

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **18368**

(13) **С1**

(46) **2014.06.30**

(51) МПК

B 01F 3/02 (2006.01)

B 01F 3/22 (2006.01)

F 22B 33/18 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ
В АТМОСФЕРУ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМ
ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ ЕГО ВНУТРЕННЕЙ
И НАРУЖНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ И АВТОНОМНОЙ
СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ**

(21) Номер заявки: а 20110164

(22) 2011.02.10

(43) 2012.10.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Кашеев Владимир Петрович; Жидович Иван Станиславович; Кашеева Ольга Владимировна; Сорокин Владимир Николаевич; Сачков Андрей Анатольевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2202732 C2, 2003.

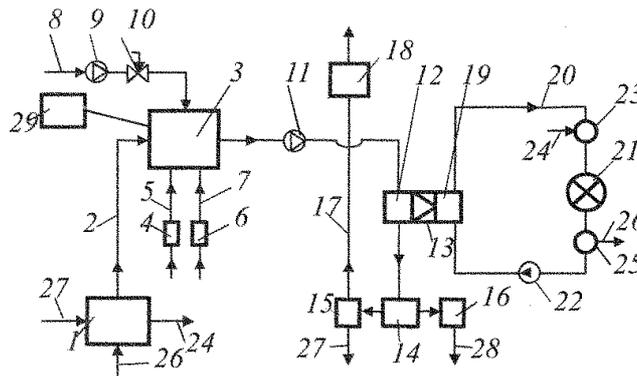
RU 2179281 C2, 2002.

SU 1804584 A3, 1993.

RU 2258148 C2, 2005.

(57)

Способ снижения вредных газовых выбросов в атмосферу, образующихся при работе систем вентиляции здания, вентиляции его внутренней и наружной канализационной сети и автономной системы теплоснабжения здания, заключающийся в том, что дымовые газы, образовавшиеся от работы котельной автономной системы теплоснабжения здания, смешивают с вентиляционными выбросами, в образовавшуюся смесь газов добавляют атмосферный воздух в таком количестве, чтобы температура образовавшейся смеси газов находилась в интервале от 7,5 до 30 °С, затем эту смесь газов охлаждают на 5-15 °С, пропуская ее через испарительную зону теплового насоса автономной системы теплоснабжения здания, разделяют образовавшиеся сконденсировавшиеся и несконденсировавшиеся компоненты смеси газов, несконденсировавшиеся компоненты смеси газов очищают и выбрасывают в атмосферу, а сконденсировавшиеся компоненты нейтрализуют и направляют в канализацию.



ВУ 18368 С1 2014.06.30

Изобретение относится к области уменьшения вредных выбросов, возникающих в жилых зданиях и сопровождающих работу большого количества промышленных предприятий, в частности теплоэнергетических объектов, прежде всего теплогенерирующих установок малой мощности, расположенных в густонаселенных жилых районах, не имеющих централизованного теплоснабжения.

При сгорании органического топлива в котельных или других теплогенерирующих установках образуются значительные количества вредных веществ. К ним, прежде всего, относятся: оксид углерода CO, сернистый ангидрид SO₂, оксиды азота NO и NO₂, пятиокись ванадия, бенз(а)пирены, сажа, пыль [1].

В быту для приготовления пищи широко используется природный газ, при сгорании которого на кухне в воздух помещений поступают продукты полного сгорания (двуокись углерода, водяные пары) и продукты неполного сгорания (окись углерода, окислы азота и серы, полициклические ароматические углеводороды, формальдегиды, твердые частицы), которые являются вредными для здоровья, а некоторые из них обладают канцерогенным действием. Кроме того, в воздухе появляются дурные запахи, копоть, жировые частицы, микробы. Вредные вещества образуются на кухнях и при работе электроплит. Люди в процессе своей жизнедеятельности также выделяют вредные вещества, которые и должна удалять в окружающую среду система вентиляции. Как правило, даже в больших городах нет очистных устройств для обезвреживания вентиляционных выбросов, по крайней мере, в странах бывшего СССР.

