

УДК 66.974.434

М.Э. Бурнусов, студент гр. 5ВМ61 (ТПУ)

Д.А. Портнов, студент гр. 5ВМ4Б (ТПУ)

Научный руководитель А.В. Казаков, к.т.н., доцент (ТПУ)

г. Томск

ВАРИАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРСИИ ТОРФА В ГОРЮЧИЙ ГАЗ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение

В развитии Российской энергетики, в том числе и в малой энергетике, следует уделять внимание на существующие проблемы в области генерации тепловой энергии для автономных децентрализованных потребителей. Как показывает практика, данная проблема заключается в удалённости от транспортных схем, что значительно увеличивает стоимость доставки топливных ресурсов.

Актуальность рассматриваемой в исследовании технологии конверсии заключается в том, что газификатор для получения синтез-газа в качестве рабочего тела использует пар, осуществляя при этом низкотемпературную конверсию. Такой процесс переработки позволяет получить газ более высокого качества, с большей удельной теплотой сгорания, за счёт уменьшения процента негорючих компонентов в конечном продукте.

Термическая переработка торфа (классический пиролиз) – это такие процессы, в которых происходят нагревание торфа в отсутствии каких-либо реагентов. Низкотемпературная конверсия торфа, наоборот, осуществляется в присутствии катализаторов, добавление которых повышает эффективность процесса термической переработки низкосортного сырья, за счёт увеличения выхода горючих газов с высокой теплотой сгорания.

По конечным температурам нагревания различают низкотемпературную, (450–550 °С), среднетемпературную (650–750 °С) и высокотемпературную (950–1100 °С) переработку топлива [1].

В зависимости от температуры выбираются сопутствующие материалы для оборудования, технических агрегатов и т.п., а, соответственно, и материальные затраты с ростом температурных условий, в которых будет работать то или иное оборудование, увеличиваются, увеличивая за собой долю экстремальных условий при работе персонала с техническим оборудованием [2].

Объектом исследования является технология конверсии торфа в горючий газ. Предметом исследования является программный продукт для ЭВМ `synthes_calc3.1` (расчет режимных параметров когенерационной установки).

Исходные материалы для проведения НИР

В районах, отдаленных от транспортных схем, имеются большие запасы низкосортного топлива, которые можно использовать в качестве энергоносителя. Таковым является торф.

В России запасы торфа огромные, порядка 150 млрд. т. Возобновление в России торфа в год составляет примерно 280 млн. т., что во много раз больше, чем используется [3]. Сжигание торфа без переработки не целесообразно в связи с высокой влажностью, это связано с местом и спецификой его образования. По этим критериям торф был выбран, как исходное сырье для переработки.

Для получения зависимостей и взаимосвязей между различными техническими параметрами КУ и характеристиками топлива, используется программа, разработанная в ТПУ кафедрой ПГС и ПГУ, под названием «Расчёт режимных параметров когенерационной установки» [4].

Данный программный продукт позволяет осуществить трудоёмкий расчёт состава генерируемого водородсодержащего газа. Этот расчет становится автоматическим, т.к. заложен в алгоритм программы. Программа позволяет за очень маленький промежуток времени рассчитывать кинетику пиролиза для следующих твердых топлив.

Входными данными этой программы являются: температура процесса переработки, состав исходного топлива (рабочая масса). Этими параметрами можно варьировать.

Результатом расчета являются следующие величины: выход горючего газа, расход сырья, теплота сгорания горючего газа, плотность газа, содержание газообразных компонентов горючего газа (H_2 , CH_4 , CO , CO_2). Расчет проводится для одного килограмма исходного топлива.

