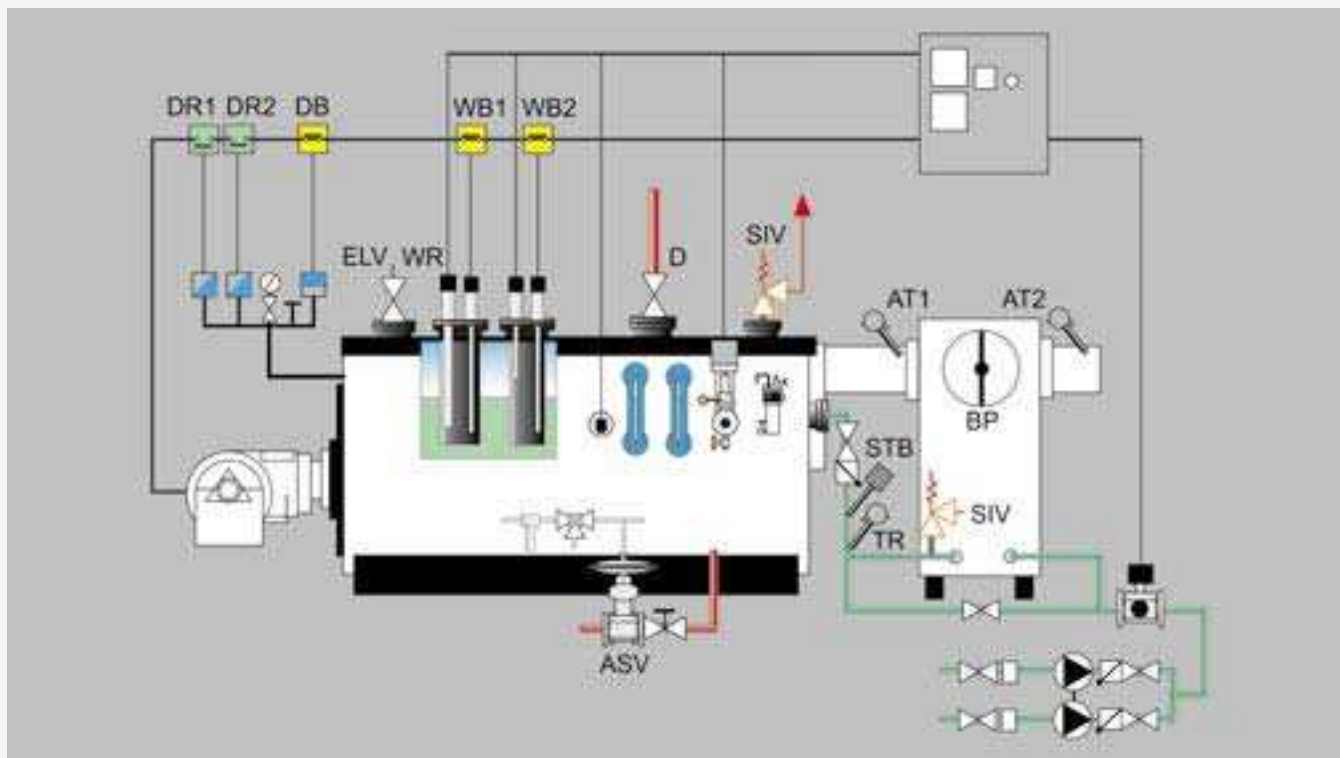
## Другие устройства

Кроме оснащения паровых котлов приборами, обязательными для всех режимов работы, фирма Viessmann предлагает и другое необходимое оборудование, в частности:

- водяную и паровую запорную арматуру;
- обратные клапаны;
- регулировочные паровые клапаны;
- вапоскопы;
- сигнализаторы помутнения масла и др.



# Использование тепла уходящих газов в экономайзерах



Основное оборудование парового котла высокого давления серии Vitomax 200 HS с экономайзером

## Сухая технология охлаждения уходящих газов

Сухая технология предусматривает охлаждение уходящих газов при температурах, превышающих точку росы. Поэтому поверхности теплообменников экономайзеров можно изготавливать не из нержавеющей стали.

Чтобы избежать конденсации, необходимо контролировать температуру уходящих газов AT1/AT2 и при необходимости направлять их непосредственно в дымовую трубу (обход экономайзера по BP (байпасу)).