В современных многоэтажных зданиях через канализационные стояки осуществляется вентиляция своей внутренней и наружной канализационной сети. В них наружный атмосферный воздух поступает в нескольких местах через специальные колодцы, проходит в противоток отводимым сточным водам по канализационным стоякам и через специальную вытяжную вентиляционную трубу, находящуюся на крыше здания, сбрасывается в атмосферу. Эти выбросы с очень неприятным запахом не обезвреживают, а большинство населения даже не догадывается о том, что такая проблема существует.

На промышленных предприятиях в процессе работы образуются вредные газообразные вещества. Их состав и количество зависят от вида производства и совершенства применяемой на них технологии. Часть из них (или все) поступают в атмосферу в составе вентиляционных выбросов этих предприятий.

Токсичность суммы всех этих выбросов возрастает в городах за счет взаимодействия с выбросами автомобильного транспорта. Поэтому в центральных частях городов на высоте дыхания человека часто значительно превышены предельно допустимые концентрации вредных веществ.

Масштабы выделений вредных веществ в окружающую среду от теплоэнергетических объектов даже не очень большой мощности (порядка 2000 МВт, типа Ново-Лукомльской ГРЭС) огромны. Так, когда Ново-Лукомльская ГРЭС работала на сернистом мазуте (а в качестве топлива используется, как правило, только мазут плохого качества), сжигая его 3,6 млн. тонн в год, то она выделяла в окружающую среду огромное количество вредных и отравляющих веществ (только одних окислов серы в пересчете на серную кислоту около 200000 тонн/год, меньшие количества окислов азота, пятиоксида ванадия, бенз(а)пиренов и некоторых других канцерогенных веществ).

Для охраны здоровья людей, сохранения животного и растительного мира установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в атмосферном воздухе, которые являются практически безвредными для людей, животных, растительности. Для того, чтобы не были превышены относительно ПДК концентрации вредностей на уровне дыхания, требуется уменьшение концентраций вредностей в дымовых газах на четыре порядка (примерно в 10 тысяч раз) [2]. Такую степень очистки дымовых газов по оксидам серы, в частности, нельзя обеспечить ни одним известным промышленным способом: лучшие сероулавливающие установки могут снизить концентрацию лишь в 10-20 раз [2].

Поэтому природоохранные мероприятия на ТЭС для снижения концентрации вредных веществ включают две обязательные стадии: очистку в возможных пределах дымовых газов в газоочистных устройствах и последующее рассеивание остаточных вредностей за счет турбулентной диффузии при размещивании в больших объемах атмосферного воздуха. Наилучшее рассеивание вредных веществ в атмосфере достигается при отводе всех дымовых газов через одну трубу. Дымовая труба ТЭС представляет собой сложное и дорогостоящее сооружение [3]. Чтобы не было выпадения жидкой фазы в самой трубе или вблизи ее, температуру уходящих дымовых газов держат высокой (110-120 °С - при работе на природном газе, 160-180 °С - при работе на высокосернистом мазуте). Отсюда большие потери теплоты - тепловое загрязнение окружающей среды.

Известен способ для очистки воздуха от вредных веществ, образуемых при сварочных работах [4]. При этом воздух с вредными веществами отсасывают из зоны сварки, смешивают его со сжатым воздухом и водным аэрозолем, затем перемещают полученную смесь через фильтры из произвольно ориентированной в пространстве литой стружки из нержавеющей стали и обожженного при температуре 1000-1200 °С порошкового диатомита.

Этот способ дорогостоящий, так как требуется специальная система получения сжатого воздуха, специального аэрозоля, к тому же он применим только при малых количествах вредных веществ.

Известен способ очистки вентиляционных выбросов путем зарядки взвешенных в них частиц и последующего осаждения последних на электродах, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности процесса очистки от продуктов неполного сгорания газов и кухонных выбросов осуществляют одновременно контактное инерционное осаждение взвешенных заряженных частиц и насыщение (обогащение парами воды) вентиляционных выбросов на поверхности воды с нанесенным поверхностно-активным веществом (т.е. обладающим свойствами обычного мыла или стирального порошка) путем создания дополнительного аэродинамического сопротивления в электростатическом поле [5].

