

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)

1 Общие сведения

Данная техническая информация описывает требования к котельной и содержит указания по установке котлов и компонентов котельной для паровых котлов, котлов перегретого пара, теплофикационных водогрейных котлов и водогрейных котельных систем. Для проектировщика помещений и зданий для установки котлов данная информация должна служить помощью.

Необходимо соблюдать все национальные и региональные инструкции, а также соответствующие стандарты.

2 Основные требования к помещениям для установки котлов

Нужно придерживаться следующих требований к помещениям для установки котлов:

- Котельное оборудование может быть установлено только в помещении, соответствующем местным требованиям к установке котельного оборудования.
- Место размещения необходимо содержать в чистоте, не допускать попадания пыли (для фильтрованного воздуха использовать фильтры не ниже класса F7 согласно EN779) и водяных брызг. Температура внутри должна составлять 5–40 °С.
- На месте установки пульта управления должна поддерживаться минимальная температура 10 °С. При температуре выше 40 °С необходимо предусмотреть кондиционер для пульта управления.
- В условиях соледержащего воздуха (при близости к морю) интервалы между техническими обслуживаниями котельной установки могут быть сокращены.
- Запретить неразрешенный доступ в помещение для установки котельного оборудования, вывесив легко замечаемые запрещающие таблички.
- В зависимости от параметров котла (водяного объема, давления, производительности) и в зависимости от национальных требований могут применяться упрощенные требования к установке и надзору.
- Требования по звукозащите выполняются в соответствии с местными предписаниями.
- Шкафы управления монтировать так, чтобы на них не передавалась вибрация и встряска от компонентов оборудования. Шкафы управления устанавливать в зонах, защищенных от воздействия теплового излучения и открытых для доступа в случае угрожающей опасности.
- Должен быть обеспечен свободный доступ к ревизионным отверстиям на котле и компонентах установки.
- Если в подтверждении заказа не указано иное, монтаж установки в сейсмически активных зонах запрещен. В противном случае требуется дополнительная проверка сертифицированной службой технадзора.

2.1 Требования к зданию

Необходимо соблюдать следующие требования к зданию:

- Место установки по своим строительно-физическим характеристикам должно быть рассчитано так, чтобы колебания, обусловленные техническим процессом, не нанесли вреда зданию и близлежащему оборудованию.
- Статика корпуса здания должна быть учтена для всех креплений.
- В каждом помещении, где установлен котел, в наружной стене или потолке должна быть по возможности составная свободная поверхность размером не менее 1/10 площади основания (или с размером согласно локальным требованиям), которая в случае избыточного давления в помещении значительно быстрее поддастся напору, чем другие ограждающие стены. При определении площади поверхности для сброса давления необходимо учитывать и соблюдать национальные и локальные предписания, а также требования соответствующих стандартов.
- Монтажное отверстие для внесения котельного оборудования нужно выполнять в соответствии с габаритами отдельных компонентов. Для транспортировки тяжелых устройств в помещении для установки котельного оборудования нужно предусмотреть соответствующие подъемные механизмы.

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)

- Высота в свету и ширина всех поверхностей, пригодных для хождения, должна быть достаточной. Проход в свету над площадкой обслуживания должен составлять не менее 2 м. Необходимо гарантировать доступ к установке в соответствии с местными инструкциями. Если высота в свету помещения, куда устанавливается котел, в силу конструктивных причин меньше требуемой высоты, следует согласовать минимальную высоту с соответствующими местными строительными органами.
- Должны быть предусмотрены соответствующие обозначенные аварийные выходы.
- Помещение для установки котельного оборудования должно быть освещено, особенно в зонах расположения арматур и предохранительных устройств, аварийные выходы так же должны быть освещены.
- Для обслуживания частей оборудования к ним должен быть обеспечен хороший доступ, для открывания дверей должно быть достаточно места (так же и для ревизионных отверстий).

2.2 Рекомендуемые минимальные расстояния

При установке котлов и компонентов к ним необходимо соблюдать следующие минимальные расстояния (при этом следует учитывать региональные инструкции (в том числе в отношении путей эвакуации)):

- Расстояние от стен по сторонам установки: не менее 300 мм (если не требуется обслуживать арматуру, датчики, контрольные отверстия, электрические панели управления и управлять ими) или не менее 800 мм от наружной кромки элемента управления/элемента технического обслуживания.
- Расстояние от стен сзади и спереди: не менее 500 мм (если не требуется обслуживать арматуру, датчики, контрольные отверстия, электрические панели управления и управлять ими) или не менее 800 мм от наружной кромки соответствующего элемента управления/элемента технического обслуживания. Перед котлом должно быть обеспечено достаточное пространство для доступа к поверхностям нагрева котла с целью их очистки с помощью предусмотренного для этой цели прибора.

2.3 Требования к воздуху для горения

Воздух для горения не должен содержать чужеродных примесей, в нём не должно быть ни пыли, ни вызывающих коррозию веществ, таких как растворители или хладагенты. Для котлов-утилизаторов, работающих вместе с агрегатом, генерирующим вторичное тепло (блочная ТЭС или газовая турбина), выполняйте дополнительные указания изготовителя такого агрегата. Относительная влажность воздуха не должна составлять более 80% (без конденсации). Максимальное колебание температуры не должно превышать 30 К.

Температура воздуха для горения минимальная: + 5 °С или задана изготовителем горелки

максимальная: + 40 °С или задана изготовителем горелки

Если максимально допустимое значение колебания температуры превышает, то для топочной установки требуется регулирование кислорода.

Не загораживайте пространство на расстоянии 1 м вокруг вентилятора горелки на стороне всасывания и ограничьте доступ к нему.

2.3.1 Защита от мороза

Необходимо предусмотреть меры по защите котельной от замерзания и/или установить нагрев приточного воздуха (например, нагревательным элементом в отверстии приточного воздуха):

- При опасности низких наружных температур
- В помещениях котельной, где благодаря полной изоляции всех компонентов системы и арматуры возможно лишь минимальное тепловое излучение, допускается отсутствие отопления

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)

2.3.2 Электрическая обвязка

При использовании регулируемых заслонок подводимого воздуха запускать топочную камеру или агрегат, генерирующий вторичное тепло, разрешается только при полностью открытой заслонке подводимого воздуха (бесконтактное оповещение системы управления котла через концевые выключатели противоаварийной защиты). Следует предусмотреть систему управления заслонками подводимого воздуха. Так как для срабатывания приводов заслонки требуется определенное время, возможно падение давления и температуры в котле.