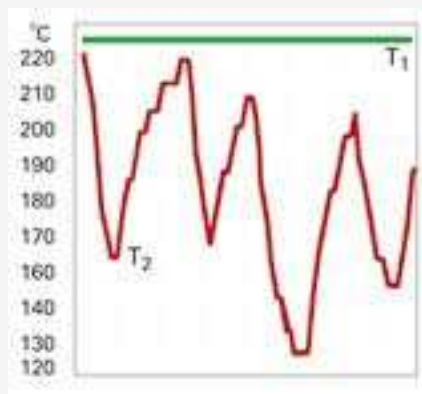
Такое решение используется в паровых котлах для повышения температуры питательной воды, которая после деаэрации составляет 102-105°C.

После прохождения воды через экономайзер возрастает ее энтальпия, что дополнительно повышает КПД системы “котел–экономайзер” на  $\Delta \eta = 4-5\%$ .

Точный подбор экономайзера и определение его эксплуатационных и конструктивных параметров производится после получения детальных исходных данных о проектируемой системе.

На основании результатов наблюдения за работающими котельными установлено, что снижение температуры уходящих газов на  $\Delta t=20^\circ\text{C}$  увеличивает КПД на  $\Delta h=1\%$ . Котельные с экономайзерами начинают применяться все чаще, поскольку капиталовложения на них быстро окупаются.

Обязательным условием работы парового котла с экономайзером является плавное регулирование уровня воды. Рассмотренный выше вариант обеспечивает постоянный отбор тепла уходящих газов, не вызывая при этом резкого повышения температуры воды и аварийного отключения установки ограничителем STB.



Температура уходящих газов перед (T<sub>1</sub>) и за экономайзером (T<sub>2</sub>), Vitomax 200 HS 6000 кг/час, 16 бар

Как видно из графика, уходящие газы охлаждаются в экономайзере на  $\Delta t=80-90^\circ\text{C}$ . Полученный за счет такого охлаждения, прирост КПД составляет  $\Delta \eta=4,5\%$ .



Экономайзер для парового котла Vitomax 200 HS

Примерные технико-экономические расчеты приведены далее. Точные расчеты осуществляют наши специалисты, которые занимаются продажей котлов Vitomax и техническим консультированием.

# Паровые котельные высокого давления Применение экономайзеров Экономические показатели

## Срок окупаемости экономайзеров

Для определения времени окупаемости экономайзера были произведены комплексные расчеты для типоряда паровых котлов:

1. Мощность ..... 2090-9300 кВт
2. Избыточное давление пара ..... 10 бар
3. Стоимость природного газа ..... 0,85 зл/м<sup>3</sup>  
(в Украине стоимость газа 0,3 грн/м<sup>3</sup>)
4. Теплотворная способность газа .. 9,6 кВт час/м<sup>3</sup>
5. КПД котла ..... 90,0%
6. КПД котла с экономайзером ..... 94,5%

Результаты расчетов отображены рядом на диаграмме — срок окупаемости составляет менее 10 лет. Если котел работает более 2000 часов/год, то прямой срок возврата капиталовложений будет значительно короче.

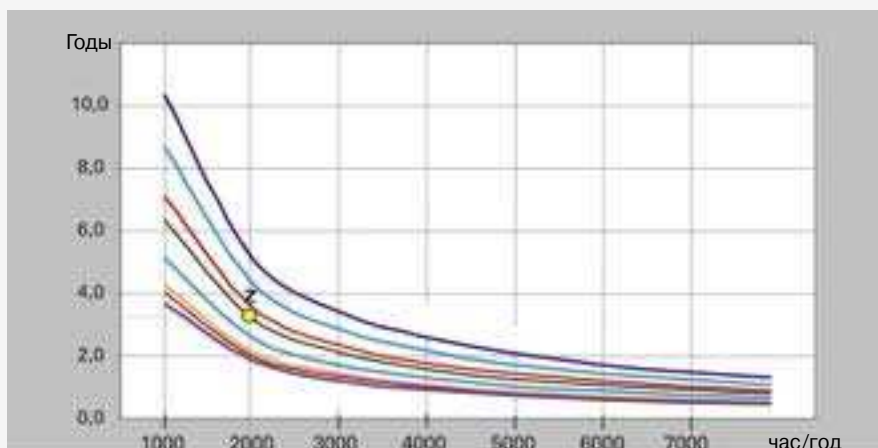
## Стоит ли вкладывать деньги в экономайзер?

