

УДК 62-624.3

ГЕНЕРАЦИЯ ГАЗОПАРОВОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Красильников Д.С.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

E-mail: Krasilnikov.DS@yandex.ru

В работе рассмотрены способы получения газопаровой смеси. Обозначены преимущества использования многокомпонентного теплоносителя, а также существующие возможности по его применению в различных сферах деятельности. Выявлено, что применение данного теплоносителя является способом увеличения энергоэффективности тепловых процессов.

Ключевые слова: газопаровая смесь; водяной пар; теплоноситель; энергоэффективность; теплогенератор; процесс конденсации; продукты сгорания.

THE GENERATION OF THE GAS-VAPOR OF THE HEAT CARRIER AND ITS APPLICATION

Krasilnikov D.S.

The paper deals with the methods of obtaining a gas-vapor mixture. The advantages of using a multi-component coolant, as well as the existing opportunities for its application in various fields of activity are indicated. It is revealed that the use of this coolant is a way to increase the energy efficiency of thermal processes.

Keywords: gas-steam mixture; water vapor; coolant; energy efficiency; heat generator; condensation process; combustion products.

Важную роль в энергетической стратегии развития России играет процесс совершенствования систем децентрализованного теплоснабжения промышленного производства и теплогенерирующих установок топливом, для которых служит природный газ [5]. Одной из главных проблем в области энергосбережения является существенная потеря тепловой энергии с уходящими дымовыми газами, находящиеся в пределах 60-70%. Выход на более качественный уровень эффективного использования топлива возможен за счет применения современных энергетически эффективных способов получения, транспортировки и применения тепловой энергии. Одним из таких способов, позволяющим решить поставленные задачи, является использование многокомпонентных газопаровых смесей, вырабатываемых в теплогенераторах.

Выработку газопаровых многокомпонентных теплоносителей можно осуществлять несколькими способами. Наиболее простым, с точки зрения осуществления технологического

процесса, является процесс выработки газопарового теплоносителя за счет впрыска через форсунку воды, в результате чего получается тонкораспыленная водная фаза, которая поступает в продукты полного сгорания природного газа. В результате этого происходит процесс парообразования и смешивания с дымовыми газами (рисунок 1). Вторым способом является осуществление подмешивания, заранее полученного водяного пара вместо воды. Данный способ более затратен в следствие необходимости применения дополнительного парогенератора для выработки пара, а это, в свою очередь, несет дополнительные расходы на топливо и увеличение себестоимости теплоносителя. Первый вариант является более выгодным за счет меньших затрат на получение пара, компактности и меньшего времени выхода на рабочий режим.

Применение в цепочке выработки газопаровой смеси котельных установок значительно увеличивает капитальные и эксплуатационные расходы, т.к. есть необходимость в дополнительном применении горячей воды и пара. Последние разработки в отрасли производства парогенераторов увеличили значение КПД таких установок, но все же они не достигают высоких значений за счет присущих им больших потерь с уносом дымовых газов.

Характерная особенность получения многокомпонентных смесей – отсутствие поверхности теплообмена. Данный фактор дает возможность приблизить значение КПД установок к 100%, а также он почти не зависит от их мощности. В случае получения водяного пара для нужд образования ГПС при помощи внешнего оборудования, процесс нагрева значительно ограничен рамками КПД паровых котлов.

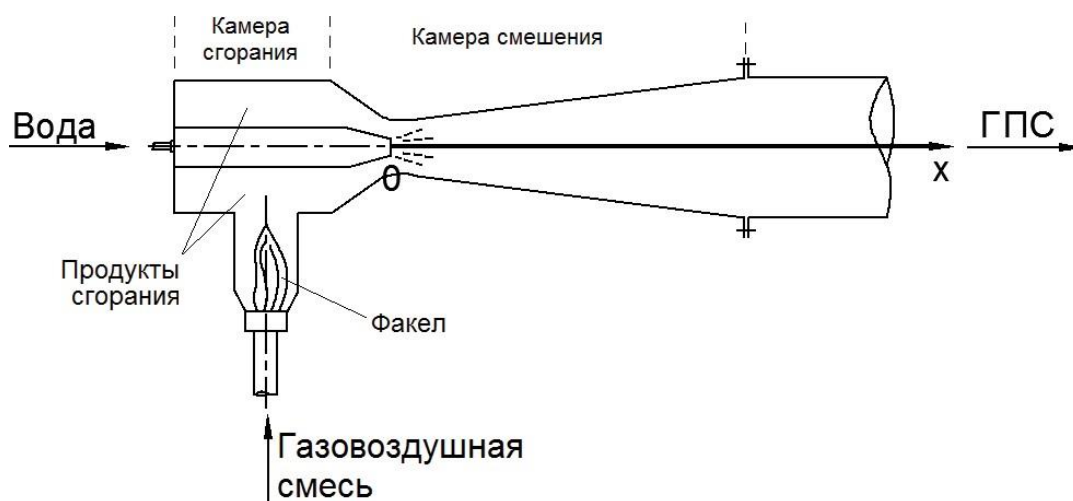


Рисунок 1. Схема выработки газопаровой смеси

Многокомпонентные теплоносители вырабатываются в основном в смешительных теплообменных аппаратах. Параметры получаемого теплоносителя регулируют путем изменения количества смешиваемых элементов. Что позволяет оперативно влиять на характеристики теплоносителя, соответствующие заданным технологическим процессам.

Показатели интенсивности теплопередачи характеризуются теплофизическими параметрами теплоносителей, природой материалов, участвующих в процессе теплообмена, площадью поверхности и температурным напором:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta T \quad (1)$$

Для рассмотрения процесса увеличения эффективности теплообмена при помощи применения газопаровых теплоносителей выражение (1) запишем в форме теплового потока:

$$Q = \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что в случае использования газопаровых смесей увеличится температурный напор за счет температуры теплоносителя достигающей 800°C при атмосферном давлении, а также за счет теплоты конденсации паровой фазы значительно увеличится коэффициент теплоотдачи.

На текущий момент газопаровая смесь является выгодно применимой для различных сфер деятельности, таких как сельское хозяйство, строительство, транспортная инфраструктура и на не больших объектах производства. В основном генерация газопаровых смесей происходит в автономных аппаратах.

Добываемое газовое топливо на территории России характеризуется отсутствием содержания соединений серы и твердых частиц в продуктах сгорания природного газа. Данный фактор дает возможность применять контактные теплообменные устройства, имеющие высокие показатели коэффициента полезного действия, достигающего 95-97% за счет высокой эффективности передачи теплоты при контакте продуктов сгорания природного газа с другими компонентами теплоносителя [4].

В результате осуществления процесса конденсации водяных паров из продуктов сгорания природного газа достигается возрастание значения удельной теплоты на 4 МДж/нм³, что соответствует 11% от общего теплосодержания. В действующих паровых котлах потери в окружающую среду с уносом продуктов сгорания достигают 18%, а в промышленных печах и сушильных установках это значение находится на уровне 50% [3]. Температура продуктов сгорания на выходе из котла утилизатора равна около 200-300°C, на выходе из парового котла 200-250°C. Использование поверхностных теплообменных аппаратов для снижения уходящих газов ниже 120°C потребует высоких финансовых вложений, что является не рациональным. Но при охлаждении продуктов сгорания природного газа до 35-40°C появляется возможность использовать теплоту конденсации 70-80% водяных паров [4].

Главным отличием процесса конденсации газопаровых теплоносителей от процесса конденсации водяных паров является присутствие в газопаровой смеси неконденсирующихся

газов. В этом случае пар находится в перегретом состоянии. Процесс конденсации перегретого пара происходит аналогичным образом, как и в случае с насыщенным паром. Перегретый пар охлаждаясь становится насыщенным у поверхности теплообмена, при этом оставаясь перегретым на определенном расстоянии [2]. В таком случае помимо теплоты конденсации теплоотдача дополняется теплотой перегрева.

Конденсация водяных паров из газопаровых смесей может протекать пленочно и капельно. При пленочной конденсации ограничивающим элементом теплоотдачи служит термическое сопротивление формирующейся пленки. Коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации может увеличиваться и уменьшаться. В случае вынужденного течения пленки в направлении движения потока смеси или значительной турбулизации потока в сторону движения гравитационных сил земного притяжения термическое сопротивление пленки уменьшается за счет уменьшающейся толщины слоя, а в обратном случае становится более большим. Для увеличения эффективности теплоотдачи в случае пленочной конденсации решением служат конструктивные и акустические меры, направленные на разрыв конденсатной пленки.

Осуществление капельной конденсации водяных паров из ГПС может проходить лишь на поверхностях, обладающих свойствами отторжения воды. Интенсивность капельной конденсации достаточно большая, но существующие расчетные зависимости имеют лишь эмпирический характер.

Добиться установления капельного режима конденсации можно двумя способами: необходимо применять материалы, обладающие микроструктурой, отталкивающей капли воды либо обрабатывать поверхность веществами, способствующими данному эффекту.

Фактором, значительно усложняющим процесс конденсации водяных паров, является наличие в ГПС неконденсирующихся составляющих смеси, таких как углекислый газ, азот и др. Процесс конденсации пара возможен лишь в том случае, когда парциальное давление пара больше его упругости при данной температуре поверхности теплообмена [6]. Также негативно сказывается наличие воздуха в составе насыщенного водяного пара. При достижении его концентрации в 1% от доли пара коэффициент теплоотдачи падает вдвое. Образование поверхности неконденсирующихся газов может происходить только при естественной конвекции. В случае турбулизации конденсирующегося теплоносителя величина термического сопротивления очень мала, что позволяет её не учитывать [1]. Также можно отметить тот факт, что перегретый пар находящийся в составе газопаровой смеси способствует снижению толщины конденсатной пленки из-за градиента давлений.

Генераторы газопаровых смесей быстрого действия имеют следующие области применения:

- выполнение очистки загрязненных емкостей и оборудования от продуктов нефтепереработки;
- очистка поверхностей металлических изделий пароструйным методом;
- плавное размораживание запорной арматуры, труб, оборудования, подверженного неблагоприятному воздействию окружающей среды;
- периодическая санитарная обработка рабочих помещений, холодильного оборудования, весов и дозаторов, чистка производственного оборудования (подвижных механизмов);
- стерилизация почвы для уничтожения вредных бактерий, насекомых (с сохранением важной органической части почвы);
- проведение работ по очистке и обеззараживанию мест содержания скота и птицы;
- очистка памятников архитектуры, фасадов зданий от органических и других загрязнений;
- размораживание стоков ливневой канализации в межсезонный период.

В случае выполнения некоторых корректировок режима работы генераторов ГПС возможность их применения открывается в следующих технологических процессах:

- оборудования для снегоплавления;
- удаление наледи с крыш домов;
- осуществление поддержания необходимой температуры в парниках и теплицах в холодное время года;
- термовлажностное воздействие на железобетонные конструкции для затворения бетона.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, о том, что в областях производства, допускающих использование продуктов полного сгорания природного газа в качестве альтернативы воде и водяному пару, могут выступать газопаровые теплоносители. Их применение позволит повысить эффективность среднетемпературных процессов теплотехнологических систем. Газопаровые смеси являются выгодными в применении с точки зрения себестоимости и простоты получения относительно водяного пара. Применение ГПС позволяет исключить сложное технологическое оборудование, такое как паровой котел, система трубопроводов, регулирующая арматура, система безопасности и система автоматического управления. Нет необходимости осуществлять водоподготовку для подачи воды в газопаровой теплогенератор, который позволяет использовать воду из систем холодного водоснабжения. Выработка ГПС в основном происходит в автономных теплогенераторах непосредственно на месте потребления, что дает возможность значительно сократить потери тепловой энергии с транспортом. Такие теплогенераторы обладают малой инерционностью и характеризуются быстрым выходом на рабочий режим согласно задаваемым технологическим параметрам. Все положительные стороны газопаровых смесей и их

получения дают право полагать о широких возможностях применения и перспектив развития многокомпонентных теплоносителей.

Список литературы

1. Клименко А. В., Зорин В. М. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 564 с.
 2. Леонтьев А. И. Теория теплообмена. М.: Высш. шк., 1979. 496 с.
 3. Липов Ю. М. и др. Компоновка и тепловой расчет парового котла. М.: Энергоатомиздат, 1988. 208 с.
 4. Новгородский Е. Е. и др. Комплексное энерготехнологическое использование газа и охрана воздушного бассейна. М.: Дело, 1997. 368 с.
 5. Энергетическая стратегия России до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р.
 6. Bennett C. O., Myers J. E. Momentum, heat and mass transfer. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1983. 848 p.
-