2.4 Требования к фундаменту

Необходимо соблюдать следующие требования к фундаменту:

- Нужно обратить внимание на то, чтобы пол в месте установке котельного оборудования был абсолютно ровным (Допуск по ровности: в соответствии с DIN 18202: 1,5 мм на метр пола) и выдерживал достаточную нагрузку.
- Существующие каналы в полу необходимо закрыть и оснастить сливными устройствами.
- При расчете несущей способности фундамента нужно учесть максимальный рабочий вес соответствующих компонентов. При определении рабочего веса нужно учесть дополнительное оборудование (например, шкаф управления, горелку, шумоглушитель, трубопроводы отработанного газа и т.д.) и суммировать их вес. Рабочий вес соответствует весу заполненных компонентов.
- Эксплуатационный вес котлов в месте расположения передних и задних опор должен принимать на себя фундамент. Следует учесть, что у определенных типов котлов задняя опора (если смотреть со стороны горелки) закреплена на продольной балке (см. соответствующую инструкцию по эксплуатации «Котел с большим водяным объемом»). Передняя опора котла выполнена как плавающая опора, то есть котел при нагреве расширяется вперед.
- При установке каждый компонент нужно выровнять.
- Если из-за корпусного механического шума требуется разъединение между местом установки и оборудованием, перед установкой необходимо подложить под оборудование шумогасящие коврики.
- При установке котла или компонентов системы на несущей конструкции необходимо обеспечить гашение возникающей вибрации несущей конструкцией (например, пружинными амортизаторами в точках опоры).

2.4.1 Монтаж горизонтальных емкостей, компонентов котельной

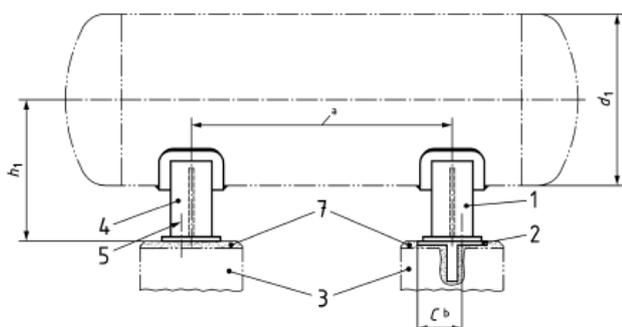
Необходимо учитывать дополнительные требования для монтажа горизонтальных емкостей (компонентов котельной):

- Техническое исполнение опорной конструкции/фундамента и размеры болтов должны соответствовать DIN 28080.
- Для монтажа на фундаментах или на стальной конструкции в середине продольных пазов устанавливаются анкерные болты.
- В основном опоры с продольными пазами крепятся к фундаменту или стальной конструкции. Седловая опора плотно привинчивается и становится неподвижной. Остальные подвижные опоры привинчиваются неплотно и фиксируются контргайкой. Все резьбовые соединения должны выполняться с подкладными шайбами.
- Материалы для скользящих опор и для соответствующей стальной конструкции для монтажа должны соответствовать минимальному качеству прочности S235JRG2 согласно DIN EN 10025.
- Габаритные размеры фундамента (длина x ширина): мы рекомендуем монтировать седловые опоры на фундамент с превышением размеров по периметру на 50 мм (длина + 100 и ширина + 100 мм).
- Для скользящих опор мы рекомендуем превышение размеров по периметру на 25 мм (длина + 50 и ширина + 50 мм) — см. ниже рис. с размером C

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

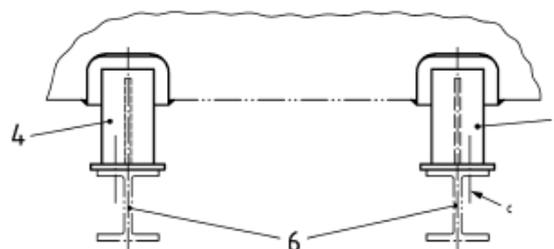
T1024

Издание 13 (06/21)



Монтаж на фундамент

- 1 Скользящая седловая опора
- 2 Скользящая пластина
- 3 Фундамент
- 4 Неподвижная седловая опора



Монтаж на стальную конструкцию

- 5, c Анкерный болт
- 6 Стальная конструкция
- 7 Противовес

Рис. Примеры монтажа аппаратов с седловыми опорами (выписка из стандарта DIN 28080:2015-06, приложение А)

2.5 Воздух для горения берется из помещения, где установлен котел

При отборе воздуха для горения из помещения, где установлен котел, требуются достаточные по размеру отверстия для притока воздуха и удаления его из помещения.

2.5.1 Расположение отверстий

Идеальным местом расположения отверстия для приточного воздуха является обратная сторона котла. Если это по конструктивным причинам невозможно, необходимо проложить направляющие пластины и каналы внутри помещения установки для изменения направления всасываемого воздуха. При планировании размещения отверстия приточного воздуха необходимо учитывать чувствительные к морозу компоненты установки (например, водоподготовку), которые нельзя устанавливать в непосредственной близости к потоку приточного воздуха. Отверстия приточного воздуха в помещении для установки котельного оборудования расположить так, чтобы поток воздуха не касался дверей котла и поворотных камер (для избежания конденсации).

Необходимо предусмотреть отверстие для отводимого воздуха. Отверстия приточного воздуха должны находиться на высоте 500 мм от пола, отверстия для отводимого воздуха расположить в самых высоких точках помещения для установки котельного оборудования. При этом необходимо предусмотреть и сквозное проветривание.

2.5.2 Определение габаритов

Отверстия для приточного и вытяжного воздуха нужно рассчитать так, чтобы в помещении, где установлен котёл, давление составляло ± 0 мбар. Приведённые далее расчётные формулы мы предоставляем как **необязательную рекомендацию**. Обязательно требуется согласование с органами строительного надзора с участием монтажной организации. При определении размеров необходимо учитывать дополнительные потребители приточного воздуха (например компрессоры, блочные теплоэлектростанции, газовые турбины) и соблюдать указания производителя.