Продукты конверсии

В результате экспериментальной конверсии низкосортного органического сырья образуются следующие продукты: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), азот (N_2). Пренебрегая небольшим выходом аммиака, принимается, что весь азот топлива переходит в газ в свободном состоянии; сера. Большая часть серы превращается в газ в виде сероводорода (H_2S), а оставшаяся часть остается в шлаке; водород (H_2). Остаточный водород топлива за вычетом водорода, пошедшего на образование пирогенной влаги, метана, этилена, смолы, и сероводорода, идет в газ в свободном состоянии; окись углерода (CO). Остаточный кислород топлива за вычетом кислорода, пошедшего на образование пирогенной влаги, двуокиси углерода, смолы переходит в газ в виде окиси углерода. Водяные пары (H_2O). В продукты термической деструкции, помимо гигроскопической влаги, переходит в пирогенную влагу смола. Для определения выхода смолы требуется знать

элементарный состав смолы; шлак. Принимается, что сухой выгреб будет содержать 15 % углерода.

Исследование нижнего предела температуры конверсии

Для исследования нижнего предела температуры протекания процесса, необходимо проделать несколько экспериментов выявления влияния температуры переработки ниже 150 °С, при этом менять исходный состав топлива нет необходимости.

Исходные данные для численных расчётов по созданной модели приведены в табл. 1 и являются результатами исследования низкотемпературной конверсии твёрдого местного органического топлива: торф [4].

Таблица 1 – Состав исходного образца топлива (торф)

$W^r_{\text{т}}, \%$	$A^r_{\text{т}}, \%$	$S^r_{\text{т}}, \%$	$C^r_{\text{т}}, \%$	$H^r_{\text{т}}, \%$	$N^r_{\text{т}}, \%$	$O^r_{\text{т}}, \%$
69,9	4,49	0,1	12,5	4,11	0,4	8,5

Для этого, были произвольно выбраны значения температуры процесса переработки, °С: 20, 40, 60, 80 и 100.

После получения результатов конверсии торфа, была сформирована табл. 2 и построены графические зависимости, рис. 1 и 2.

Таблица 2 – Результаты процесса конверсии, полученные при помощи программы

$T, ^\circ\text{C}$	$\text{H}_2, \%$	$\text{CH}_4, \%$	$\text{CO}, \%$	$\text{CO}_2, \%$	$Q, \text{кДж/м}^3$
20	0,00	3,23	1,52	95,25	1351,05
40	0,00	3,36	1,87	94,76	1441,94
60	0,00	3,65	3,26	93,09	1721,68
80	0,00	3,88	11,12	85,00	2797,71
100	1,76	4,46	14,37	79,41	3606,52

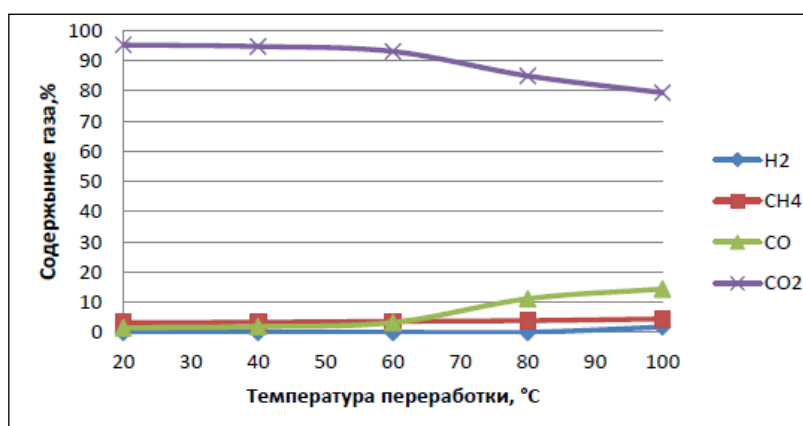


Рисунок 1 – Влияние температуры переработки на содержание компонентов в горючем газе

