

8. ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

8.1 Тепловая часть

Изготовление, монтаж, ремонт и эксплуатация водогрейных котлов осуществляется согласно «Правила по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением». Отступление от этих правил допускается лишь в исключительных случаях по разрешению Госгортехнадзора.

Должностные лица, виновные в нарушении настоящих Правил, несут личную ответственность независимо от того, привело ли нарушение к аварии или несчастным случаям с людьми. Эти лица также отвечают за нарушение Правил, допущенные их подчиненными.

Конструкция котла и его основных частей должна обеспечивать надежность, долговечность и безопасность эксплуатации на расчетных параметрах в течение расчетного ресурса безопасной работы котла.

Конструкция и гидравлическая схема котла, пароперегревателя и экономайзера должны обеспечивать надежное охлаждение стенок элементов, находящихся под давлением. Температура стенок элементов котла не должна превышать значения, принятого в расчетах на прочность.

Конструкция котла должна обеспечивать возможность равномерного прогрева его элементов при растопке и нормальном режиме работы, а также возможность свободного теплового расширения отдельных элементов котла.

Участки элементов котлов и трубопроводов с повышенной температурой поверхности, доступные для обслуживающего персонала, должны быть покрыты тепловой изоляцией, обеспечивающей температуру

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработ.	Лапташ А.В.				Охрана труда и экология	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Кидун Н.М.					У		20
Консульт.	Овсянник Н.В.					ГГТУ им. П.О. Сухого, ПТЭиЭ		
Н. контр.	Никулина Т.Н.							
Зав. каф.	Макеева Е.Н.							

наружной поверхности не более 55 °С при температуре окружающей среды не более 25 °С (в соответствии с ГОСТом).

Конструкция котла должна обеспечивать удаление воздуха из всех элементов, находящихся под давлением, в которых могут образовываться воздушные пробки при заполнении и пуске.

Устройство газоходов должно исключать возможность образования взрывоопасного скопления газов, а также должно обеспечивать условия, необходимые для очистки газоходов от отложений продуктов сгорания.

Для барабанов и коллекторов должны применяться лазы и люки, отвечающие следующим требованиям: в барабанах лазы должны быть круглой, эллиптической или овальной формы; диаметр круглого лаза должен быть не менее 400 мм, а эллиптического или овального лаза – 300х400 мм (не менее).

В стенках топки и газоходов должны быть предусмотрены лазы, смотровые окна и гляделки, обеспечивающие возможность контроля за горением и состоянием поверхностей нагрева, обмуровки, а также за изоляцией обогреваемых частей барабанов и коллекторов. Прямоугольные лазы должны быть не менее 400х500 мм, круглые – диаметром не менее 450 мм.

Каждый котел с камерным сжиганием топлива должен быть снабжен взрывными предохранительными устройствами. Эти устройства устанавливаются в стенке топки, последнего газохода котла, экономайзера и золоуловителя. Взрывные предохранительные устройства должны быть размещены и устроены так, чтобы было исключено травмирование людей.

Каждый котел должен иметь трубопроводы:

- подвода питательной или сетевой воды;
- продувки котла и спуска воды при остановке котла;
- удаления воздуха из котла при заполнении его водой и растопке;
- продувки паропровода;
- отбора проб воды и пара;

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- ввода в котловую воду корректирующих реагентов в период эксплуатации и моющих реагентов при химической очистке котла;
- отвода воды или пара при растопке и остановке;
- разогрева барабанов при растопке.

При эксплуатации котельных агрегатов предприятия обязаны применять такие виды и объем контроля, которые гарантировали бы выявление недопустимых дефектов. Выбор методов и объемов контроля должен производиться в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов». Для выявления внутренних дефектов должны применяться проникающие методы неразрушающего контроля (радиографический, ультразвуковой) или им равноценные; для выявления дефектов поверхности – магнитно-порошковые или цветная дефектоскопия или им равноценные методы.

Гидравлическому испытанию подлежат все котлы и их элементы после изготовления. Гидравлическому испытанию подвергаются котлы на месте их монтажа после его завершения (если была транспортировка).

Минимальное значение пробного давления при гидравлическом испытании для котлов, пароперегревателей, экономайзеров, а также трубопроводов в пределах котла принимается: при рабочем давлении не более 0,5 МПа – $P=1,5 \cdot P_p$, но не менее 0,2 МПа; при рабочем давлении более 0,5 МПа – $P=1,25 \cdot P_p$, но не менее $(P+0,3)$ МПа.