Подразделение на группы по теплопроизводительности:

GR 1	≤ 2000 кВт
GR 2	$> 2000, \leq 20000$ кВт
GR 3	> 20000 кВт

Сечения для приточного воздуха:

$A_{GR 1}$	$300 + [(Q - 50) \times 2,50]$
$A_{GR 2}$	$5175 + [(Q - 2000) \times 1,75]$
$A_{GR 3}$	$36675 + [(Q - 20000) \times 0,88]$

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

Если установлены горелки, работающие при полной нагрузке с избытком воздуха (например, газовая поверхностная горелка с предварительным смешиванием), то сечения для приточного воздуха следует увеличить:

	Избыток воздуха λ $1,25 < \lambda \leq 1,4$	Избыток воздуха λ $1,4 < \lambda \leq 1,7$
	Остаточное содержание кислорода при работе на природном газе $3,7 < O_2 \leq 5,4$	Остаточное содержание кислорода при работе на природном газе $5,4 < O_2 \leq 8,0$
Котёл без теплообменника дымовых газов	Увеличение на 30 %	Увеличение на 50 %
Котёл с теплообменником отработанных газов (без использования теплоты конденсации)	Увеличение на 10 %	Увеличение на 30 %
Котёл с теплообменником дымовых газов (с использованием теплоты конденсации)	Увеличение на 5 %	Увеличение на 20 %

Условные обозначения:

A_{GR} = живое сечение в см²

Q = тепловая мощность, кВт

Максимальное соотношение сторон: 1 : 2

Сечения для вытяжного воздуха должны составлять 60 % от соответствующих сечений для приточного воздуха.

Указанные сечения являются полезными сечениями.

2.6 Отбор воздуха для горения не из помещения, где установлен котел

При отборе воздуха для горения не из помещения, где установлен котел (например, по воздушным каналам из других помещений или "с улицы"; установка вентилятора в другом помещении (например, в подвале) для сдвоенных блочных горелок) необходимо соблюдать следующие граничные условия:

- Трубы подачи воздуха и отвода дымовых газов прокладываются отдельно друг от друга (не системы "труба в трубе").
- При расчёте горения нужно учитывать сопротивление потоку воздуха в воздушных каналах.
- Линия подвода воздуха для горения должна быть достаточно герметичной, например с элементами систем вентиляции, соответствующими требованиям классов герметичности C и D стандарта DIN EN 12237 или DIN EN 13180, чтобы исключить подсос стороннего воздуха из котельной (например, опасность возникновения недопустимого пониженного давления в котельной).
- Для контроля перепада давления в воздушных каналах приточного воздуха, например из-за загрязнения, различных условий впуска воздуха через впускное отверстие, обледенения вследствие образования конденсата в канале приточного воздуха, необходимо на стороне всасывания вентилятора воздуха для горения установить устройство контроля пониженного давления (ограничитель давления специальной конструкции), подключенное в цепь безопасности горелки. Благодаря такому контролю давления обеспечивается достаточное количество воздуха для стабильного сгорания.
- Приточный канал в месте всасывания наружного воздуха должен быть защищён от ветра и дождя, а также, если это требуется по местным строительным условиям, нужно установить решётку с размером ячейки не более 15 мм. Отверстие впуска наружного воздуха должно быть расположено на достаточном расстоянии от выхода дымового канала, чтобы избежать всасывания отработанных газов.
- В случае образования конденсата в воздушных каналах необходимо предусмотреть его гарантированный отвод на участке до вентилятора воздуха для горения.
- Обеспечение разрешённой температуры воздуха для горения (см. главу "Воздух для горения") достигается установкой в воздушном канале нагревательных элементов для регулирования температуры всасываемого воздуха. При этом температура воздуха для горения должна контролироваться предохранительным

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

ограничителем температуры на наименьшее и наибольшее допустимое значение. Предохранительные устройства должны быть подсоединены в цепь безопасности котла. Если максимально допустимое значение колебания температуры превышает (см. главу "Воздух для горения"), то для топочной установки требуется регулирование кислорода.

- Чтобы не превышалась максимально допустимая температура на месте установки котла (см. главу «Основные требования к помещению установки котла») вследствие отсутствующего воздухообмена, необходимо на основании тепловых потерь через трубопроводы и теплового излучения от установленных агрегатов предусмотреть вентиляцию котельной. При проектировании вентиляции необходимо учитывать расположение чувствительных к морозу частей системы (например, оборудование для водоподготовки), которые не должны располагаться непосредственно в потоке приточного воздуха. Кроме того, отверстия приточного воздуха должны располагаться так, чтобы приточный воздух не обдувал двери котла и поворотные камеры (для предотвращения конденсации). Необходимо также предусмотреть отверстия для отходящего воздуха. Отверстия притока воздуха должны находиться на высоте 500 мм от пола, а отверстия отходящего воздуха в наивысшей точке помещения, в котором установлен котёл. При этом нужно обеспечить сквозное проветривание.
- Чтобы не допустить роста концентрации ядовитых газов в котельной, установите самотестируемые устройства контроля СО и подсоедините их в цепь безопасности котла (количество устройств контроля зависит от типоразмера котла: 1 рядом с горелкой, 1 в конце котла и дополнительные устройства в зависимости от исполнения системы отвода дымовых газов (например, в местах соединений)). Устройства контроля СО должны регулярно проверять специалисты (не реже, чем каждые 6 месяцев или как задано изготовителем) и заменять их по истечении указанного изготовителем срока эксплуатации.
- При работе на топливе, которое при сгорании загрязняет дымоходы (например, мазут, серосодержащее дизельное топливо или специальные виды топлива), топочная установка должна быть оснащена системой регулирования кислорода с защитным отключением при уменьшении содержания кислорода ниже критического значения.
- Интервал проведения проверки системы отвода дымовых газов (котла и дымоходов до дымовой трубы) в отличие от данных в инструкциях по эксплуатации в разделе В или L нужно уменьшить следующим образом. При проверке особое внимание следует обратить на наличие неплотностей и утечку дымовых газов. Сразу же устраняйте неплотности. Кроме того, проверяйте износ уплотнений в системе отвода дымовых газов и своевременно заменяйте их:
 - Каждые 4 недели потребитель должен осматривать оборудование с целью выявления нарушений. При этом изменения запахов и температурные изменения цвета изоляции могут служить признаком утечки дымовых газов.
 - Каждые 6 месяцев специалисты должны тщательно обследовать оборудование. Неплотности и утечки дымовых газов в недопустимом размере можно определять с помощью газоанализатора кислорода.

Потребитель должен в рамках анализа опасностей (или в соответствии с местными требованиями) проверить, требуются ли другие и/или альтернативные меры. К этому нужно также подключить компетентные контролирующие органы.

2.7 Особые требования при установке на открытом воздухе

При установке на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие дополнительные требования:

- Все применяемые компоненты и узлы установки должны быть пригодными для установки на открытом воздухе (то есть быть из соответствующего материала, иметь необходимый класс защиты, лакировку/ защитное покрытие и т.д.)
- Чувствительные компоненты (топочные установки, шкафы управления, КИП-техника, моторы, насосы и т.д.) должны быть защищены от дождя и солнечных лучей и должны находиться под крышей.
- Теплоизоляция должна быть выполнена в соответствии с существующими условиями.
- Кабельные материал и проводка должны быть пригодными для установки на открытом воздухе.