Чтобы получить ответ на этот вопрос, был тщательно проанализирован вариант с паровым котлом 4000 кВт (10 бар), работающим 2000 часов в году. Вышеприведенная диаграмма указывает на очень короткий срок возврата стоимости экономайзера — 3,2 года (точка Z).

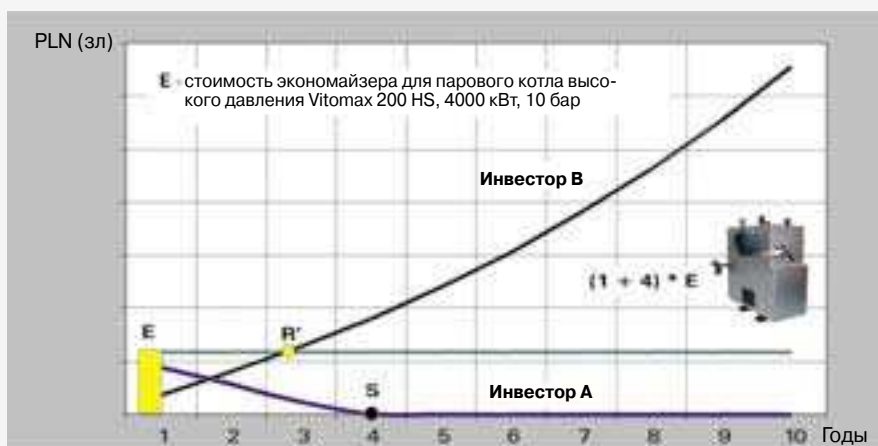
Предлагаем выполнить этот анализ другим способом. Предположим наличие двух идентичных систем с котлами **A** и **B**, а также учтем ежегодное повышение стоимости газа на 5%.

**Инвестор А** — несмотря на наличие средств **E**, достаточных для приобретения и установки экономайзера, изменил намерения и вложил деньги в банк под 10% годовых. Он решил, что потери в размере 4,5% компенсирует размещением капитала под проценты. Из диаграммы, расположенной рядом, видно, что полученных таким способом средств хватит только на 4 года (точка **S**). На протяжении очередных 6 лет инвестор **A** потеряет капитал стоимостью 1,5х**E**.

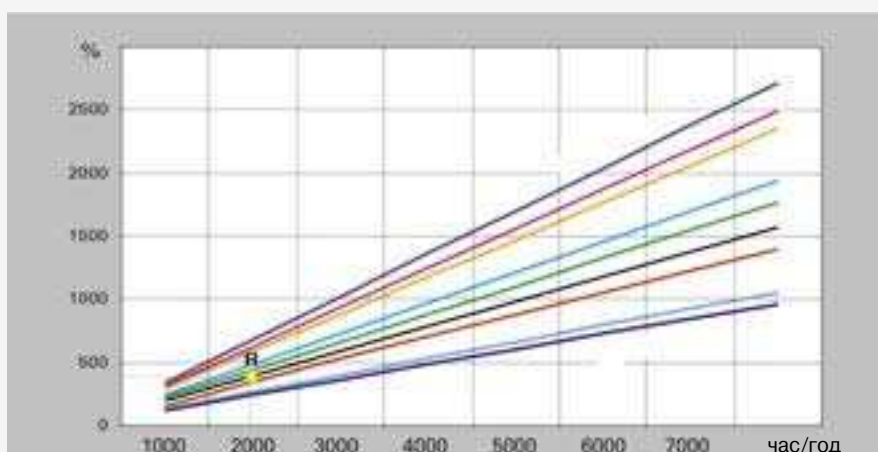
**Инвестор В** — решил установить экономайзер. Увеличение КПД на 4,5% дало прибыль, которую он разместил в том же банке. Ее аккумулированная стоимость достигла стоимости инвестиции **E** всего за 2,8 года (точка **R'** — дисконтный период окупаемости). С этого момента и до 10 лет работы общая дисконтная прибыль достигла стоимости еще четырех экономайзеров (+4х**E**). Целесообразность при-



Диаграммы прямого срока окупаемости экономайзера для паровых котлов Vitomax мощностью 2090-9300 кВт в зависимости от времени работы котла в году



