

## РАСЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ

**Сасаров В.А., студ.; Федорова М.А., студ.; Новиков И.Н., ст. преп., к.т.н.**

*(Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Российская Федерация)*

На сегодняшний день углеводородное топливо является основным источником энергии и альтернативы ему не предвидится ещё долгое время. Основная проблема состоит в том, что количество углеводородного топлива в виде полезных ископаемых уменьшается, и темпы роста потребностей человечества в энергии приводят к исчерпыванию этих ресурсов. Сейчас главенствующую роль в энергетике играет природный газ и нефть, а уголь, не является столь же востребованным, хотя его запасы в 5-6 раз превосходят запасы нефти и в 6-7 раз газа. Эта оценка исходит из экономически извлекаемых запасов угля, на самом деле их значительно больше. Прогнозные запасы угля, доступного к разработке, оцениваются в 2,5-3 трлн. тонн. Низкая популярность угля, по сравнению с его углеводородными аналогами связана с тем, что, в отличие от угля, нефть и газ используются в качестве сырья для органического синтеза.

На угледобывающих предприятиях в больших количествах в качестве отхода образуется угольная пыль, на утилизацию которой, в настоящее время, тратятся большие средства.

Одним из способов утилизации угольной пыли предложена её газификация и дальнейшее использование синтез-газа. Этот газ можно очистить от таких вредных примесей, как соединения серы, он может быть использован не только как горючее, но и как химическое сырьё. [1]

Установка газификации угольной пыли оснащена теплообменником, для получения горячей воды. Поэтому эффективность установки следует определять по коэффициенту полезного действия и эффективности получения горячей воды в целом.

Прототипом установки, работающей на угольной пыли, может являться установка, спроектированная ООО «Новая Энергия» в 2012 году для работы на опилках. В настоящее время она стоит и работает в Латвии.

Реализованный в установке рабочий процесс, обеспечивает ей энергетическую и экономическую эффективность, соблюдение всех современных норм на выбросы вредных веществ в окружающую. [2]

Установка осуществляет получение и последующее сжигание пиролизного газа из каменного угля. Рабочий процесс сжигания базируется на использовании термического разложения, окисления и других химических превращений исходных компонентов в соответствии с современными нормами. [2]

Актуальность проведенной работы обусловлена необходимостью разработки технических и технологических решений, обеспечивающих высокоэффективное и экологически безопасное сжигание твердого топлива, что было достигнуто его газификацией с последующим сжиганием получаемого синтез-газа в котлах, камерах сгорания или ГТУ.

Обеспечение принципа энергоэффективности является одним из важнейших условий функционирования и дальнейшего развития современной промышленности.

Практически существуют два альтернативных пути ресурсной и экологической эффективности жизнедеятельности:

- реконструкция существующих технологических процессов на принципах построения малоотходных производств и безотходных комплексов;

- интенсификация производства полезного продукта при одновременном снижении потребления энергетических и материальных ресурсов в результате использования новых наукоемких технологий.

Газификация угольной пыли (угля) с утилизацией вредных выбросов как раз относится ко второму пункту.

Серьезным препятствием на пути широкого применения газификации угля является относительное усложнение установок (добавляется газогенератор) и меньшая в сравнении с природным газом теплотворная способность. Эти недостатки незначительны по сравнению с преимуществами, которые несет в себе газификация углей: это низкая стоимость электро- и теплоэнергии, это более чистые выбросы по сравнению с простым сжиганием углей в топках и более высокий термический КПД установок. Также, в связи с истощением газоносных и нефтеносных слоев, газификация угля становится особенно актуальной.

Следует отметить, что если использовать в качестве газифицирующего агента не уголь, который можно продать в чистом виде, а отход угледобывающей промышленности – угольную пыль, то мы получаем бесплатное сырье для установки газификации.

Снабжение горячей водой, является одной из приоритетных задач, для промышленных объектов любой величины. Особенно это относится к местам пребывания и проживания работающих на них сотрудников. Где горячая вода используется для отопления и для различных хозяйственных нужд.

Для предприятий в городах и вблизи них, подача горячей водой не является проблемой. Чаще всего, источником снабжения, в данном случае, является городская ТЭЦ.

Но существуют удаленные предприятия, например, предприятия по добыче полезных ископаемых, в данном случае – угольной промышленности. Горячая вода в них необходима для отопления и горячего водоснабжения помещений пребывания персонала.

Есть 3 основных способа получения горячей воды на таких удаленных промышленных объектах: установка котельной, работающей на сжигании угля (газа), электрические водонагреватели и использование установки для газификации угля.

Электрические водонагреватели - этот способ будет иметь самые низкие капитальные вложения и отчисления на амортизацию, так же, водонагреватель прост в обслуживании. Но расходы электроэнергии для нагревания воды будут огромны. А учитывая стоимость электроэнергии для промышленных предприятий, порядка 6 рублей за кВт, то эксплуатационные расходы будут колоссальны, что сразу свидетельствует о том, что этот способ будет экономически неэффективным и не рентабельным в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Котельная, работающая на сжигании угля - один из самых популярных способов получения горячей воды. У него довольно большие капитальные затраты, это связано с дороговизной и сложностью устанавливаемого оборудования и монтажа. Расходы на обслуживание не превышают расходы на эти цели у подобного оборудования (угольных и мазутных котелен). [3]

Установка для газификации угольной пыли с теплообменником, совмещает в себе соизмеримые с угольной котельной капитальные вложения и эксплуатационные расходы. При этом, установка выполняет важные экологические функции: значительное снижение выбросов вредных веществ, по сравнению с угольной котельной, за счёт применения уникальной вихревой камеры сгорания в качестве дожигателя, и уничтожение угольной пыли, на утилизацию которой тратятся большие средства. С некоторой доработкой системы очистки газа, установку можно перевести в режим работы на твёрдых бытовых и промышленных отходах.