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

- При опасности замерзания компоненты установки, трубопроводы, насосы и арматура должны быть оснащены сопроводительным обогревом.
- Необходимо предусмотреть эффективный молниеотвод.

3 Топочная установка

Необходимо принять во внимание техническую информацию T1030 – Требование к оборудованию, управлению и эксплуатации паровых, водогрейных и отопительных котлов большого объема с жидкотопливной, газовой или комбинированной горелкой. При монтаже топочного устройства и его компонентов (например, звукоизоляционного кожуха, циркулирующего аппарата жидкого топлива и т.д.) необходимо обеспечить, возможность легкого открывания передней поворотной камеры и беспроблемного поворота горелки. Шланги жидкого топлива, кабели и пр. должны быть проложены соответствующим образом, необходимо обратить внимание на арматуру горелки, выступающую сбоку. Для гашения аксиального расширения котла нужно в продольном направлении к котлу в линию регулировки газа установить компенсатор.

3.1 Топлива

Устройства для хранения, приготовления и подвода топлива располагать и проектировать так, чтобы их можно было безопасно эксплуатировать, и чтобы они соответствовали национальным и местным предписаниям и действующим нормам.

Для пуска в эксплуатацию топочной установки для каждой горелки и для каждого топлива должна быть возможность измерения количества топлива.

3.1.1 Жидкое топливо

Хранение и распределение топлива осуществлять в соответствии с аспектами технической безопасности. Для обеспечения перекачки топлива, при подаче жидкого топлива EL температура подачи не должна быть менее 5 °C, при подаче среднего и тяжелого топлива в зависимости от вязкости необходимы более высокие температуры. При необходимости установить дополнительный подогрев емкости и трубопровода.

3.1.2 Газ

Перед газорегулирующим модулем должно быть устройство для безопасного опорожнения под давлением.

Сжиженный газ должен присутствовать в виде пара в газовом регулирующем модуле. Предохранительное давление передаточной станции не должно быть больше максимально допустимого давления газового регулирующего модуля.

4 Установка отработанных газов

Следующие разделы содержат рекомендации по конструкции установки отработанных газов, которые должны гарантировать бесперебойную эксплуатацию топочной установки (в случае с котлами-утилизаторами в совокупности с агрегатом, генерирующим вторичное тепло, для установки отработанных газов следует дополнительно соблюдать указания изготовителя такого агрегата). При несоблюдении этих правил могут возникнуть значительные проблемы со сжиганием топлива, вплоть до детонации. Обычно это выражается в акустических выхлопах, нестабильности горения и повышенной вибрации котла или его компонентов. Системы сжигания топлива с низким NOx можно классифицировать как более критичные из-за таких проблем. Поэтому установку отработанных газов необходимо проектировать и монтировать особенно тщательно, с применением инженерных решений. См. информационный лист № 32 Федеральной ассоциации немецких промышленников в области домостроительных, энергетических и экологических технологий (BdH - Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.): <http://www.bdh-koeln.de>.

Установка отработанных газов обычно состоит из соединительного участка между котлом и вертикальной частью установки отработанных газов и собственно вертикальной установки отработанных газов (дымовой трубы). В котлах-утилизаторах установка отработанных газов имеет еще один соединительный участок между котлом и агрегатом, генерирующим вторичное тепло.

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

При расчете установки отработанных газов нужно соблюдать следующие требования:

- Системы отвода отработанных газов должны рассчитываться согласно национальным и региональным инструкциям, а также соответствующим стандартам. Общие требования к системам отвода отработанных газов в (на) зданиях приведены в стандарте DIN EN 1443. Исполнение систем отвода отработанных газов должно соответствовать региональным нормам строительного права, а также стандарту DIN V 18160. Для отдельно стоящих дымовых труб наряду с нормами строительного права действуют нормы стандарта DIN EN 13084-1. Положения по выбору размеров содержатся в стандарте DIN EN 13384 для систем отвода отработанных газов в (на) зданиях или DIN EN 13084-1 для отдельно стоящих дымовых труб.
- Каналы для отработанных газов должны быть изготовлены из негорючих материалов и должны быть устойчивыми к воздействию отработанных газов и высоких температур. Материал системы установки отработанных газов должен выдерживать температуры до 350 °С. При оснащении котла четвертой тягой или в случае применения котла-утилизатора для использования тепла отработанных газов из блочной ТЭЦ или газовой турбины установка отработанных газов должна быть предназначена для применения при температурах, указанных в подтверждении получения заказа.
- Рекомендуется устанавливать газоход отработанных газов в соответствии со следующей классификацией согласно EN 1443. В зависимости от граничных условий и местных предписаний может потребоваться и более высокая классификация (например, использование топлива с содержанием серы > 0,2 %: класс антикоррозионной защиты: 3):

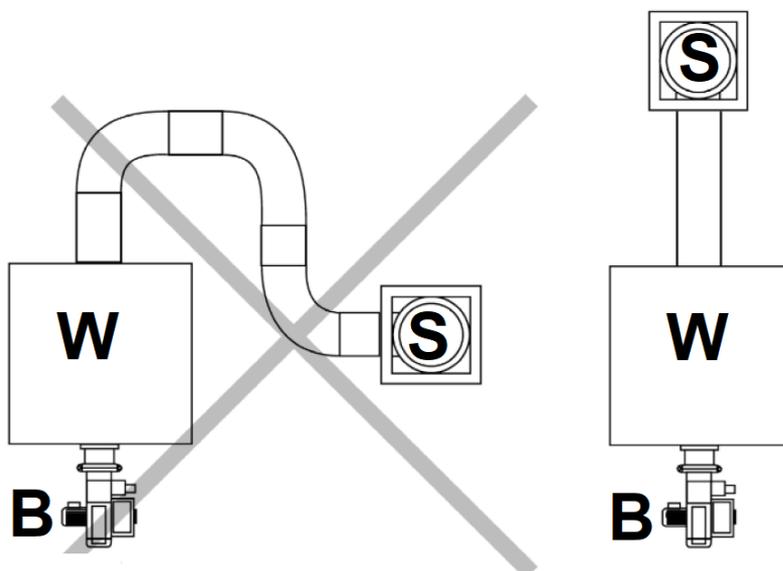
	EN 1443	T400	H1	W	2	Gxx
—						
Номер стандарта	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Класс температуры	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Класс давления	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Класс конденсатной стойкости	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Класс коррозионной стойкости	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Класс стойкости к возгоранию сажи	_____	_____	_____	_____	_____	_____
с указанием расстояния до горючих материалов						