Варианты капиталовложений **E**  
Инвестор **A** — отказ от экономайзера. Инвестор **B** — установка экономайзера

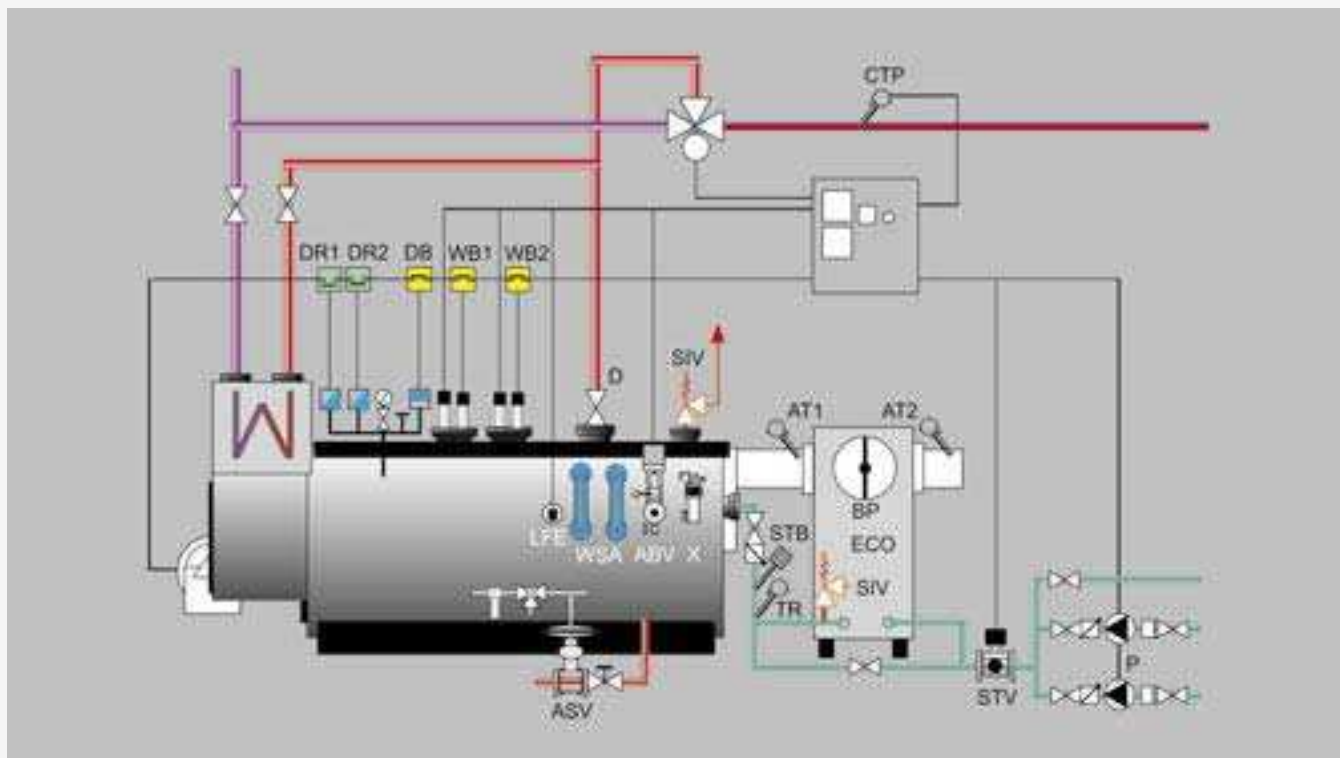


Диаграммы прямого срока окупаемости экономайзера после 10 лет эксплуатации без дисконтирования прибыли – котлы Vitomax 200 (2090-9300 кВт, 10 бар)

менения экономайзера подтверждают также диаграммы прямого возврата его стоимости для котлов Vitomax 200 в пределах мощностей 2090-9300 кВт. Точка **R** относится к примеру **B**.

Точные расчеты для заинтересованных клиентов выполняют наши специалисты по котлам Vitomax.

# Паровые котельные высокого давления Специальные промышленные установки Пароперегреватели



Паровой котел высокого давления серии Vitomax 200 HS, оснащенный пароперегревателем

## Котлы Vitomax 200 HS с перегревом пара

Во многих отраслях промышленности предъявляются специфические требования к рабочим параметрам пара.