Этот способ позволяет вначале на фильтрах предварительной очистки избавиться от грубых частиц пыли, затем хорошо очистить вентиляционные выбросы от частиц, витающих в воздухе, т.е. имеющих размеры, не превышающие 30 мкм. Потом фильтр из активированного угля (типа находящегося в коробке обычного противогаза) поглощает большую часть оставшихся вредных компонентов. Недостатком этого способа и устройства на его основе является малая емкость фильтров, что приводит к их частой замене, что значительно удорожает установку. Насыщение воздуха парами воды улучшает качество удаления вредных веществ и кухонных запахов, но сокращает поглощательную емкость фильтров, что еще более удорожает установку. Из-за его дороговизны этот способ не используется в промышленных масштабах. Теплота вентиляционных выбросов не используется, а загрязняет окружающую среду.

Известен способ работы автономной теплоэнергетической установки с комплексной системой глубокой утилизации теплоты и со снижением вредных выбросов в атмосферу [6], принятый нами за прототип. Он включает сжигание топлива в среде увлажненного дутьевого воздуха, отвод тепла от продуктов сгорания, очистку последних поглощательным раствором, последующую утилизацию теплоты очищенных продуктов сгорания с выделением из них конденсата водяных паров и поддержанием заданной концентрации поглотителя в рециркуляционном потоке. Способ отличается тем, что продукты сгорания вначале охлаждают ниже точки росы, а затем их подогревают выше ее. Газы удаляют в атмосферу под напором лопаточного нагнетателя через последовательно расположенные водяной экономайзер, контактно-поверхностный экономайзер, осушитель, рекуперативный газоподогреватель, где повышают их температуру выше температуры точки росы, и дымовую трубу. Воздух, подогретый и увлажненный в контактно-поверхностном воздухоподогревателе, подают вентилятором в топку в количестве, необходимом для сжигания топлива. Особенностью данного способа по сравнению с традиционными является то, что в цикл

вводят воду с целью понижения температуры горения топлива для уменьшения образования окислов азота и лучшего выделения вредных веществ, переводя часть из них в жидкую фазу при охлаждении дымовых газов в контактно-поверхностном экономайзере. Также отличием является то, что в дымовые газы вводят воздух для того, чтобы кислородом, содержащимся в нем, окислить монооксиды углерода и азота и перевести их в диоксиды, а сернистый ангидрид - в серный.

Существенным недостатком вышеуказанного способа является значительное удорожание производимой котельной установкой продукции - теплоты. Даже простое удаление вредных веществ из дымовых газов пропусканием их через водо-известковый раствор, как это делают во Франции, существенно удорожает производимую на ТЭС электроэнергию.