При проведении гидравлического испытания барабанных котлов за рабочее давление принимается давление в барабане котла.

Гидравлические испытания должны производиться водой с температурой не менее 5 и не более 40 °С.

Общее время подъема давления должно быть не менее 10 мин. Время выдержки под пробным давлением должно быть не менее 10 мин. После выдержки под пробным давлением давление снижают до рабочего, при котором производят осмотр всех соединений.

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Давление воды при испытании должно контролироваться двумя манометрами, из которых один должен иметь класс точности не ниже 1,5.

Для управления работой, обеспечения безопасных условий и расчетных режимов эксплуатации котлы должны быть оснащены:

- устройствами, предохраняющими от повышения давления (предохранительные устройства);
- указателями уровня воды;
- манометрами;
- приборами для измерения температуры среды;
- запорной и регулирующей арматурой;
- приборами безопасности;
- питательными устройствами.

В качестве предохранительных устройств допускается применять:

- рычажно-грузовые предохранительные клапаны прямого действия;
- пружинные предохранительные клапаны прямого действия;
- импульсные предохранительные устройства.

Каждый котел с камерным сжиганием снабжается взрывными предохранительными клапанами. Они устанавливаются в обмуровке котла, последнего газохода котла, экономайзера, не менее 2 штук. Их площадь из расчета 290 см^2 на 1 м^3 объема топки или газохода. Газоходы и газопроводы, подающие газы, оборудуются предохранительными устройствами.

Предохранительные клапаны должны защищать котлы от превышения в них давления более чем на 10 % расчетного (разрешенного). Превышение давления при полном открытии предохранительных клапанов выше, чем на 10% расчетного может быть допущено лишь в том случае, если это предусмотрено расчетом на прочность котла.

Предохранительные клапаны должны иметь отводящие трубопроводы, предохраняющие персонал от ожогов при срабатывании клапанов.

Арматура, устанавливаемая на котле или его трубопроводах, должна иметь четкую маркировку на корпусе, в которой указывается:

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- условный проход;
- условное давление и температура среды;
- направление потока среды.

На входе питательной воды в котел должны быть установлены:

- обратный клапан, предотвращающий выход воды из котла;
- запорный орган.

Арматура должна располагаться возможно ближе к котлу с учетом наиболее удобного управления ею.

На питательных линиях каждого котла устанавливается регулирующая арматура.

На каждом котле предусматриваются приборы безопасности, обеспечивающие своевременное и надежное автоматическое отключение котла или его элементов при недопустимых отклонениях от заданных режимов эксплуатации.

Водогрейные котлы при камерном сжигании топлива должны быть оборудованы автоматическими устройствами для прекращения подачи топлива в топку в следующих случаях:

- при погасании факела в топке;
- при отключении всех дымососов или прекращении тяги;
- при отключении всех дутьевых вентиляторов.

Стационарные котлы должны устанавливаться в зданиях и помещениях, отвечающих требованиям СНиП «Котельные установки», СНиП «Электростанции тепловые» и «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

Место установки котлов внутри производственных помещений отделяется от остальной части помещения несгораемыми перегородками по всей высоте котла, но не ниже двух метров, с устройством дверей. В зданиях котельной не разрешается размещать бытовые и служебные помещения,

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

которые не предназначены для персонала котельной, а также мастерские, не предназначенные для ремонта котельного оборудования.

Выходные двери из помещения котельной должны открываться наружу. Двери служебных, бытовых и вспомогательно-производственных помещений в котельную должны снабжаться пружинами и открываться в сторону котельной.

Помещения котельной должны быть обеспечены достаточным естественным светом, а в ночное время – электрическим освещением. Места, которые по техническим причинам невозможно обеспечить естественным светом, имеют электрическое освещение.

Все оборудование заземляется, так же как рабочее и аварийное освещение.

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

Лицам, сдавшим экзамены, выдаются удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора Госгортехнадзора.

Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев.

Внеочередная проверка знаний проводится:

- при переходе на другое предприятие;
- в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;
- при переводе котла на сжигание другого вида топлива;
- по решению администрации или по требованию инспектора

Госгортехнадзора.