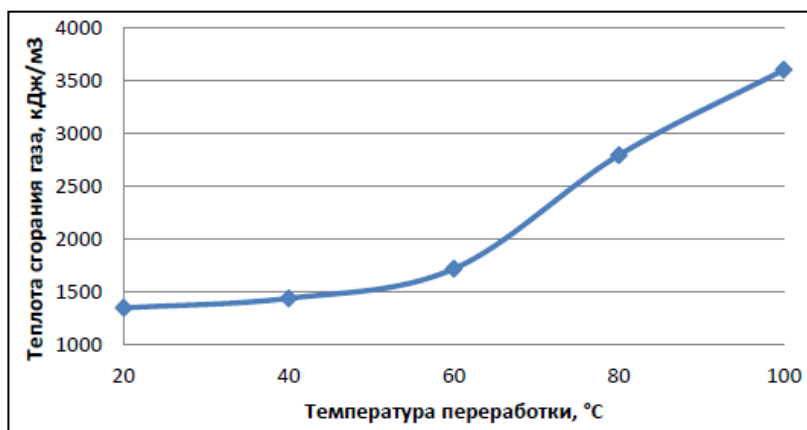


Рисунок 2 – Влияние температуры переработки на теплоту сгорания горючего газа

Анализируя результаты, представленные на рис. 1 и 2, можно сделать следующие выводы: при температуре переработки 20 °С выход CO_2 , который не является горючим компонентом, составляет 95,25 %, а содержание таких горючих компонентов, как метан и водород составляет 3,23 и 0 % соответственно; выделение H_2 начинается только при температуре процесса равной 100 °С; по мере увеличения температуры процесса происходит снижение CO_2 ; теплота сгорания горючего газа при маленьких температурах очень мала и составляет при 20 °С всего лишь 1351,05 кДж/м³.

Исследование верхнего предела температуры конверсии

Протекания процесса переработки при температурах свыше 450 °С в течении долгого времени невозможен. Это объясняется тем, что максимальная допустимая температура эксплуатации металла, из которого изготовлена данная установка, составляет 450 °С.

Если поставить задачу, исследования средне- и высокотемпературной конверсии, температура процесса которых составляет до 800 °С и 900–1050 °С соответственно, то появляется необходимость замены составляющих частей и деталей когенерационной установки на новые, изготовленные из жаростойкой и высоколегированной стали.

Помимо своих эксплуатационных характеристик, марки таких сталей отличаются высокой стоимостью.

Переоборудование когенерационной установки процесс очень затратный, а использование получаемого горючего газа, в целях решение проблем малой энергетики, экономически не выгодно.

По этой причине, разработчиками данной установки, было принято решение на стадии проектирования за максимальную температуру протекания процесса принять 450 °С.

Заключение

В процессе расчета был использован новейший программный продукт, разработанный инженерами кафедры ПГС и ПГУ. В ходе всех проведенных перерасчётов состава торфа в зависимости от содержания различных компонентов, были получены результаты и построены графические зависимости, наглядно отражающие влияние температуры конверсии и состава торфа на состав (в процентном содержании) и теплоту сгорания горючего газа.

Протекание процесса при температуре ниже, чем 150 °С нецелесообразно, а использование получаемого горючего газа с целью получения тепловой энергии экономически невыгодно, учитывая затраты на установку для переработки низкосортного сырья. При полученном значении теплоты сгорания горючего газа, выгоднее торф сушить и использовать прямое сжигание.

Список литературы

1. В.В.Афанасьев, Анализ технологий газификации твердого топлива [Текст] Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А. // Вестник Чувашского университета. 2010. 3., 194-205 стр.
2. Канторович Б.В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. – М.: Metallurgizdat, 1960.
3. Попель О.С., Реутов Б.Ф., Антропов А.П. Перспективные направления использования возобновляемых источников энергии в централизованной и автономной энергетике / Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 2–11.
4. Казаков А.В., Заворин А.С., Новосельцев П.Ю., Табакаев Р.Б. Малая распределенная энергетика России: совместная выработка тепло- и электроэнергии // Вестник науки Сибири. – 2013. – № 4. – С. 13-18.
5. P.S. Gergelizhiu, S.A. Khaustov, R.B. Tabakaev, P.Y. Novoseltsev, A.V. Kazakov, A.S. Zavorin, Proc. of 2014 Int. Conf. on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (Russia: Tomsk/Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.), 6986901 (2015).