Также недостатком вышеуказанного изобретения является то, что тепловому потребителю подают горячую воду из горячей части аккумулятора теплоты, куда поступает конденсат из контактно-поверхностного экономайзера. Как известно, экономайзер - теплообменник, где дымовыми газами подогревается вода почти до температуры насыщения (кипения). Конденсат, выделяемый из дымовых газов, содержит вредные вещества: оксиды азота, углерода, серы, полициклические ароматические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен (С₂₀H₁₂) и другие канцерогенные вещества. Также нельзя подавать водопроводную воду в цикл теплоэнергетической установки - вся система быстро выйдет из строя из-за содержащегося в водопроводной воде большого количества солей, газов (в том числе агрессивного хлора). Неправомочно утверждение, что "величину показателя рН воды за смесителями регулируют регуляторами в тех пределах, при которых не происходит коррозия оборудования и в осадок выпадают оксиды тяжелых металлов". Коррозия идет всегда, только с большей или меньшей скоростью. Так как в теплоэнергетической установке есть участки с разными температурными уровнями, оборудование состоит (изготовлено) из разных металлов. Если есть экономайзер, то должны быть и испарительные поверхности нагрева, барабан для разделения паро-водяной смеси (при докритических параметрах пара). При фазовом переходе коррозия усиливается. Для разных металлов может быть опаснее кислотная или щелочная коррозия, особенно при разных температурах и наличии агрессивных газов, прежде всего хлора. А оксидам тяжелых металлов в воде теплоэнергетической установки неоткуда взяться - их не должно быть даже в водопроводной воде, не говоря уже про сверхчистую воду теплоэнергетической установки. Также вряд ли возможно на теплоэнергетической установке наладить компактное производство аммиака из водорода и азота (даже при наличии дорогостоящих катализаторов из губчатой платины), получать азотные удобрения (мочевина, гидрокарбонат аммония и др.). При маломощных котлах, которые используются в автономных системах теплоснабжения зданий, для получения вышеуказанной продукции в ощутимых количествах им нужно работать сотни лет. Недостатком изобретения являются потери теплоты, происходящие в рекуперативном газоподогревателе при нагреве дымовых газов выше температуры точки росы в них после их очистки и перед их выбросом в атмосферу через дымовую трубу. Этот прием используется в теплоэнергетике, когда очистка газов недостаточная, возможно выпадение вредных веществ в дымовой трубе, что приводит к быстрому разрушению самой дымовой трубы. Выпадающие вредные вещества вблизи теплоэнергетической установки ухудшают экологическую обстановку окрестностей. Применение такого большого количества разнопланового оборудования делает такую теплоэнергетическую установку чрезмерно дорогостоящей и менее надежной, так как в соответствии с данными теории надежности "надежность установок, включающих несколько систем, обратно пропорциональна квадрату числа этих систем". Усложнение объекта ухудшает его эксплуатационные характеристики (больше остановок на ремонт) и увеличивает стоимость ремонтов оборудования.

Задачей изобретения является снижение загрязнения атмосферы от вредных газовых выбросов при работе систем вентиляции зданий, вентиляции их внутренней и наружной канализационной сети и автономной системы теплоснабжения зданий и уменьшение теп-

лового загрязнения окружающей среды при повышении надежности их работы, удешевлении и при уменьшении затрат на эксплуатацию.

Поставленная задача достигается тем, что в известном способе снижения вредных газовых выбросов в атмосферу, образующихся при работе систем вентиляции здания, вентиляции его внутренней и наружной канализационной сети и автономной системы теплоснабжения здания, дымовые газы, образовавшиеся от работы котельной автономной системы теплоснабжения здания, смешивают с вентиляционными выбросами, в образовавшуюся смесь газов добавляют атмосферный воздух в таком количестве, чтобы температура образовавшейся смеси газов находилась в интервале от 7,5 до 30 °С, затем эту смесь газов охлаждают на 5-15 °С, пропуская ее через испарительную зону теплового насоса автономной системы теплоснабжения здания, разделяют образовавшиеся сконденсировавшиеся и несконденсировавшиеся компоненты смеси газов, несконденсировавшиеся компоненты смеси газов очищают и выбрасывают в атмосферу, а сконденсировавшиеся компоненты нейтрализуют и направляют в канализацию.

При смешении газов атмосферный воздух добавляют в таких количествах, чтобы температура образовавшейся смеси находилась в интервале 7,5-20 °С, так как это позволяет использовать надежные и дешевые тепловые насосы. При использовании другого интервала температур стоимость установки возрастает. В испарительной зоне теплового насоса смесь газов охлаждают на 5-15 °С, так как это позволяет обеспечить оптимальный режим работы вышеуказанных тепловых насосов, что повышает эффективность их работы, то есть КПД, удлиняет межремонтный период, удешевляет их эксплуатацию. После исчерпания обменной емкости газовых фильтров-поглотителей их регенерируют, пропуская через них теплый воздух с температурой 50-70 °С, а затем этот воздух с повышенной концентрацией вредных и пахучих веществ подают в топку котла для нейтрализации. При меньшей температуре процесс регенерации происходит слишком медленно, а при большей - нужно использовать дорогостоящие устройства.

На фигуре показана принципиальная схема реализации предлагаемого способа и устройства на его основе.