Котел должен быть немедленно остановлен в следующих случаях:

- при обнаружении неисправности предохранительного клапана;
- если давление в барабане котла поднялось выше разрешенного на 10% и продолжает расти;
- при снижении уровня воды ниже нижнего допустимого уровня;

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- при повышении уровня воды выше высшего допустимого;
- при прекращении действия всех питательных насосов;
- при прекращении действия всех водоуказательных приборов;
- если в основных элементах котла обнаружатся трещины, выпучины и пропуск в сварных швах;
- при погасании факела в топке;
- при снижении расхода воды через водогрейные котлы ниже минимального допустимого значения;
- при снижении давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;
- при повышении температуры воды на выходе из котла до значения на 20 °С ниже температуры насыщения, соответствующей рабочему давлению воды в выходном коллекторе котла.

На предприятии должен выполняться комплекс мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающий содержание газового хозяйства в исправном состоянии и соблюдение требований «Правил безопасности в газовом хозяйстве» по безопасной эксплуатации газопроводов, оборудования и газопотребляющих агрегатов. Обеспечение выполнения комплекса мероприятий возлагается на первого руководителя предприятия.

8.2 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными. Однако наиболее характерными являются две схемы включения: между двумя проводами и между одним проводом и землей. Разумеется, во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей.

Для предотвращения опасного воздействия электрического тока на человека в электроустановках применяются следующие меры защиты (ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ): защитное заземление; зануление; электрическое разделение сетей; применение малых напряжений; контроль и профилактика повреждений изоляции; компенсация емкостной составляющей тока замыкания на землю; двойная изоляция; защитное отключение; выравнивание потенциала; защита от случайного прикосновения к токоведущим частям; оградительные устройства; электрозащитные средства и приспособления; предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Согласно ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ электробезопасность и действие мер защиты от опасности поражения электрическим током обеспечиваются:

- конструкцией электроустановки;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Классификация защитных средств в зависимости от напряжения электроустановки приведена в таблице 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1 – Электрозащитные средства для работ в электроустановках напряжением выше 1000 В

Основные	Дополнительные
Изолирующие штанги всех типов	Электроизолирующие перчатки и боты
Изолирующие клещи	Электроизолирующие ковры и
Указатели напряжения	подставки
Указатели напряжения для проверки совпадения фаз	Электроизолирующие колпаки и
Устройства для прокола кабеля	накладки
Клещи электроизмерительные	Переносные заземления
	Заземления переносные набрасываемые
	Плакаты и знаки безопасности
	Оградительные устройства

Таблица 8.2 – Электрозащитные средства для работ в электроустановках напряжением до 1000 В

Основные	Дополнительные
Электроизолирующие штанги всех типов	Электроизолирующие галоши
Электроизолирующие клещи	Электроизолирующие ковры и подставки
Указатели напряжения	Электроизолирующие колпаки и накладки
Электроизмерительные клещи	Переносные заземления
Электроизолирующие перчатки	Плакаты и знаки безопасности
Ручной электроизолированный инструмент	Оградительные устройства

Ответственность за выполнения Правил ТЭ эксплуатации электроустановок потребителей электротехническим персоналом на каждом предприятии определяется должностными инструкциями и положениями, утвержденными в установленном порядке руководством данного предприятия (или вышестоящей организацией).

Перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации, составляется лицом, ответственным за электрохозяйство организации, и утверждается главным инженером (руководителем) организации. Виды работ, внесенные в указанный перечень, являются постоянно разрешенными работами, на которые не требуется оформления каких-либо дополнительных распоряжений.

Руководителем работ назначаются работающие из числа административно-технического персонала, имеющие V группу по электробезопасности.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;

- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ТКП-339-2011 (02230). Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех случаях.

Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока;
- 4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

б) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система TN, и заземлены, если применены системы IT или TT. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети. В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов. Для автоматического отключения питания могут быть применены защитнокоммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

защитные проводники штепсельных розеток. Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

Защита при помощи двойной или усиленной изоляции может быть обеспечена применением электрооборудования класса II или заключением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку. Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

Защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи. Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В. Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора, соответствующего ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы», или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности. Токоведущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ, когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно либо нецелесообразно. Сопротивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее: 50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В; 100 кОм при номинальном напряжении электроустановки более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В.

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В соответствии с «Правила применения и испытания средств защиты в электроустановках» ТСП-290-2010 электроизолирующая часть электрозащитных средств со стороны рукоятки ограничивается кольцом или упором из электроизоляционного материала.

Наружный диаметр ограничительного кольца электрозащитных средств для электроустановок напряжением выше 1 000 В должен превышать наружный диаметр рукоятки не менее чем на 10 мм. Отмечать границу между изолирующей частью и рукояткой только пояском краски запрещается. Ограничительное кольцо входит в длину изолирующей части.