Так как газ после камеры дожигания использован в теплообменном аппарате, то полезно используемым теплом можно считать физическое тепло сухого газа и водяных паров, физическое тепло паров смолы и потенциальное тепло смолы, потенциальное тепло генераторного газа. Тогда тепловой КПД процесса будет равен:  $\eta_m = 88,5\%$  [4]-[5].

Таблица 1 - Тепловой баланс процесса пиролиза

Расходные статьи баланса	Количество тепла		Приходные статьи баланса	Количество тепла	
	МДж	%		МДж	%
1. Потенциальное тепло генераторного газа	25896,55	61,85	1. Потенциальное (химически связанное) тепло топлива	41737,36	99,68
2. Физическое тепло сухого газа	4515,82	10,78	2. Физическое тепло воздуха дутья	134,21	0,32
3. Физическое тепло водяных паров	1050,1	2,51			
4. Потенциальное тепло смолы	3629,11	8,67			
5. Физическое тепло паров смолы	183,28	0,44			
6. Потенциальное тепло аммиака	218,44	0,52			
7. Потенциальное тепло уноса	1414,83	3,38			
8. Потенциальное тепло коксового остатка	699,51	1,67			
9. Физическое тепло коксового остатка	76,79	0,18			
10. Отдача тепла в окружающую среду	4187,14	10,0			
<b>Итого</b>	<b>41871,57</b>	<b>100</b>	<b>Итого</b>	<b>41871,57</b>	<b>100</b>

Прототипом установки, работающей на угольной пыли, является установка, спроектированная ООО «Новая Энергия» в 2012 году для работы на опилках. (Рис.1). В настоящее время она стоит и работает в Латвии.



Рисунок 1 – Установка газификации древесных опилок и пульт управления установкой газификации древесных опилок.

Максимальная производительность, при заданных размерах пилотного газификатора (500 на 500 мм), по угольной пыли 1650 кг в сутки. В процессе работы возможно снижение производительности при неизменных габаритных размерах установки.

В предложенной установке, в качестве сырья, помимо угольной пыли, можно использовать опилки. Это никак не повлияет на конструкцию самой установки, но изменится покупное оборудование (понадобится сушилка для влажных опилок). При этом выход горячей воды уменьшится, в связи с более низкой теплотой сгорания опилок. Такая установка будет иметь наибольшую эффективность от внедрения на деревообрабатывающих предприятиях.

Себестоимость горячей воды, полученной: посредством газификации угля -  $U_{\text{выр}}^B=154,05$  руб/м<sup>3</sup>; в угольной котельной -  $U_{\text{выр}}^B=224,74$  руб/м<sup>3</sup>; с помощью электрического водонагревателя -  $U_{\text{выр}}^B=520,7$  руб/м<sup>3</sup>. Полученные себестоимости, при прочих равных условиях, показывают, что экономически более эффективным, является получение горячей воды посредством газификации угля.

Так как газ после камеры дожигания может быть использован в теплообменном аппарате, то полезно используемым теплом можно считать физическое тепло сухого газа и водяных паров, физическое тепло паров смолы и потенциальное тепло смолы, потенциальное тепло генераторного газа.

В целом, можно обоснованно утверждать, что предложенная конструкция установки имеет ряд преимуществ перед угольной котельной:

- высокий тепловой КПД установки 88,5%;
- низкий уровень вредных выбросов за счет применения оригинальной конструкции вихревой камеры дожигания Российского производства (высокая полнота сгорания);
- пусковые горелки, при выходе установки на рабочий режим, могут быть отключены;
- установка может работать на различных типах сырья, без изменения конструкции (дробленый уголь, угольная пыль, опилки; биологические отходы, ТБО – при добавлении системы очистки);
- установка территориально неприхотлива;
- установка может выдавать различный выходной продукт (при установке теплообменника – горячая вода, при установке паровой турбины – электроэнергия, при совместной установке – и то и другое).

Использование газификации угольной пыли, может решить проблему с её утилизацией. В то же время она является бесплатным топливом для данной установки.

Полученный синтез-газ может частично покрыть потребность в природном газе и нефти, и решить частично проблему теплоснабжения удалённых угольно добывающих предприятий.

#### Перечень ссылок

1. Снижение коррозионного воздействия метана на оборудование шахтной когенерационной электростанции. Кузнецов П.А., Борщевский С.В., Солёный С.В. Международный форум-конкурс молодых ученых "Проблемы недропользования", 2014, Санкт-Петербург.
2. [standartgost.ru] – открытая база ГОСТов и норм.
3. Паровые и водогрейные котлы. Зыков А.К. Справочное пособие (Библиотека тепломонтажника), 1987г.
4. Расчеты процессов газификации топлива. Дешалит Г.И., 1959г.
5. Полукоксование и газификация твердого топлива. Федосеев С.Д., Чернышев А.Б., 1960г.