Для некоторых процессов требуется пар с температурой выше той, которая достигается при давлении насыщения, поэтому его приходится перегревать. С этой целью на фирме Viessmann разработана специальная конструкция пароперегревателя, который устанавливается между вторыми и третьими газоходами котла Vitomax 200 HS.

Пароперегреватель состоит из гладких труб в виде змеевика, материал которых подобран в соответствии с температурой их стенки.

Такое решение конструкции пароперегревателя позволяет получать пар с температурой около 250°C, и при этом нет необходимости ее регулировать, если нужно только осушить пар.



Процесс изготовления и готовый паровой котел серии Vitomax 200 HS с пароперегревателем

Если существует необходимость, например, только в удержании и стабилизации температуры пара в широком диапазоне производительности, — фирма Viessmann предлагает применять технологию смешения сухого насыщенного пара с перегретым.

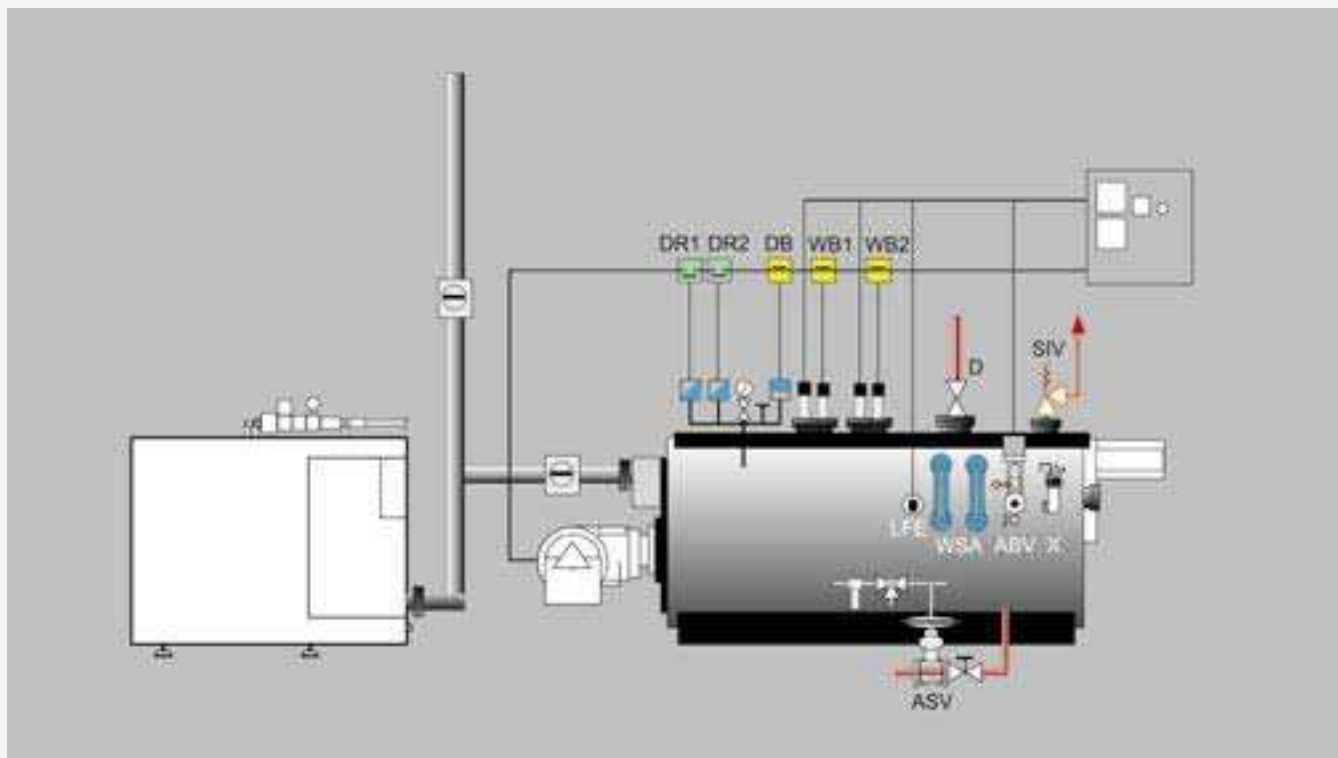
Для этого используются управляемые трехходовые краны специальной конструкции с приводом.



Технологическая схема такого решения представлена на рисунке выше. Процесс производства котлов показан на фотографиях.