У электрозащитных средств для электроустановок напряжением до 1 000 В (кроме ручного электроизолирующего инструмента) высота кольца или упора должна быть не менее 3 мм.

При использовании электрозащитных средств запрещается прикасаться к их изолирующей части за ограничительным кольцом или упором, а также к рабочей части.

Изолирующие части электрозащитных средств должны быть выполнены из электроизоляционных материалов с устойчивыми диэлектрическими свойствами (стеклоэпоксифенольные, стеклопластиковые трубки и т.д.). Материалы, поглощающие влагу (бумажно-бакелитовые трубки, дерево), должны быть покрыты влаготрекинго-стойким лаком и иметь гладкую наружную и внутреннюю поверхности без трещин, расслоений и царапин (касается ранее приобретенных и не выведенных из эксплуатации).

Применение электрозащитных средств, изготовленных из материалов, поглощающих влагу, а также из полиэтилена в связи с его недолговечностью на открытом воздухе, не допускается.

Конструкция электрозащитных средств из электроизоляционных трубок должна предотвращать попадание внутрь пыли и влаги или предусматривать очистку внутренних поверхностей (например, для штанг-пылесосов).

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размеры рабочей части штанг и указателей напряжения не нормируются, однако они должны быть такими, чтобы при работе с ними в электроустановках исключалась возможность междуфазного короткого замыкания или замыкания на землю.

Если размер рабочей части указателя напряжения больше расстояний между токоведущими частями разных фаз или фазных и заземленных частей, то такую рабочую часть следует подвергать электрическим испытаниям согласно нормам и срокам эксплуатационных электрических испытаний средств защиты, приведенных в приложении Е.1.

При повреждении лакового покрова (трещины, глубокие царапины) или других неисправностях электрозащитных средств необходимо изъять их из эксплуатации, отремонтировать и испытать.

В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться электроизолирующими штангами (кроме измерительных), переносными заземлениями, штангами-пылесосами, указателями напряжения, клещами электроизолирующими и электроизмерительными следует в электроизолирующих перчатках совместно со средствами защиты лица.

8.3 Аварийная остановка котла

Котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в случаях, предусмотренных производственной инструкцией, и в частности, в случаях:

- а) обнаружения неисправности предохранительного клапана;
- б) если давление в барабане котла поднялось выше разрешенного на 10% и продолжает расти;
- в) снижение уровня воды ниже низшего допустимого уровня, в этом случае подпитка котла водой категорически запрещена;
- г) повышение уровня воды выше высшего допустимого уровня;
- д) прекращение действия всех питательных насосов;

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

е) прекращение действия всех указателей уровня воды прямого действия;

ж) если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, пароводоперепускных и водоопускных трубах, паровых и питательных трубопроводах, жаровой трубе, огневой коробке, кожухе топки, трубной решетке, внешнем сепараторе арматуре) будут обнаружены трещины, выпучины, пропуски в их сварных швах, обрыв анкерного болта или связи;

з) недопустимого повышения или понижения давления в тракте прямооточного котла до встроенных задвижек;

и) погасание факелов в топке при камерном сжигании топлива;

к) снижение расхода воды через водогрейный котел ниже минимального допустимого значения;

л) снижение давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;

м) повышение температуры воды на выходе из водогрейного котла до значения на 20 °С ниже температуры насыщения, соответствующей рабочему давлению воды на выходном коллекторе котла;

н) неисправности автоматики безопасности или аварийной сигнализации, включая исчезновение напряжения на этих устройствах;

о) возникновения в котельной пожара, угрожающего обслуживающему персоналу или котлу.

Порядок аварийной остановки котла должен быть указан в производственной инструкции. Причины аварийной остановки котла должны быть записаны в сменном журнале.

Аварийная остановка котлов на тепловых электростанциях должна осуществляться в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей.

					ДП 1-43 01 07.22.51с.10	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8.4 Расчет выбросов вредных веществ

При сжигании жидкого топлива в атмосферный воздух выбрасываются следующие загрязняющие вещества:

- оксиды серы;
- оксиды углерода;
- оксиды азота;
- мазутная зола.

Рассчитываем выбросы вредных веществ.