- При выборе материалов для системы отвода дымовых газов необходимо учитывать их состав, чтобы не допустить повреждений или загрязнения контактирующих с ними деталей системы. Если устанавливается конденсатор дымовых газов, то следующая за ним система отвода дымовых газов должна быть пригодна для эксплуатации в конденсационном режиме (исполнение из нержавеющей стали). При этом учитывайте максимальное содержание серы в топливе.
- Система отвода дымовых газов должна быть рассчитана так, чтобы прекращение горения при полной нагрузке и колебания давления, а также колебания процесса горения (особенно при низкоэмиссионном горении) и вытекающие из этого реакции не могли привести к повреждению системы отвода дымовых газов и к их утечке.
- Во время простоя и при минусовых температурах снаружи необходимо защитить систему от повреждения из-за мороза.
- Отработанные газы должны подводиться к дымовой трубе по кратчайшему пути с учетом создаваемого потока (например, короткий восходящий участок пути, с небольшим количеством поворотов) (см. рисунок ниже).

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)



Источник: информационный бюллетень BdH №32 (<http://www.bdh-koeln.de>)

Экспликация:

W	теплообменник
S	Дымовая труба
B	Горелка

- Требуется отделение дымоходной трубы (например, при помощи компенсатора) от системы котел - теплообменник отработанных газов, чтобы, с одной стороны, не допустить распространения корпусного шума и, с другой стороны, погасить вибрации и линейное расширение, возникающее вследствие теплового расширения. Отделение выполняется непосредственно после котла или встроенного теплообменника отработанных газов.
- Необходима изоляция котла-утилизатора или входа четвертой тяги (например, с компенсатором) от системы с агрегатом, генерирующим вторичное тепло.
- Повороты на соединительном участке не должны создавать значительных сопротивлений потоку, для чего следует применять отводы и дефлекторы. Избегайте нескольких поворотов на соединительном участке, так как они могут стать причиной воздушного и корпусного шума, а также скачков давления при пуске. Необходимо избегать остроугольных переходов между квадратными фланцами и соединительными трубами. Также угол переходного конуса на сужениях/расширениях не должен превышать 30°.
- Прокладывайте соединительные участки по возможности восходящими к дымовой трубе (под углом). Необходимо учитывать участок впуска. Не допускается располагать подключения друг напротив друга или на одинаковой высоте при совместной эксплуатации дымовой трубы. Если на конце дымовой трубы имеются насадки, они не должны препятствовать свободному выходу отработанных газов в атмосферу.
- Для каждого котла должна быть предусмотрена отдельная тяга дымовой трубы. Расчет газохода отработанных газов и дымовой трубы производится специализированными фирмами на основе подробных данных и выполняется для давления +0/-1 мбар (для котлов с тепловой мощностью ≤ 2 МВт: +0/-0,5 мбар) в месте присоединения уходящих газов к котлу, теплообменнику отработанных газов или на границе поставки котла изготовителем в каждой точке нагрузки. Система отвода отработанных газов должна обеспечивать постоянные одинаковые соотношения давления в топочной камере во всех режимах и во всех точках нагрузки.
- Дополнительные сопротивления, создаваемые заказчиком в дымоходах (шумоглушители отработанных газов и др.) должны учитываться при расчёте системы отвода отработанных газов или при расчёте горения.
- Если при расчете параметров системы дымовых труб необходимо учесть остаточное давление подкачки горелки, то все детали должны быть согласованы с изготовителями котла, горелки и установки отработанных газов (включая дымовую трубу).
- Несколько топок (не допускается для котлов-утилизаторов и установок отработанных газов для котлов с четвертой тягой) могут подключаться к общей установке отработанных газов (дымовая труба, газоход отработанных газов) только в том случае, если их конструкция допускает возможность такой эксплуатации и соблюдаются следующие требования:

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

- Определение размеров системы для беспрепятственного отвода отработанных газов при любом режиме работы.
- Предотвращение попадания отработанных газов в неработающие топки при эксплуатации с избыточным давлением (например, с помощью герметично закрывающихся заслонок отработанных газов в сочетании с отводом тепла от аэродинамического нагрева на каждом отверстии в направлении потока в сторону заслонок отработанных газов).
- Одинаковые соотношения давления в топочной камере в каждом из подключенных теплогенераторов во всех режимах и во всех точках нагрузки.
- Учитывайте минимальную скорость отработанных газов W_{\min} по DIN EN 13084-1, приложение A, или упрощенно $W_{\min} = 0,5$ м/с
- в местах соединения потоков отработанных газов от топок должно преобладать пониженное давление при любом режиме работы.

По возможности необходимо избегать сведения потоков отработанных газов, так как малая нагрузка на дымовую трубу (например, при эксплуатации одного теплогенератора) ведет к незначительному пониженному давлению в ней. В этом случае отработанные газы не полностью заполняют дымовую трубу, и в нее может попадать холодный воздух. Возникающее охлаждение отработанных газов может привести к отложению сажи, выделению конденсированных паров и опасности возгорания в дымовой трубе. Если соединения потоков отработанных газов все же избежать не удастся, то на коротком участке установки отработанных газов они должны быть изолированы друг от друга разделителем и проходить параллельно, чтобы исключить их взаимное влияние.

Если к установке отработанных газов подключается несколько котлов, то к ней нельзя подключать:

- топочные камеры, работающие на сжиженном газе
 - топки с вентилятором, если не все топки установлены в одном помещении.
- В котлах с двумя жаровыми трубами при работе одной жаровой трубы и подключенным за котлом экономайзером или конденсатором отработанных газов необходимо предусмотреть разделение трубного пучка теплообменника на стороне отработанных газов так, чтобы отработанные газы целенаправленно направлялись в систему отвода отработанных газов. Если две трубы отвода отработанных газов от котла с двумя жаровыми трубами сходятся вместе перед дымовой трубой, то в этом месте должно преобладать разрежение (при полной нагрузке в режиме работы с одной жаровой трубой). Если это не так, то требуется вентилятор запирающего воздуха на каждую горелку.
 - Образующийся конденсат должен беспрепятственно стекать по всей длине, обрабатываться и отводиться по местным правилам (например, инструкция ATV 251).
 - Люки для чистки следует располагать согласно местным инструкциям (например, DIN 18160-1, DIN 18160-5, директива IVS 105), возможно, требуется согласование со специалистами по дымовым трубам.
 - Газоход отработанных газов после котла должен предоставлять возможность проведения измерений отработанных газов. Закрываемое отверстие для измерений обычно выполняется в соединительном участке между теплогенератором и дымовой трубой позади последнего теплообменника. Отверстие для измерений должно находиться позади патрубка отработанных газов котла/теплообменника на расстоянии, примерно соответствующем двукратному диаметру соединительного участка. Диаметр отверстия для измерений должен составлять не менее 15 мм.
 - Расположение дымоходной трубы прямо на теплообменнике отработанных газов возможно только в том случае, если нагрузка и горизонтальные силы (например, при ветровой нагрузке) не воздействуют на теплообменник. Таким образом, необходима отдельная опора для дымовой трубы. Чтобы не допустить попадания дождевой воды в теплообменник отработанных газов и, соответственно, коррозии, следует предусмотреть защитное покрытие для дымоходной трубы.
 - При добавлении заслонки отработанных газов в систему ОГ необходимо обеспечить беспрепятственный вывод отработанных газов из топочной камеры в дымовую трубу. Защитная система, используемая вместе с заслонкой отработанных газов, должна удовлетворять требованиям из соответствующего анализа опасностей и рисков, проведенного специалистами заказчика для конкретной установки. В качестве базы можно использовать техническую информацию T1049 "Анализ опасностей и рисков производителя котла". Обязательно учитывайте

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)

классификацию защитной системы, указанную в данной технической информации. При использовании соответствующего требованиям безопасности концевого выключателя "ОТКР" на заслонке отработанных газов контакт концевого выключателя добавляется в важную для обеспечения безопасности часть системы управления котлом. Розжиг горелки топочной камеры должен происходить только в том случае, если от концевого выключателя поступает обратный сигнал о полностью открытой заслонке отработанных газов. Так как для срабатывания приводов заслонки требуется определенное время, возможно падение давления и температуры в котле. Настройку конечного положения "ЗАКРЫТО" следует выполнить так, чтобы заслонка никогда не закрывалась полностью. Это позволяет предотвратить повреждения из-за образования тепловой пробки на встроенной горелке. Чтобы обеспечить надежный отвод возможной тепловой пробки, необходимо, чтобы за заслонкой отработанных газов (в направлении дымовой трубы) сразу же после отключения соответствующей горелки возникало достаточное пониженное давление. Для герметично закрывающейся заслонки в направлении потока к заслонке отработанных газов можно предусмотреть отверстие для отвода тепловой пробки. При использовании ограничителя давления ОГ в защитной системе заслонки отработанных газов включающий контакт ограничителя давления ОГ интегрируется в электрическую цепь безопасности котла.

4.1 Системы отвода отработанных газов с внешней рециркуляцией

В топочных устройствах с внешней системой отвода отработанных газов необходимо предусмотреть следующее.

- Для вывода системы рециркуляции отработанных газов из эксплуатации (например, для осмотра) необходимо предусмотреть надежную блокировку (например, запорным клапаном, заглушкой) в точке отбора отработанных газов.
- Необходимо предусмотреть отвод конденсата через соответствующий сифон.
- Линия внешней рециркуляции отработанных газов должна быть выполнена из коррозионностойкого материала и иметь как можно меньшую длину. Подключение внешнего трубопровода рециркуляции ОГ к горелке должно выполняться разъемным, а для отведения горелки или опускания кожуха у горелок со звукоизоляционным кожухом, достаточно было снять лишь небольшую часть трубопровода.
- Необходимо исключить напряжения трубопроводов вследствие их нагрева. Для этого при необходимости в трубопровод рециркуляции отработанных газов устанавливают компенсатор. Он зависит от линейного расширения котла (температуры теплоносителя в котле) по сравнению с линейным расширением трубопровода рециркуляции отработанных газов (зависит от температуры циркулирующих отработанных газов и используемого материала трубопровода).
- Изоляция трубопровода должна быть выполнена надлежащим образом. На горелке или камере смешивания в зависимости от температуры следует предусмотреть изоляцию или защиту от прикосновения.
- Трубопроводы рециркуляции обеспечиваются держателями по месту установки.

5 Система трубопроводов

5.1 Параметры трубопроводов

- Трубопроводы должны рассчитываться в соответствии с местными предписаниями и специальными стандартами с учетом возникающих потерь давления и скорости потоков.
- Применение надлежащих материалов для изготовления принадлежностей (в том числе кронштейнов для трубопроводов).
- При использовании шланговых проводов со стороны подвода дизельного топлива соблюдайте национальные и местные предписания и соответствующие стандарты. Максимальная длина шланга (согласно стандарту DIN 4755) составляет 1,5 м. При большей длине линии необходимо устанавливать твердый трубопровод.
- Для котлов с четвертой тягой для использования тепла отработанных газов из блочной ТЭЦ или газовой турбины необходимо проложить соединительные трубы для четвертой тяги таким образом, чтобы вибрации или колебания от газовой турбины или блочной ТЭЦ не передавались на котел или теплообменник (требуется установка компенсаторов, глушителей шума перед котлом).

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

5.2 Выбор материала трубопроводов

В общем случае следует применять соответствующие материалы согласно техническим характеристикам (давление и температура защиты) в подтверждении получения заказа или паспортам котла и компонентов оборудования. Для водопроводных трубопроводов следует дополнительно учитывать требуемое качество воды. Кроме того, следует соблюдать инструкции по эксплуатации котла, компонентов котла или компонентов оборудования.

5.2.1 Общие указания по выбору материала трубопровода

- О материалах трубопроводов отработанных газов см. главу «Установка отработанных газов».
- Трубопроводы сжатого воздуха (например, управляющий трубопровод быстродействующей арматуры удаления шлама) должны быть как минимум оцинкованными.

5.2.2 Выбор материала трубопроводов для парового котла

Все подводящие и отводящие трубопроводы должны быть изготовлены из стали. За исключением:

- паропровод (09.001 и 42.001/42.101): «кулинарный» пар, пищевая промышленность, линия к потребителю из нержавеющей стали.
- Линия продувки (12.001 и 12.101): трубопровод должен быть изготовлен из нержавеющей стали, так как продуваемая котельная вода обладает абразивными свойствами. Отводы в трубопроводах удаления шлама должны быть толстостенными.