Если возникает потребность в паре с другими параметрами, просим связываться с техническим отделом нашей фирмы.

# Паровые котельные высокого давления Специальные промышленные установки Совместное производство электрической и тепловой энергии



Паровой котел высокого давления серии Vitomax 200 HS, работающий с поршневым газовым двигателем

## Котлы Vitomax 200 HS Совместное производство электрической и тепловой энергии

Сегодня интенсивно развивается когенерация — совместное производство электрической и тепловой энергии. Всюду, где существует постоянная потребность одновременно как в тепловой, так и в электрической энергии, выгодно использовать совместное их производство.

К таким потребителям относятся:

- промышленность;
- молочные заводы;
- предприятия по переработке сельхозпродукции;
- овощеводство.

### Электрическая энергия

Производимая генератором электроэнергия подается в сеть предприятия. Установки оснащены собственными системами автоматического управления, которые осуществляют синхронизацию их работы и включение в сеть.

### Тепловая энергия

Для использования тепловой энергии существует много решений. Одним из них является, например, производ-



Котел Vitomax 200 HS, переоборудованный для использования тепла продуктов сгорания поршневого газового двигателя

ство водяного пара по схеме, отраженной на рисунке выше. Для этого на фирме Viessmann разрабатываются котлы Vitomax 200 HS специальной конструкции с дополнительной группой дымогарных труб, которые представляют собой отдельный газоход для использования тепла продуктов сгорания газового двигателя. Котел

оснащен также вентиляторной горелкой, обеспечивающей производство пара требуемых параметров.

Котлы Vitomax этого типа всегда проектируются и изготавливаются в соответствии с индивидуальными запросами клиента.

# Мини-ТЭЦ Vitobloc

## Диапазон электрической мощности 34-330 кВт<sub>el</sub>



### Мини-ТЭЦ

Топливо: **природный газ**

Диапазон электрической мощности **43-330 кВт<sub>el</sub>**

Диапазон тепловой мощности **72-535 кВт<sub>th</sub>**

Топливо: **биогаз**

Диапазон электрической мощности **34-315 кВт<sub>el</sub>**

Диапазон тепловой мощности **58-510 кВт<sub>th</sub>**

Топливо: **легкое жидкое**

Диапазон электрической мощности **117-180 кВт<sub>el</sub>**

Диапазон тепловой мощности **130-185 кВт<sub>th</sub>**

Температура теплоносителя  $t_{zv} = 90 (95)^\circ\text{C}$

Температура обратной воды  $t_{pv} = 70 (85)^\circ\text{C}$

Рабочее избыточное давление  $p_{rv} = 6 \text{ бар}$

Общий КПД  $\eta_v = 87-92\%$

- **Подготовленные к эксплуатации** компактные модули делают мини-ТЭЦ серии Vitobloc универсальными

источниками электрической и тепловой энергии, приспособленными к сжиганию природного газа, биогаза и легкого жидкого топлива.

- **Компактная конструкция** размещается на монолитной раме для монтажа двигателя и генератора.
- **Полная синхронизация** с электрической сетью благодаря собственной системе управления, обеспечивающей возможность как параллельной, так и самостоятельной работы.
- **Пакет услуг** по подбору оборудования в точном соответствии с индивидуальными потребностями клиента. Он включает проектирование, установку, запуск, обслуживание и послегарантийный надзор.



### Технико-экономические показатели

Стоимость энергоносителей, таких как электричество и тепло, очень часто является важным показателем цены изделия или услуги. В свете законов рыночной экономики, где конкуренция играет главную роль в формировании конечной цены, об этом аргументе всегда должен помнить каждый предприниматель.

Неизменно важным фактором остается также техническая совместимость взаимодействующих устройств, таких как котлы, тепловые насосы и другие. Большое значение имеет и состояние развития сервисных служб изготовителя.

В этом отношении фирма Viessmann — очень мощный партнер, так как является производителем именно такого оборудования. Высокая рентабельность источника совместного производства энергии Vitobloc оправдывается всюду, где есть постоянная и длительная (круглогодичная) потребность одновременно в тепле и электроэнергии.

К таким отраслям относятся:

- промышленность;
- молочные заводы, овощеводство;
- объекты здравоохранения;
- предприятия по переработке сельхозпродукции и другие... — перечень нескончаемый.