Определяем валовый выброс мазутной золы в пересчете на ванадий, т/ч (кг/с):

$$M_V = 10^{-6} \cdot q_V \cdot B \cdot (1 - n_{oc}) \cdot (1 - n_y) = 10^{-6} \cdot 0,485 \cdot 311,1 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) = 0,000151 \text{ т/ч} = 0,0000419 \text{ кг/с}, \quad (8.1)$$

где B – расход топлива котла, $B = 0,485$ т/ч; n_{oc} – коэффициент оседания, принимаем по [10, стр.22], $n_{oc} = 0$; n_y – коэффициент улавливания оксидов ванадия, принимаем по [10, стр.22], $n_y = 0$; q_V – содержание ванадия в мазуте:

$$q_V = \frac{4000 \cdot A}{1,8} = \frac{4000 \cdot 0,14}{1,8} = 311,1 \text{ г/т}, \quad (8.2)$$

где A – зольность топлива, $A = 0,14$.

Определяем выброс оксидов азота, рассчитываемого по NO_2 , т/ч (кг/с):

$$M_{\text{NO}_2} = 0,01 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot (1 - b), \quad (8.3)$$

где Q_H^p – низшая теплота сгорания, $Q_H^p = 32$ МДж/м³; K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж, принимаем по [10, стр.28], $K_{\text{NO}_2} = 0,1$; b – коэффициент, принимаем по [10, стр.23], $b = 0$.

$$M_{\text{NO}_2} = 0,01 \cdot 0,485 \cdot 32 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0) = 0,001552 \text{ т/ч} = 0,000431 \text{ кг/с}.$$

Определяем выброс оксидов углерода СО в единицу времени, т/ч (кг/с):

$$M_{\text{CO}} = 0,01 \cdot B \cdot C_{\text{CO}} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (8.4)$$

где q_4 – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания, $q_4 = 0\%$;
 C_{CO} – выход смеси углерода при сжигании твердого топлива, определяется по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_H^p = 0,6 \cdot 0,65 \cdot 32 = 12,48, \quad (8.5)$$

где q_3 – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, $q_3 = 0,6\%$; R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленной наличием в продуктах сгорания оксидов углерода, принимаем по [10, стр.23], $R = 0,65$;

$$M_{CO} = 0,01 \cdot 0,485 \cdot 12,48 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 0,00605 \text{ т/ч} = 0,00168 \text{ кг/с.}$$

Определяем выброс оксидов серы в пересчете на SO_2 , т/ч (кг/с):

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^p \cdot (1 - h_{SO_2}) \cdot (1 - n_{SO_2}), \quad (8.6)$$

где S^p – содержание серы в топливе, $S^p = 3,448\%$; h_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле, принимаем по [10, стр.23], $h_{SO_2} = 0,02$;
 n_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе попутно с твердыми частицами, принимаем по [10, стр.23], $n_{SO_2} = 0$;

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 0,485 \cdot 3,448 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0) = 0,03278 \text{ т/ч} = 0,0091 \text{ кг/с.}$$

Расчет выбросов в атмосферу показал, что существующие выбросы вредных веществ не превышают нормативных показателей на территории котельной.

Определяем диаметр устья дымовой трубы, м:

$$D_{тр}^y = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{тр}}{\pi \cdot w_{вых}}}, \quad (8.7)$$

где $w_{вых}$ – скорость продуктов сгорания на выходе из дымовой трубы, $w_{вых} = 6 \text{ м/с}$; $V_{тр}$ – объёмный расход продуктов сгорания через трубу при температуре их в выходном сечении, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_{тр} = B \cdot V_{г}^o \cdot \frac{t_{yx} + 273}{273} = \frac{0,485}{3,6} \cdot 11,498 \cdot \frac{190 + 273}{273} = 2,799 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8.8)$$

где V_{Γ}^o – действительный объем дымовых газов, $V_{\Gamma}^o = 11,498 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 t_{yx} – температура уходящих газов, $t_{yx} = 190 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$D_{\text{тр}}^y = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,799}{\pi \cdot 6}} = 0,771 \text{ м.}$$

Принимаем стандартный диаметр устья трубы: $D_{\text{тр}}^y = 0,8 \text{ м}$.