Схема включает котельную 1 с водогрейными котлами, линию подачи 2 дымовых газов этой котельной 1 в сборную емкость 3 для газообразных выбросов, систему вентиляции 4 здания, линию подачи 5 вентиляционных выбросов этой системы в емкость 3, систему 6 вентиляции канализационной (внутренней и наружной) сети здания и линию 7 для отвода ее продукции в сборную емкость 3, линию 8 подачи в емкость 3 атмосферного воздуха с вентилятором 9 и регулирующим устройством 10, вентилятор 11 для подачи созданной смеси газов и паров в холодильник - испарительную зону 12 теплового насоса 13, блок 14 разделения газообразной и жидкой фракций после охлаждения смеси, очистное устройство 15 для обезвреживания газообразных фракций смеси, очистное устройство 16 для нейтрализации жидких фракций смеси, линию 17 подачи очищенных газов в дымовую трубу 18 с дымососом, конденсатную зону 19 теплового насоса 13, через которую проходит линия 20 теплоснабжения потребителя 21 теплоты, имеющая водяной насос 22, собирающий коллектор 23 для смешения горячей воды из котельной 1 и испарительной зоны теплового насоса 19 с линией 24 для осуществления этого, раздающий (распределительный) коллектор 25 с линией 26 подачи для подачи в котельную 1 части воды, охлажденной потребителем 21 теплоты. Система оборудована линией 27 подачи в котельную 1, в топку котла, воздуха с повышенной концентрацией вредных и дурно пахнущих веществ после регенерации им обменной емкости очистного устройства 15 газовых фильтров, линией 28 для транспортировки нейтрализованных жидких веществ в канализацию, имеет исполнительно-аналитическим комплекс 29.

Предлагаемая система работает так. В сборную емкость 3 по линии 2 дымососом подают дымовые газы из котельной 1, вентилятором по линии 5 - вентиляционные выбросы жилых домов и по линии 7 - внутренней и наружной канализационной сети или промышленных предприятий и по линии 8 - атмосферный воздух. В образовавшейся смеси доста-

точно влаги, так как вентиляционные выбросы жилых домов содержат около 80 %, а внутренняя и наружная канализационная сеть - около 100 % влаги. Причем количество вентиляционных выбросов жилых зданий примерно в 4 раза больше количества дымовых газов, а объем вентиляционных выбросов канализационной сети составляет примерно 1 % от объема бытовых вентиляционных выбросов. Влага есть и в дымовых газах (при сгорании газового топлива). Поэтому специально добавлять воду в образовавшуюся смесь газов не нужно. Как известно, для окисления оксидов в диоксиды нужен кислород. В вентиляционных выбросах кислород имеется и в количествах, достаточных для окисления оксидов дымовых газов, если просто смешать дымовые газы котельной жилого дома и выбросы его вентиляции и канализационной сети. Добавление в смесь газов атмосферного воздуха позволяет уменьшить в выбрасываемых в атмосферу газах концентрации тех вредных веществ, которые трудно или почти неуловимы простыми способами. Образовавшуюся смесь пропускают через испарительную зону 12 теплового насоса 13, где происходит ее охлаждение ниже точки росы, что приводит к конденсации части влаги. Большая часть вредных веществ переходит в эту сконденсировавшуюся влагу (почти все кислоты, углеводороды, формальдегиды, сажа и т.д.). Затем в узле-сепараторе 14 разделяют сконденсировавшиеся и несконденсировавшиеся компоненты смеси. Очистку полученных фракций производят отдельно (газов - в очистном устройстве 15, жидкостей - в очистном устройстве 16), что ее значительно упрощает и удешевляет - кислоты можно нейтрализовать щелочью, газы можно очистить на различных фильтрах. Очищенная газовая смесь выбрасывается в атмосферу по линии 17, нейтрализованные жидкие вещества направляют в канализацию по линии 28. Так как в выбрасываемых в атмосферу газах после очистки концентрации вредных веществ не превышают ПДК, к тому же они имеют низкую температуру (порядка 2-15 °С) и в них нет агрессивных веществ, могущих разрушать газовый тракт, то эти газы можно удалять в атмосферу через обычную вентиляционную трубу или же через вытяжную дымовую трубу 18 высотой 3-6 м. В отопительный период для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения используют теплоту дымовых газов, вентиляционных выбросов и окружающего атмосферного воздуха и энергию, выделяющуюся в тепловом насосе 13, а в межотопительный период для горячего водоснабжения используют теплоту вентиляционных выбросов, окружающего атмосферного воздуха и энергию, выделяющуюся в тепловом насосе 13. Тепловой насос 13 повышает температурный уровень низкопотенциального тепла, что позволяет использовать его для горячего водоснабжения жилых и промышленных зданий. Причем, затрачивая 1 кВт электроэнергии, тепловой насос производит 3-4 кВт тепловой энергии.