5.2.3 Выбор материала трубопроводов для компонентов котла или компонентов оборудования

В отношении всех составных частей котла и компонентов оборудования необходимо соблюдать следующие указания:

Трубопровод	Указания по выбору конструкционных материалов
Подпиточные трубопроводы (например, трубопровод от установки подготовки воды к установке дегазации (41.001, 62.011))	в зависимости от качества протекающей воды: <ul style="list-style-type: none"> • высокое содержание солей: конструкция из стали • малое содержание солей/отсутствие солей: использование коррозионно-устойчивых материалов (нержавеющая сталь)
Трубопроводы контура вторичной воды (например, в конденсаторе отработанных газов (33.009))	
Подпиточные трубопроводы после теплообменника (например, теплообменники для выпара (61.002, 41.002), модуль расширения и рекуперации теплоты (60.012), конденсатор отработанных газов (33.010), охладитель питательной воды)	Благодаря нагреву подпиточной воды отводятся содержащиеся в ней агрессивные газы (кислород, диоксид углерода): трубопроводы из нержавеющей стали
Трубопроводы конденсата (30.006, 30.007, 62.007, 64.004, 64.005)	в зависимости от качества водного конденсата: например, при pH-параметре менее 9 в качестве конструкционного материала следует выбирать нержавеющую сталь
Провод для выпара деаэрационной установки (30.005, 61.004)	Конструкция из нержавеющей стали вследствие агрессивных газов, содержащихся в паре (кислород, диоксид углерода)
Трубопроводы конденсата отработанных газов (трубопроводы 33.012, 32.012)	при использовании конденсатора отработанных газов: конструкция сети конденсатопроводов из нержавеющей стали

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

TI024

Издание 13 (06/21)

5.3 Монтаж трубопроводов

- Все подводящие и отводящие трубопроводы необходимо прокладывать в соответствии с региональными действующими предписаниями и в соответствии с признанными правилами техники.
- При монтаже трубопроводов необходимо учитывать тепловое расширение трубопроводов и компонентов установки (котла, теплообменника отработанных газов).
- Трубопроводы необходимо прокладывать без нагрузки, они не должны воздействовать на компоненты установки.
- Горячие трубопроводы должны быть обозначены, должны и иметь хорошую изоляцию в зоне доступа, чтобы исключить травмы от касания горячих поверхностей.
- Выход в насосный зумпф, канал и т. д. должен быть сделан так, чтобы можно было контролировать вытекающую воду.
- Указания по определению параметров (условного прохода, максимальной длины трубопровода и максимального количества колен) приведены в инструкциях по эксплуатации отдельных компонентов.
- Указанные в технических паспортах допуски размеров макс. +/-1 % взяты из применяемых технологических методов изготовления для исходного материала и сборки. Влияния допусков размеров необходимо учесть при проектировании и при предварительном монтаже соединительных трубопроводов на котле, компонентах котла и котельной установки компенсировать посредством монтажных сварных швов и подгонки на стройплощадке.

5.4 Вентиляционные и сливные трубопроводы

- Трубопроводы должны прокладываться наикратчайшими отрезками, в самой нижней точке должен быть предусмотрен слив, а в самой верхней точке отверстие для сброса воздуха.
- Трубопроводы периодического и непрерывного продува, опорожнения и продувки вести отдельно и с наклоном к барбатуру. При этом перед вводом в сеть канализации сточные воды необходимо охлаждать в соответствии с местными предписаниями.
- Если трубопровод удаления шлама прокладывается вверх с подъемом более чем 1 метр, то перед каждым процессом удаления шлама с трубопровода необходимо сливать воду с самой нижней точки.
- Для трубопроводов удаления шлама с котлов низкого давления необходимо обращать внимание, чтобы трубопровод от присоединения котла (слива) поднимался вверх не более чем на 2 метра.
- Продувочные трубопроводы для сброса избыточного давления и трубопроводы удаления воздуха следует проложить с безопасным выходом в атмосферу, с защитой от попадания дождевой воды и грязи, а дренаж выполнить в самой низкой точке. При прокладке трубопроводов необходимо учитывать, что не допускается горизонтальная или нисходящая прокладка. В трубопроводах удаления воздуха в установке частичной деаэрации или в установке сбора конденсата это помогает избежать образования конденсата в трубопроводе и одновременно так называемых "плевков" на выходе из трубопровода. При необходимости увеличения длины трубопровода следует установить в трубопровод удаления воздуха отстойник с вентиляцией и дренажем согласно инструкции по эксплуатации соответствующих компонентов. Для разделения смеси воды и пара в котельных установках на горячей воде и установках с водогрейным котлом необходима емкость расширения на продувочном трубопроводе для защиты от избыточного давления.
- Объединение продувочных предохранительных трубопроводов избыточного давления с другими трубопроводами допускается только в исключительных случаях и при соответствующем расчетном подтверждении.
- Сливные штуцеры в контуре отвода дымовых газов на котлах (например, в камере дымовых газов) и компонентах оборудования должны иметь водяной мешок размером не менее 10 см, чтобы не допустить выход дымовых газов. Сливные трубопроводы (из нержавеющей стали) должны проходить через систему нейтрализации. Во избежание возникновения нежелательного обратного потока не допускается прокладывать их вместе с трубопроводами, транспортирующими другие среды.

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

- Пусковой трубопровод для котла завязать в систему трубопроводов так, чтобы каждый котел во время процесса пуска безопасно через паровую запорную арматуру отдавал пар в атмосферу.

5.5 Трубопроводы для отвода конденсата (пара) и система отвода конденсата

- Правильный расчет трубопроводов конденсата является определяющим для эксплуатационной безопасности и продолжительности службы системы отвода конденсата.
- В зависимости от степени переохлаждения конденсата и соотношения давлений до и после отводящего трубопровода испаряется более или менее значительная часть конденсата. Так как этот вторичный пар имеет значительно меньшую плотность, чем жидкий конденсат, параметры трубопроводов конденсата ни в коем случае нельзя рассчитывать как исключительно параметры для водопроводов.
- Рекомендуется прокладывать трубопроводы конденсата с постоянным уклоном не менее 1 % в направлении потока, чтобы жидкий конденсат мог без проблем стекать, а теплообменник и трубопроводы могли опорожняться. Это упрощает процесс запуска теплообменников и уменьшает опасность коррозии.
- Особенно следует избегать скопления воды в трубопроводах конденсата.
- Вертикальные участки трубопроводов конденсата возможны, помимо гидростатической потери давления здесь следует учитывать более значительное снижение гидродинамического давления. Горизонтальные участки по-прежнему необходимо прокладывать с уклоном, а в самых низких точках следует предусмотреть подходящую систему опорожнения при низких температурах или свободный дренаж при пуске котла.
- Так как конденсат обычно образуется на недостаточной высоте над баком питательной воды, его необходимо собирать в баках сбора конденсата и возвращать в систему при помощи конденсатных насосов/устройств для подъема и перемещения конденсата.
- При выборе размеров конденсатоотводчиков на теплообменниках необходимо учитывать минимальный перепад давления. Он рассчитывается по формуле: минимальное давление пара в сети минус потери давления на арматуре и максимальное противодавление в трубопроводе конденсата после соответствующего отводящего трубопровода.
- Паропроводы и трубопроводы конденсата следует прокладывать отдельно друг от друга, чтобы тепло пара не передавалось на конденсат.
- Опасность замораживания проложенных вне помещений трубопроводов конденсата следует исключить за счет комплекса подходящих мер, таких как изоляция, опорожнение при низких температурах, герметическое перекрытие соответствующих участков трубопровода или сопутствующий нагрев.