Определяем предварительную минимальную высоту дымовой трубы, м:

$$H = \sqrt{A \cdot \frac{M_{\text{SO}_2} + \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \cdot M_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}}, \quad (8.9)$$

где A – коэффициент, зависящий от метеорологических условий местности, $A = 120$; ПДК_{SO_2} , ПДК_{NO_2} – предельно допустимые концентрации SO_2 и NO_2 :
 $\text{ПДК}_{\text{SO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3$, $\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$; z – число дымовых труб одинаковой высоты, устанавливаемой в котельной, $z = 3$; Δt – разность температуры выбрасываемых газов и средней температуры воздуха, под которой понимается средняя температура самого жаркого месяца в полдень, $^{\circ}\text{C}$:
 $\Delta t = 190 - 24 = 166 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$H = \sqrt{120 \cdot \frac{0,0091 \cdot 1000 + \frac{0,5}{0,085} \cdot 0,000431 \cdot 1000}{0,5}} \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{2,799 \cdot 166}} = 22,81 \text{ м.}$$

Определяем коэффициенты f и v_M :

$$f = 10^3 \cdot \frac{w_{\text{вых}}^2 \cdot D_{\text{тр}}^y}{H^2 \cdot \Delta t} = 10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 0,8}{22,81^2 \cdot 166} = 0,3335, \quad (8.10)$$

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{2,799 \cdot 166}{22,81}} = 2,934. \quad (8.11)$$

Определяется коэффициент m в зависимости от f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67+0,1 \cdot \sqrt{f+0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}} = \frac{1}{0,67+0,1 \cdot \sqrt{0,3335+0,34 \cdot \sqrt[3]{0,3335}}} = 1,038. \quad (8.12)$$

При $v_m > 2$, безразмерный коэффициент n равен единице: $n = 1$.

Определяем минимальную высоту дымовой трубы во втором приближении, м:

$$H_1 = H \cdot \sqrt{m \cdot n} = 22,81 \cdot \sqrt{1,038 \cdot 1} = 23,24 \text{ м.} \quad (8.13)$$

Определяем разницу в расчётах:

$$\Delta = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100\% = \frac{22,81 - 23,24}{22,81} \cdot 100\% = 1,87\%. \quad (8.14)$$

Так как при расчете высоты дымовой трубы рассчитанное значение не отличается от предварительного значения высоты более чем на 5%, следовательно расчёт считается окончанным.

Так как вблизи рассматриваемой котельной располагаются здания высотой более 8 м, то принимаем высоту дымовой металлической трубы по типовому проекту 31,815 м и для этой высоты рассчитываем безразмерные коэффициенты и определяем максимальную приземную концентрацию каждого из веществ.

Определяем коэффициенты f и v_m :

$$f = 10^3 \cdot \frac{w_{\text{вых}}^2 \cdot D_{\text{тр}}^y}{H^2 \cdot \Delta t} = 10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 0,8}{31,815^2 \cdot 166} = 0,171.$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{2,799 \cdot 166}{31,815}} = 2,484.$$

Определяется коэффициент m в зависимости от f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67+0,1 \cdot \sqrt{f+0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}} = \frac{1}{0,67+0,1 \cdot \sqrt{0,171+0,34 \cdot \sqrt[3]{0,171}}} = 1,111.$$

При $v_m > 2$, безразмерный коэффициент n равен единице: $n = 1$.

По высоте H определяются максимальные приземные концентрации вредных веществ:

– окислов азота:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A \cdot M_{\text{NO}_2} \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}} = \frac{120 \cdot 0,000431 \cdot 1000 \cdot 1,111 \cdot 1}{31,815^2 \cdot \sqrt[3]{2,799 \cdot 166}} = 0,00733; \quad (8.15)$$

– оксида углерода:

$$C_{\text{CO}} = \frac{A \cdot M_{\text{CO}} \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}} = \frac{120 \cdot 0,00168 \cdot 1000 \cdot 1,111 \cdot 1}{31,815^2 \cdot \sqrt[3]{2,799 \cdot 166}} = 0,0286;$$

– оксида серы:

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{A \cdot M_{\text{SO}_2} \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{\text{тр}} \cdot \Delta t}} = \frac{120 \cdot 0,0091 \cdot 1000 \cdot 1,111 \cdot 1}{31,815^2 \cdot \sqrt[3]{2,799 \cdot 166}} = 0,1548.$$

Проверяется условие, при котором сумма отношений концентраций к ПДК должна быть меньше 1:

$$\frac{C_{\text{CO}}}{\text{ПДК}_{\text{CO}}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} + \frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} = \frac{0,0286}{3} + \frac{0,00733}{0,085} + \frac{0,1548}{0,5} = 0,405 < 1. \quad (8.16)$$

Так как условие выполняется, то к установке принимаем высоту дымовой металлической трубы $H = 31,815$ м.