Команды для подачи в смесь определенного количества атмосферного воздуха для регенерации фильтров, включения и отключения исполнительных органов, изменения расходов сред, мощностей дает исполнительно-аналитический комплекс 29, анализирующий текущую ситуацию.

В предлагаемой системе, по сравнению с прототипом, положительный эффект достигается за счет того, что технологическая схема значительно упрощена, что повышает ее надежность, значительно ее удешевляет. Так как не нужно подогревать дымовые газы перед их выбросом в дымовую трубу, уменьшены потери теплоты. Наоборот, их охлаждают, а теплота может быть использована для горячего водоснабжения или других целей. Концентрация вредных веществ в выбрасываемых газах понижена до ПДК, поэтому труба может быть небольшой, типа обычной вентиляционной. И при установке на крыше жилого дома не портит его вид, стоит дешево. В прототипе же у котельной должна быть высокая дымовая труба. Если используемая котельная - "крышная" (то есть, на чердаке здания находится котельная-автомат, как это принято на Западе), то высокую дымовую трубу не всегда можно соорудить в городе при плотной застройке, к тому же такая труба стоит дорого.

Таким образом, физическая задача изобретения - снижение загрязнения атмосферы от вредных газовых выбросов при работе систем вентиляции зданий, вентиляции их внутренней и наружной канализационной сети и автономной системы теплоснабжения зданий

ВУ 18368 С1 2014.06.30

и уменьшение теплового загрязнения окружающей среды при повышении надежности их работы, удешевлении и при уменьшении затрат на эксплуатацию - выполнена.

Промышленная апробация заявленного способа планируется в системах Белгавээнерго и Минкоммунхоза.

Пример использования предлагаемого технического решения и технико-экономическая оценка эффективности предложения на этом примере (с учетом общепринятых норм).

Расчетные условия.

Теплопотребитель - жилой дом в окрестностях г. Минска, где нет системы централизованного теплоснабжения, общей площадью 3600 м², количество квартир - 50, число жителей - 140 человек.

1. Тепловая нагрузка:

отопление - 180 кВт, горячее водоснабжение (среднечасовое за сутки) - 30 кВт.

2. Базовый источник теплоснабжения жилого дома - котельная с котлами на природном газе суммарной теплопроизводительностью 300 кВт (2×150 кВт).

Тепловые потоки:

1. Количество вытяжного воздуха из помещений жилого дома - 1375 м³/ч (из расчета 27,5 м³/ч на 1 квартиру) со средней температурой 18 °С.

2. Количество дымовых газов, образующихся при сжигании природного газа в котельной: при тепловой нагрузке 210 кВт - 252 м³/ч (из расчета 120 нм³/ч природного газа на выработку 1000 кВт/ч и 10 м³/ч дымовых газов при сжигании 1 нм³/ч природного газа) с температурой 110 °С;

при тепловой нагрузке 180 кВт - 216 м³/ч (из расчета 120 нм³/ч природного газа на выработку 1000 кВт/ч и 10 м³/ч дымовых газов при сжигании 1 нм³/ч природного газа) с температурой 110 °С.

3. Усредненное количество вентиляционного воздуха, проходящего через канализационные стояки жилого дома, - 300 м³/ч с температурой 20 °С.

4. Расчетная температура наружного воздуха для г. Минска - -24 °С (согласно СНиП).

5. Средняя за отопительный период температура наружного воздуха для г. Минска - -1,5 °С (согласно СНиП).

6. Продолжительность отопительного периода для г. Минска - 204 сут/год (согласно СНиП).