К исключительно рентабельным объектам капиталовложений относятся очистные сооружения и загазованные мусорные свалки.

Упрощенно можно сказать, что сегодня для мини-ТЭЦ, работающей на природном газе при номинальной нагрузке с общим КПД около 90%, стоимость производства электроэнергии в среднем в 1,4-2 раза ниже рыночной. Стоимость тепла приблизительно такая же или немного ниже стоимости его производства в газовой котельной. Для определения рентабельности когенерационного хозяйства в каждом случае необходимо произвести предварительный аудит для учета индивидуальных условий объекта.

Если Вы заинтересовались когенерацией, просим связаться с техническим отделом фирмы Viessmann — и Вы получите соответствующую анкету. На основании данных анкеты мы разработаем предложение вместе с предварительным технико-экономическим обоснованием.

# Академия фирмы Viessmann

## Технические консультации

## Заводское обслуживание

### Специальное обслуживание клиента

Для конкретной поддержки проектировщиков, фирм-партнеров, инвесторов, исполнителей и всех заинтересованных клиентов создана особая группа инженеров — специалистов по котлам Vitomax и мини-ТЭЦ Vitobloc. Их главной задачей является техническое консультирование и всесторонняя помощь, начиная от предложений до координирования покупки, поставки и пуска оборудования.

Для инвестора, кроме технической, большое значение имеет экономическая сторона мероприятия. Ведущей линией нашей работы является освещение преимуществ производства энергоносителей:



- самых дешевых;
- самых безопасных;
- самых надежных;
- самых экологически безопасных, что обязывает нас к предоставлению услуг на наивысшем уровне.

Очень часто по желанию клиента мы выполняем не только техническую разработку, но и предварительный энергетический аудит, и расчет стоимости эксплуатации в сочетании с оптимальным вариантом оснащения котельной. Такая модель сотрудничества гарантирует ощутимую выгоду от инвестиции и чувство удовлетворения, как личного, так и профессионального характера, для обеих сторон.

### Заводское обслуживание

Главным заданием заводского сервиса фирмы Viessmann является обеспечение поддержки наших фирм-партнеров. Общими усилиями мы стараемся гарантировать всем потребителям оборудования с фирменным знаком Viessmann ощущение надежности и безопасности. Наша философия — это не только предложение продукта безупречного качества, но и

обеспечение специализированного и качественного обслуживания на протяжении многих лет. Это особенно важно для котлов большой мощности, потому что правильное сервисное обслуживание их — гарантия многолетней безаварийной работы.

**Доставка запасных частей** и постоянное наличие более 1000 их наименований на полках наших складов также являются существенной поддержкой для сервисных служб даже спустя 20 лет после продажи котла.

**Постоянное сервисное обеспечение** — это касается даже выходных дней. Котлы Vitomax часто работают на технологические и отопительные потребности жилых микрорайонов и объектов особого назначения. Такие важные объекты нельзя лишать сервисного надзора даже в выходные дни.

Фирма Viessmann предлагает различные решения в области диспетчеризации - дистанционного контроля и управления котельными, - в том числе и с использованием сети Internet.



### Академия фирмы Viessmann

В связи с развитием современных технологий и значительными изменениями в области отопительной техники, мы стремимся создать своим партнерам условия для ознакомления и обмена информацией и опытом в этой сфере. Это касается как проектировщиков и монтажников, так и технического персонала, который обслуживает новейшие котельные и системы отопления. Такая деятельность имеет многолетние традиции и является одним из главнейших пунктов стратегии фирмы Viessmann. Всем заинтересованным лицам предлагается широкая программа профподготовки — как теоретической, так и практической. Для этой цели у нас имеются учебные центры фирмы с аудиториями и лабораториями, оборудованными новейшей техникой.



По просьбе наших партнеров, заказчиков, ВУЗов и других организаций фирма Viessmann проводит различные семинары, посвященные отопительной технике.



# Действующие инструкции Процедура сдачи объекта

## Закон о технадзоре

Согласно закону, водогрейные и паровые котлы Vitomax подлежат техническому надзору. Поэтому все производственные предприятия фирмы Viessmann имеют право изготавливать котлы на основании решения, выданного Управлением технического надзора – TÜV (УТН).