5.6 Отвод конденсата отработанных газов

- Исполнение системы отвода конденсата из нержавеющей стали.
- Если отвод конденсата отработанных газов выполняется под действием силы тяжести, внутренний диаметр отводящего трубопровода должен составлять минимум 13 мм.
- Отводящий трубопровод должен иметь сифон с водяным затвором, предотвращающий попадание в помещение для монтажа отработанных газов.
- Обрабатывайте конденсат, образующийся в котле/теплообменнике и в газоходе отработанных газов, в соответствии с предписанием (например, через установку для нейтрализации отработанных газов). Сброс конденсата в городскую канализационную сеть должен осуществляться в соответствии с предписаниями, действующими в данной стране.

6 Монтаж арматуры и компонентов установки

Во время монтажа арматуры и компонентов установки необходимо соблюдать следующие требования:

- Арматуру монтировать без нагрузки. Монтажные ошибки нельзя исправлять силовым затягиванием фланцевых болтов.
- Соблюдать монтажную соосность и чистоту уплотняющих поверхностей.

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

- Фланцевые уплотнения необходимо проверить на чистоту и правильную посадку.
- При необходимости сбросить воду с арматуры, чтобы предотвратить гидроудары.
- Во время монтажа отдельных компонентов установки и арматуры соблюдать указанное направление потока и следить за удобством обслуживания.
- Трубную обвязку питательной воды провести напрямую, обтекаемо. Питательные насосы расположить непосредственно у баков питательной воды. При установке питательных насосов следует соблюдать необходимую минимальную высоту подачи насоса.
- Для котлов с использованием теплоты конденсации дымовых газов необходимо использовать нейтрализационные установки достаточных размеров, согласно действующим местным предписаниям.
- Винты и гайки для фланцевых соединений должны быть рассчитаны на максимально возможные температуры и давление. Кроме того, они должны быть изготовлены из подходящих материалы в соответствии с международными, национальными и местными нормами (например, материал 5.6. для винтов или материал 5 (прежнее обозначение 5-2) для гаек). При наличии перегревателя с максимально допустимой температурой (предохранительный ограничитель температуры) от 300°C должны устанавливаться податливые винты (например, материал 1.1181 S35E / S35) и гайки (например, материал 1.0501 S35E / S35). Если применяются другие материалы, то необходимо обосновать их применение.
- Для установок с несколькими котлами (паровые котлы или установки перегретой воды) обязательно требуется гидравлическое разделение отдельных котлов через обратную арматуру (для паровых котлов, например, на распределителе пара), чтобы исключить взаимное влияние котлов (перегрузка давлением или обратный поток).
- Если в системах горячего водоснабжения насосы (насос контура котла, подъемный насос и т.д.) геодезически установлены ниже котла, то при проектировании давления насосов и соответствующей арматуры необходимо учитывать геодезическую разницу между местом установки насоса и присоединением предохранительного клапана котла.

7 Монтаж техники измерения, управления и регулировки

При монтаже компонентов техники измерения, управления и регулировки необходимо соблюдать следующие требования:

- Необходимо проследить за монтажным положением, монтажными условиями (например, максимальной окружающей температурой) и необходимыми подводщими и отводящими отрезками сенсоров (для этого необходимо соблюдать инструкцию по эксплуатации соответствующего прибора).
- При установке сенсоров в трубопровод отработанных газов необходимо следить, чтобы они монтировались в трубопровод с подъемом или в трубопровод, вертикально поднимающийся вверх (строго необходимо для ограничительных устройств). Возможно образующийся конденсат должен беспрепятственно стекать.
- Если перед сенсорами устанавливаются водяные буферы, то они должны быть заполнены дистиллированной водой.
- Сенсоры должны быть установлены так, чтобы они были доступны для пуска в эксплуатацию и технического обслуживания.

8 Заземление и выравнивание потенциалов

Заземление и выравнивание потенциалов должны выполняться организацией, выполняющей монтаж установки, в соответствии с "Требованиями по защите от поражения электрическим током" согласно IEC 60364-4-41:2005 (в Германии согласно DIN VDE 0100-410:2007-06).

Техническое исполнение выравнивания потенциалов и размеры поперечного сечения проводов приведены в IEC 60364-5-54:2011 (в Германии в DIN VDE 0100-540:2012-06).

При изменении места установки необходимо предусмотреть, например, установку трубопроводов, фланцев, арматуры, контрольно-измерительных приборов, двигателей, насосов, корпусов котлов, компонентов котлового

Требования к котельным - Указания по установке котлов и компонентов котельной

T1024

Издание 13 (06/21)

оборудования, электрошкафов и т. п. На котлах и компонентах котлового оборудования заземление может выполняться непосредственно на опорной раме (например заземляющие клеммы). При этом соединение между опорной рамой и опорой котла или резервуара должно выполняться через токопроводящее соединение.

Расчет должен осуществляться согласно местным действующим предписаниям и отвечать (при наличии) требованиям производителей отдельных компонентов.

Минимальные требования:

- Должна быть обеспечена механическая прочность и коррозионная стойкость компонентов заземления.
- Должно быть обеспечено противодействие максимальному току утечки (по расчету) по термическим параметрам.
- Должно быть предотвращено повреждение приборов, компонентов и оборудования
- Должна быть обеспечена безопасность людей относительно опасных напряжений на заземляемых установках, возникающих в момент действия максимального тока утечки заземления.
- Места, используемые для выравнивания потенциалов, должны быть отшлифованы до блеска (удаление антикоррозионного лакокрасочного покрытия) и промаркированы.