Экономические показатели:

1. Удельные капитальные вложения на сооружение котельной на природном газе - 120 долл./кВт.

2. Удельные капитальные вложения на сооружение установки утилизации на основе теплового насоса - 300 долл./кВт.

3. Удельные капитальные вложения на сооружение установки очистки и нейтрализации конденсата, смеси охлажденных дымовых газов и вентвыбросов - 150 долл./кВт.

4. Удельные капитальные вложения на сооружение установки, обеспечивающей равный экологический эффект очистки дымовых газов и вентвыбросов из помещений зданий и канализационной сети традиционным способом (оценка по результатам анализа стоимости возможных к применению устройств), - 250 долл./кВт.

5. Ежегодные затраты на амортизацию и обслуживание котельной - 8 % от капитальных вложений.

6. Ежегодные затраты на амортизацию и обслуживание установки утилизации на основе теплового насоса - 5 % от капитальных вложений.

7. Ежегодные затраты на амортизацию и обслуживание установки очистки и нейтрализации конденсата, смеси охлажденных дымовых газов и вентвыбросов - 12 % от капитальных вложений.

8. Ежегодные затраты на амортизацию и обслуживание вентиляционных установок и установок, обеспечивающей равный экологический эффект очистки дымовых газов и вентвыбросов из помещений зданий и канализационной сети традиционным способом

BY 18368 C1 2014.06.30

(оценка по результатам анализа стоимости возможных к применению устройств), - 10 % от капитальных вложений.

9. Стоимость 1 м^3 природного газа (ожидаемая к моменту пуска в эксплуатацию предлагаемой системы) - 200 долл.

10. Стоимость 1 МВт/ч (ожидаемая к моменту пуска в эксплуатацию предлагаемой системы):

потребительский тариф - 100 долл.;

расходуемого тепловым насосом (разрабатываемый в настоящее время льготный тариф, стимулирующий применение энергосберегающего оборудования) - 50 долл.

11. Эксплуатационные расходы:

1. Ежегодное потребление тепла на отопление дома - 402,9 МВт/ч.

2. Ежегодное потребление тепла на горячее водоснабжение - 259,2 МВт/ч.

3. Количество сбросного тепла, отбираемого с применением теплового насоса, - 25 кВт.

4. Теплопроизводительность утилизационной установки с тепловым насосом - 30 кВт.

5. Единовременные капитальные вложения на сооружение котельной с котлами суммарной теплопроизводительностью 300 кВт (2×150 кВт) - 36 тыс. долл.

6. Единовременные капитальные вложения на сооружение котельной с котлами суммарной теплопроизводительностью 200 кВт (2×100 кВт) - 24 тыс. долл.

7. Единовременные капитальные вложения на сооружение установки утилизации на основе теплового насоса - 9 тыс. долл.

8. Единовременные капитальные вложения на сооружение установки очистки и нейтрализации конденсата, смеси охлажденных дымовых газов и вентиляционных выбросов - 3,75 тыс. долл.

9. Единовременные капитальные вложения на сооружение вентиляционных установок подачи дымовых газов и вентиляционных выбросов из помещений зданий и канализационной сети (в предположении, что вентиляционные установки для обоих сравниваемых вариантов одинаковы), - 5 тыс. долл.

10. Единовременные капитальные вложения на сооружение установки, обеспечивающей равные комфортные условия в вентилируемых помещениях здания и экологический эффект от очистки дымовых газов и вентиляционных выбросов из помещений зданий и канализационной сети традиционным способом (оценка по результатам анализа стоимости возможных к применению устройств), - 113 тыс. долл.

11. Суммарные капитальные вложения на теплоснабжение здания от котельной (традиционное решение) с сооружением установки, обеспечивающей равные комфортные условия в вентилируемых помещениях здания и экологический эффект от очистки дымовых газов и вентиляционных выбросов из помещений зданий и канализационной сети, - 473 тыс. долл.

12. Суммарные капитальные вложения на теплоснабжение здания по предлагаемому решению - 41,75 тыс. долл.

13. Ежегодный расход природного газа на выработку теплоты:

на отопление и горячее водоснабжение от котельной ($V_{\text{уд}} = 120 \text{ м}^3/\text{МВт/ч}$) - 79,5 тыс. м^3 ;

на отопление от котельной ($V_{\text{уд}} = 120 \text{ м}^3/\text{МВт/ч}$) - 48,3 тыс. м^3 .

14. Ежегодный расход электрической энергии для выработки теплоты на горячее водоснабжение потребляемой установкой утилизации на основе теплового насоса (при коэффициенте трансформации тепла в тепловом насосе, равном 3,2) - 81,0 МВт/ч.

15. Ежегодный расход электрической энергии вентиляционными установками подачи дымовых газов и вентиляционных выбросов из помещений зданий и канализационной сети в установку утилизации на основе теплового насоса (в предположении, что расходы электроэнергии на работу вентиляционных установок для обоих сравниваемых вариантов одинаковы) - 17,5 МВт/ч.

16. Стоимость природного газа, потребляемого на выработку теплоты:

на отопление и горячее водоснабжение от котельной - 15,9 тыс. долл.;

на отопление от котельной ($V_{\text{уд}} = 120 \text{ м}^3/\text{МВт/ч}$) - 9,7 тыс. долл.).

BY 18368 C1 2014.06.30

17. Стоимость электрической энергии, расходуемой:

тепловым насосом - 4,1 тыс. долл.;

вентиляционными установками (для обоих сравниваемых вариантов) - 1,75 тыс. долл.

18. Ежегодные затраты на амортизацию и обслуживание:

котельной с котлами суммарной теплопроизводительностью 300 кВт - 2,9 тыс. долл.;

котельной с котлами суммарной теплопроизводительностью 200 кВт - 1,9 тыс. долл.;

установки утилизации на основе теплового насоса - 0,45 тыс. долл.;

установки очистки и нейтрализации конденсата, смеси охлажденных дымовых газов и вентвыбросов - 0,38 тыс. долл.;

обслуживание вентиляционных установок (для обоих сравниваемых вариантов) - 0,5 тыс. долл.;

установки, обеспечивающей равные комфортные условия в вентилируемых помещениях здания и экологический эффект от очистки дымовых газов и вентвыбросов из помещений зданий и канализационной сети традиционным способом, - 1,13 тыс. долл.

19. Суммарные ежегодные затраты на теплоснабжение здания от котельной (традиционное решение) с равными экологическими условиями - 22,18 тыс. долл.

20. Суммарные ежегодные затраты на теплоснабжение здания по предлагаемому решению - 18,78 тыс. долл.

Таким образом, выполненные исследования показывают, что предлагаемая установка технически реализуема и позволяет обеспечить теплоснабжение объектов, удаленных от источников централизованного теплоснабжения и размещаемых на территориях, имеющих повышенные требования к выбросам вредных веществ, содержащихся в дымовых газах и вытяжном вентиляционном воздухе из помещений зданий и внутренней и наружной канализационной сети.

Причем из результатов приведенного технико-экономического сравнения следует, что в сравнении с традиционным решением обеспечивается сокращение единовременных капитальных вложений на сооружение предлагаемой установки на 11,7 %, ежегодных эксплуатационных затрат на 15,3 %, а также сокращение на 39,2 % потребления природного газа (вместо 793 тыс. $\text{нм}^3/\text{год}$ расходуется всего 483 тыс. $\text{нм}^3/\text{год}$).

Источники информации:

1. Тепловые и атомные электростанции. Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 3: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В.Клименко и проф. В.М.Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - С. 58-64.

2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов / Под ред. В.Я.Гиршфельда. - 3-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 1987. - С. 259.

3. Баженов М.И., Богородский А.С., Сазанов Б.В., Юренев В.Н.; Промышленные тепловые электростанции: Учебник для вузов / Под ред. Е.Я.Соколова. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергия, 1979. - С. 199.

4. RU 1.813.999, МПК F 24F 3/16, 7/06, 1993.

5. А. с. РФ 1.768.881, МПК F 24F 3/16, F 24C 15/20, 1993.

6. RU 2.202.732, МПК F 22B 33/18, 2003.