## Разрешение УТН заводу в Миттенвальде

Разрешение на производство выдает-ся при условии выполнения производителем нижеприведенных условий:

- наличие внедренной производственной технологии;
- наличие механического парка, обеспечивающего производство котлов в соответствии с технологией;
- наличие специалистов соответствующей квалификации;
- наличие налаженного контроля качества;
- возможность проведения испытаний на прочность производимых изделий: разрушающих и не разрушающих.

Технический надзор за изделиями осуществляется в процессе:

- проектирования;
- изготовления материалов и элементов, предназначенных для производимой техники;
- производства;
- эксплуатации и ремонта.

Согласно “Правилам устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов”, аппараты, производимые за рубежом, должны иметь:

- сертификат соответствия, выданный украинским сертификационным центром;
- разрешение на применение, выданное Госнадзором охраны труда Украины;
- паспорт установленного образца.

Все котлы Vitomax производства фирмы Viessmann обеспечиваются указанными документами, образцы которых приведены рядом:



Проверка соответствия котла Vitomax технической документации

# Завод в Миттенвальде по производству котлов серии Vitomax

Миттенвальде — небольшой городок, расположенный в южном направлении недалеко от Берлина. Эта часть Земли Бранденбург является крупным промышленным регионом.

Заводы фирмы Viessmann, на которых производятся котлы серии Vitomax, относятся к категории самых современных предприятий в этом регионе.

О стремительном развитии техники Viessmann свидетельствует мощность выпускаемых изделий. Вначале верхним пределом мощности котлов Vitomax были 5,9 МВт, позднее — 10 МВт. Сегодня выпускаются котлы мощностью до 15 МВт.

Претерпели изменения и потребительские параметры котлов, например, давление рабочей среды. На данном этапе 30 бар является верхним пределом, но производственные возможности — неисчерпаемы. К новым типам устройств относятся паровые котлы с одноступенчатыми пароперегревателями.

## Полномочия

Завод в Миттенвальде территориально относится к УТН (TÜV) Берлин-Бранденбург. Он получил полномочия на производство котлов от Управления технического надзора. Эти полномочия являются подтверждением того, что производитель имеет технологию производства и машинный парк, обеспечивающие изготовление котлов в соответствии с технологией и, самое



Завод фирмы Viessmann в Миттенвальде



главное, — коллектив высококвалифицированных сотрудников.

Примечательным является факт, что предприятие в Миттенвальде открыто для заказчиков — они имеют возможность наблюдать процесс изготовления заказанного котла, его контрольные испытания и приемку.

Для наших партнеров и проектировщиков организуются коллективные и индивидуальные выезды на производственные предприятия и семинары по котлам средней и большой мощности в Учебный центр в Берлине. На эти мероприятия мы сердечно приглашаем всех заинтересованных клиентов.

## Литература:

1. Миrowsки А. Методические указания, часть 11. Отопительные и технологические котельные, Viessmann, 2000.
2. Миrowsки А., Лангэ Г. Гидравлические схемы – материалы для проектирования, часть 2, Viessmann 1999.
3. Лангэ Г. Водогрейные и паровые котлы высоких параметров, Viessmann, 1999.
4. Шалуцки К. Регулирование уровня воды: Учебные материалы фирмы Gestra, 1999.
5. Елень И. Фирма Viessmann – техника отопления для овощеводства, Viessmann, 2002.



Право на производство котлов, выданное УТН (TÜV) заводу в Миттенвальде



Этапы изготовления котлов







## Предприятия Viessmann

Фирма Viessmann, на предприятиях которой работает 6800 человек, относится к самым крупным в мире производителям отопительной техники, а ее напольные котлы являются самой популярной торговой маркой в Европе. Марка Viessmann — это символ компетентности и современности. Группа Viessmann предлагает комплексную программу технологически безупречных изделий и точно соответствующую им системную технику. При всей своей разнородности все наши изделия обладают общим свойством: высоким стандартом качества, гарантирующим безопасность эксплуатации, экономию энергии, экологичность и удобное обслуживание.

Множество наших разработок — как в области традиционных технологий, так и в сфере регенерируемой энергии (солнечные системы, тепловые насосы) — определили направление развития целой отрасли.

Во всех начинаниях мы руководствуемся принципом максимальной пользы для наших клиентов, окружающей среды и наших партнеров — монтажных организаций.



**Viessmann предлагает многогранную и одновременно унифицированную программу изделий для разных потребителей**



Ваша специализированная монтажная организация: