

Никитин М. Н.

[СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ](#)

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/6/41.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

[Альманах современной науки и образования](#)

Тамбов: Грамота, 2009. № 6 (25). С. 135-137. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/6/

[© Издательство "Грамота"](#)

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Никитин М. Н.

Самарский государственный технический университет

Важнейшим показателем любого теплоносителя является его теплоемкость, т.е. количество тепла, содержащееся в единице его массы или объема. Однако зачастую решающим фактором при выборе теплоносителя оказываются другие термодинамические показатели: давление, плотность и вязкость. Так водяной теплоноситель обычно используется в сравнительно узком диапазоне температур (50–150⁰С), так как давление жидкой фазы при 150⁰С составляет 4.9 ат, в то время как давление воды на кривой насыщения при 200⁰С – уже 15.8 ат [Тепловой расчет котлов]. Такое давление, несмотря на значительную энтальпию (852 кДж/кг или 737662 кДж/м³ при 200⁰С) [Тепловой расчет котлов], требует специального оборудования – котел, трубопроводы и арматуру, что экономически не выгодно в ряде случаев.

Целью описываемой работы было выявление наиболее энергоемкого теплоносителя для среднетемпературных процессов, применяемых в горной промышленности (термическая обработка и увлажнение ископаемых материалов) и строительстве (затворение бетона на мобильных бетонных заводах и снятие наледи с металлических конструкций на строительных площадках). Именно эти категории потребителей, как правило, не имеют доступа к тепловым станциям и вынуждены самостоятельно организовывать выработку и транспортировку тепла.

Были рассмотрены следующие виды теплоносителей: насыщенный водяной пар, перегретый водяной пар, нагретый воздух, дымовые газы, газозвдушная смесь (дымовые газы + воздух) и парогазовая смесь (дымовые газы + водяной пар). Требования указанных категорий потребителей к виду теплоносителя, допускают использование дымовых газов.

Воздух, насыщенный и перегретый пар можно отнести к группе “чистые теплоносители”, так как получение пара и нагрев воздуха осуществляется опосредованной передачей тепла. Поверхность нагрева является причиной сниженного КПД процесса нагрева. Меры по повышению КПД приводят к усложнению и росту стоимости установок. Основными требованиями к теплогенератору в поставленных условиях являются: простота, мобильность и экономичность. Поэтому сравнительная характеристика “чистых теплоносителей” не проводилась.

Дымовые газы, газозвдушную и парогазовую смеси можно отнести к группе “многокомпонентные теплоносители” или “смеси”. Получить такие теплоносители с температурами более 300⁰С значительно проще, нежели воду, воздух или пар. Например, в смесительных парогенераторах [Патент США № 7146937 В2] и воздухонагревателях. Отсутствие поверхности теплообмена приближает к 100% КПД процесса нагрева смесей, который практически не зависит от мощности установки. Таким образом, следует провести анализ многокомпонентных теплоносителей относительно 1 м³ природного газа.

Энтальпии дымовых газов и смесей были рассчитаны из учета следующего содержания компонентов (стехиометрическая смесь):

$$V_{\text{с}}^0 = 9.42\%; V_{RO_2}^0 = 0.99\%; V_{N_2}^0 = 7.46\%; V_{N_2}^0 = 2.13\%$$

[Григорьев 2006: 70, Тепловой расчет котлов – для газопровода Уренгой-Ухта]. Коэффициент расхода воздуха в дымовых газах принимался $\alpha_{\text{сзод}} = 1$. Газозвдушная смесь (ГВС) образуется при добавлении воздуха в продукты сгорания. Парогазовая смесь (ПГС) образуется при впрыске в поток дымовых газов воды, которая мгновенно испаряется.

При стехиометрическом сжигании 1 м³ природного газа выделяется порядка 35.5 МДж тепла [Тепловой расчет котлов – для газопровода Уренгой-Ухта]. На Рис. 1 показаны зависимости энтальпий многокомпонентных теплоносителей от их температуры из расчета на 1 м³ сжигаемого газа. При этом охлаждение ГВС и ПГС происходит за счет добавления воздуха и воды соответственно, что позволяет снизить температуру смеси без потери теплоты.

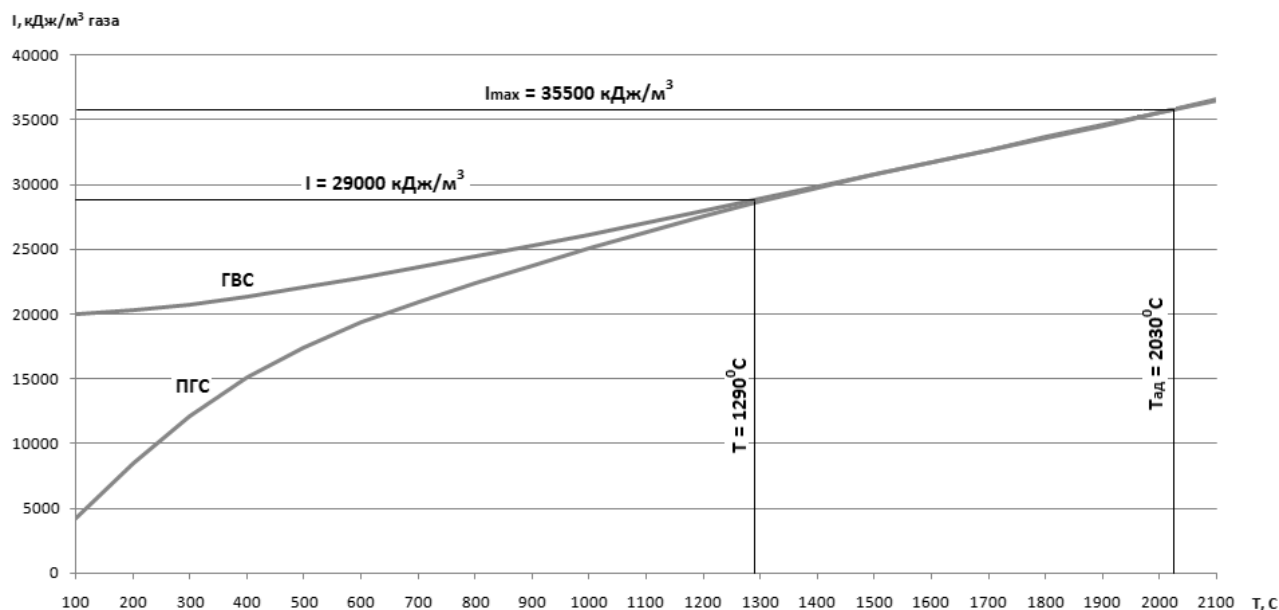


Рис. 1. Энтальпии теплоносителей при абсолютном давлении 1 ат: ДГ – дымовые газы; ГВС – газозвоздушная смесь; ПГС – парогазовая смесь

Энтальпии многокомпонентных теплоносителей определялись следующим образом:

$$I_{ДГ} = (c_{RO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2} + c_{H_2O} \cdot V_{H_2O}) \cdot T_{ДГ};$$

$$I_{ГВС} = (c_{RO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2} + c_{H_2O} \cdot V_{H_2O} + c_{возд} \cdot G_{возд}) \cdot T_{ГВС};$$

$$I_{ПГС} = (c_{RO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2} + c_{H_2O} \cdot (G_{пара} + V_{H_2O})) \cdot T_{ПГС},$$

где c_{RO_2} , c_{N_2} , c_{H_2O} , $c_{возд}$ – теплоемкости трехатомных газов, азота, водяных паров и воздуха соответственно, кДж/(м³·°C); $T_{ДГ}$, $T_{ГВС}$, $T_{ПГС}$ – температуры получаемых смесей: дымовых газов, газозвоздушной и парогазовой смесей соответственно, °C; $G_{возд}$, $G_{пара}$ – расходы подмешиваемого воздуха и водяного пара (фактически, впрыскиваемой воды) для получения смесей с температурами $T_{ГВС}$ и $T_{ПГС}$ соответственно, м³/(м³ природного газа).

Расходы подмешиваемого воздуха и водяного пара определялись из следующих балансов:

$$I_{ГВС} = I_{ДГ} - G_{возд} \cdot (c_{возд} \cdot T_{ГВС} - c_{возд} \cdot T_{возд});$$

$$I_{ПГС} = I_{ДГ} - G_{пара} \cdot \rho_{пара} \cdot c_{воды} \cdot (100 - T_{воды}) - G_{пара} \cdot \rho_{пара} \cdot r_{воды} - G_{пара} \cdot (c_{H_2O} \cdot T_{ПГС} - c_{H_2O} \cdot 100),$$

где $T_{возд}$, $T_{воды}$ – температуры подаваемых воздуха и воды, °C; $r_{воды}$ – теплота парообразования, кДж/кг; $G_{пара} \cdot \rho_{пара}$ – расход подаваемой воды, кг/(м³ природного газа).

В точке адиабатической температуры горения ($T_{ад}$) содержания подмешиваемых добавок (воздуха и воды) равны нулю, то есть имеют место только продукты стехиометрического горения. Как видно из графика (Рис. 1), до определенной температуры ($T = 1290^{\circ}C$) энтальпии ГВС и ПГС почти одинаковы. Это говорит о том, что в диапазоне температур от $1290^{\circ}C$ до $2030^{\circ}C$ (для рассматриваемого вида природного газа) эффективности использования ГВС и ПГС одинаковы.

Далее заметно снижение энтальпии объема парогазовой смеси относительно газозвоздушной при прочих равных условиях. Однако утилизация тепла парогазовой смеси у потребителя (дезинфекция, затворение бетона, снятие наледи) будет значительно эффективнее, так как при конденсации водяных паров выделится теплота конденсации (см. Рис. 2). Конденсация паров воды проходит интенсивнее охлаждения остальных компонентов смеси, поэтому теплообменный аппарат (например, для нагрева гудрона) для ПГС будет компактнее, чем для ГВС.

На Рис. 2 показаны количества теплоты, которые может снять потребитель, охладив ГВС и ПГС до $100^{\circ}C$, из расчета на 1 м³ природного газа (без учета дымовых газов). Тепловая энергия, доставляемая дымовыми газами в обоих случаях, одинакова, поэтому была учтена только та энергия, которая доставляется добавками. В расчетах было принято, что происходит конденсация всех водяных паров, и это легко достига-

ется при работе на невысоких температурах и использовании конденсатоотводчиков. Охлаждение ПГС приводит к конденсации содержащихся в ней водяных паров. Эти два процесса ($Q_{ПГС\text{ охл}}$ и $Q_{ПГС\text{ конд}}$) и их сумма ($Q_{ПГС}$) представлены на графике (Рис. 2).

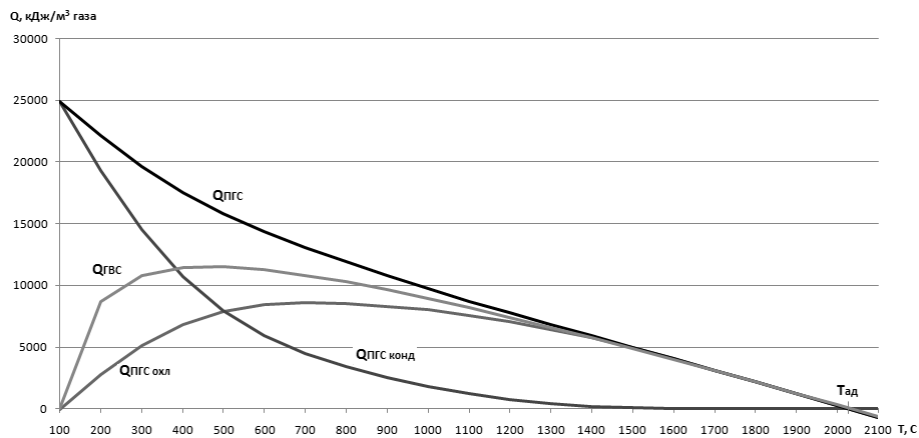


Рис. 2. Теплота, доставляемая потребителю добавками смесей при сжигании 1 м^3 природного газа: $Q_{ГВС}$ – теплота газозвушной смеси; $Q_{ПГС\text{ охл}}$ – теплота от охлаждения ПГС; $Q_{ПГС\text{ конд}}$ – теплота от конденсации ПГС; $Q_{ПГС}$ – суммарная теплота от парогазовой смеси; $T_{ад}$ – адиабатическая температура горения

Теплота, доставляемая 1 м^3 смеси была рассчитана следующим образом:

$$Q_{ГВС} = G_{ГВС} \cdot (c_{RO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2} + c_{H_2O} \cdot V_{H_2O} + c_{возд} \cdot G_{возд}) \cdot (T_{ГВС} - 100);$$

$$Q_{ПГС} = G_{ПГС} \cdot \left[(c_{RO_2} \cdot V_{RO_2} + c_{N_2} \cdot V_{N_2} + c_{H_2O} \cdot (G_{пара} + V_{H_2O})) \cdot (T_{ПГС} - 100) + \rho_{пара} \cdot r_{воды} \right],$$

где $G_{ГВС}$, $G_{ПГС}$ – расходы газозвушной и парогазовой смесей соответственно, $\text{м}^3/(\text{м}^3 \text{ природного газа})$.

Видно, что тепловая энергия, передаваемая потребителю, при использовании ПГС ($Q_{ПГС}$) больше, чем при использовании ГВС ($Q_{ГВС}$). При этом, решающим компонентом является теплота конденсации ($Q_{ПГС\text{ конд}}$), удельная величина которой прямо пропорциональна количеству впрыскиваемой воды и обратно пропорциональна температуре парогазовой смеси.

Результатом проделанной работы стало выделение парогазовой смеси как наиболее энергоемкого теплоносителя для среднетемпературных процессов в горной промышленности, на мобильных бетонных заводах и строительных площадках. Простота и экономичность получения и транспортировки парогазовой смеси позволяет сделать вывод о перспективности развития мобильных парогенераторов смешительного типа.

Список использованной литературы

1. Григорьев К. А. Технология сжигания органических топлив. Энергетические топлива: учебное пособие / К. Григорьев, Ю. Рундыгин, А. Тринченко. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. 92 с.
2. Клименко А. В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / А. Клименко, В. Зорин. М.: Изд-во МЭИ, 2007. 632 с.
3. Патент США № 7146937 В2. F22G 5/12, 2006.
4. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.

РОЛЬ ПРОЕКТНЫХ УМЕНИЙ В ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Нуруллина Г. Н., Хисамиева Л. Г.

Казанский государственный технологический университет
Институт технологий лёгкой промышленности, моды и дизайна, г. Казань

Интенсивно меняющиеся социально-экономические условия развития общества настоятельно требуют гибкой и динамичной адаптации системы образования к этим процессам. На первый план выдвигаются проблемы повышения качества образования и эффективности управления образованием, ставятся новые, более