

УДК 662.747

НОСАЧ В.Г.¹, ШРАЙБЕР А.А.²¹Институт технической теплофизики НАН Украины²Институт общей энергетики НАН Украины

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ ТВЁРДОГО ТОПЛИВА НА ВОЗДУШНОМ ДУТЬЕ

Запропоновано нову технологію виробництва синтез-газу із твердого палива з використанням повітряного дуття. Балансові розрахунки підтверджують можливість реалізації такого процесу.

Предложена новая технология производства синтез-газа из твёрдого топлива с использованием воздушного дутья. Балансовые расчёты подтверждают возможность реализации такого процесса.

We propose a new technology of the production of synthesis-gas from solid fuel with the use of air blowing. Balance calculations corroborate the possibility of realizing such a process.

За последнее столетие население Земли выросло почти вчетверо, а годовая добыча нефти — примерно в 20 раз. По имеющимся оценкам при таких темпах добычи запасы нефти будут практически полностью исчерпаны в ближайшие 30—40 лет. Поэтому изыскание альтернативных способов производства жидких моторных топлив является актуальной задачей современной науки. При этом особый интерес представляет получение жидких топлив из твёрдых, запасов которых должно хватить человечеству на сотни лет. Наиболее разработанный и технически осуществимый вариант решения этой задачи — технология, состоящая из двух этапов: 1) газификации твёрдого топлива с получением синтез-газа; 2) производства из синтез-газа искусственного жидкого топлива. Известен ряд способов реализации первого этапа (Тексако, Копперс-Тотчек и др.), однако все они имеют серьёзный недостаток — процесс газификации осуществляется на кислородном дутье, что приводит к очень высоким капиталовложениям в сооружение соответствующих установок и значительным эксплуатационным расходам. Ниже предлагается альтернативная схема производства синтез-газа из твёрдого топлива с использованием воздушного дутья, а также приводятся некоторые результаты расчёта этого процесса.

Принципиальная схема установки для производства синтез-газа из твёрдого топлива представлена на рис. 1. Твёрдое топливо подаётся в реактор 1, куда из теплообменника 8 поступает

смесь водяного пара и технологического газа с достаточно высокой температурой. В реакторе происходит процесс газификации, в результате чего получается технологический газ (ТГ) и твёрдый остаток (состоящий из золы и твёрдого углерода). Эта смесь поступает в циклон 3, из которого твёрдое вещество подаётся в камеру сгорания 2. Часть полученного ТГ выводится из цикла (целевой продукт), а остальной газ возвращается в цикл — после смешения с водяным паром он подаётся в теплообменник 8. Жидкий шлак, образующийся в циклонной камере 2, сливается в шлаковую ванну 6, откуда поступает в устройство 7. Здесь жидкий шлак дробится на практически монодисперсные достаточно крупные капли, которые затем поступают в противоточный теплообменник 8. В теплообменнике капли шлака остывают и затвердевают, отдавая теплоту смеси водяного пара и ТГ. Часть шлака после теплообменника выводится из цикла, а остаток подаётся в камеру сгорания 2. Продукты сгорания из камеры 2 поступают в парогенератор 4 и затем в воздухоподогреватель 5. Образующийся пар после смешения с ТГ подаётся в теплообменник 8, а горячий воздух — в камеру 2 для сжигания углерода.

Таким образом, описанный процесс позволяет получить технологический газ с очень низким содержанием азота (в газ переходит только азот топлива). Такой газ вполне пригоден для синтеза жидкого моторного топлива (известный процесс Фишера — Тропша).

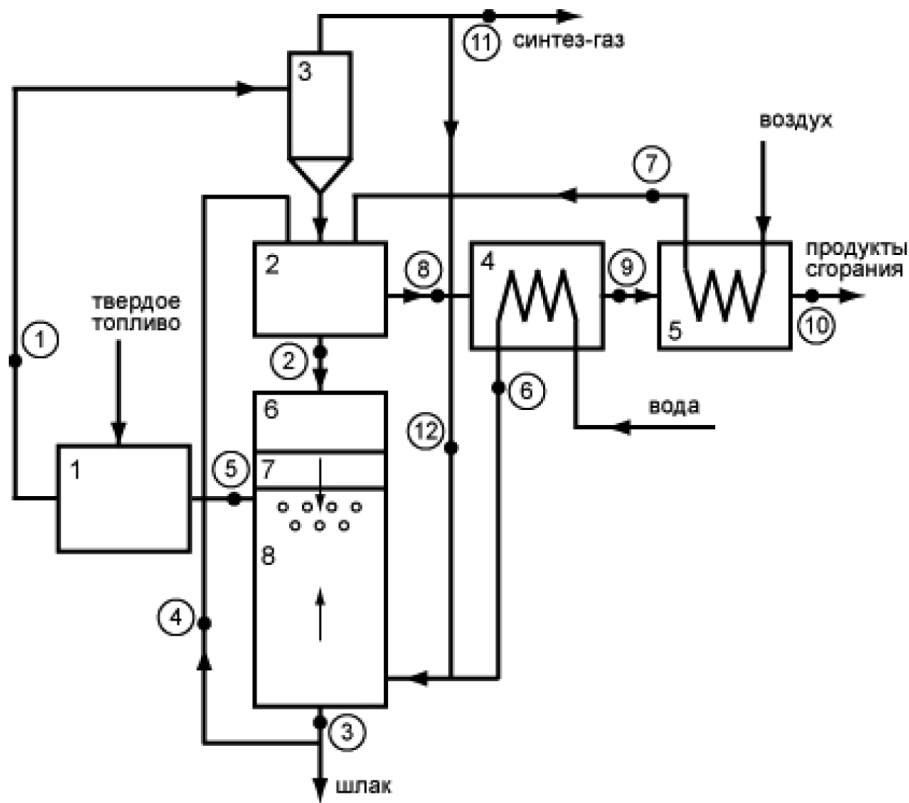
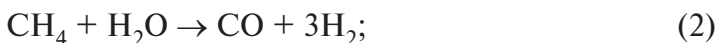


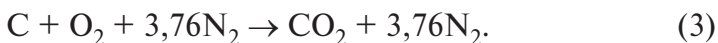
Рис. 1. Схема установки для производства синтез-газа:

1 – реактор; 2 – циклонная камера сгорания; 3 – циклон; 4 – парогенератор;
5 – воздухоподогреватель; 6 – шлаковая ванна; 7 – диспергатор; 8 – шлаковый теплообменник.

Чтобы оценить возможности реализации описанной схемы, приведём в качестве примера некоторые результаты расчёта процесса газификации фрезерного торфа следующего состава (на рабочую массу): $W = 0,15$; $A = 0,128$; $C = 0,416$; $H = 0,043$; $O = 0,249$; $N = 0,014$. Для определённости предполагалось, что весь водород присутствует в летучих в виде метана, так что его содержание составляет 0,172 и соответственно содержание твёрдого углерода равно 0,287. Рассматривались следующие реакции: в реакторе 1 –



в камере сгорания 2 –



Кроме того, принималось, что весь кислород, содержащийся в исходном топливе, выжигается в

реакторе. Тогда количество твёрдого углерода, прореагировавшего в реакторе, составит 0,187 кг (здесь и ниже расходы всех веществ отнесены к 1 кг исходного топлива); следовательно, количество твёрдого вещества, поступающего из реактора в циклон и затем в камеру сгорания, – 0,288 кг, т.е. 0,1 кг углерода + 0,128 кг золы (для упрощения здесь принимается, что КПД циклона составляет 100%).

Далее, в соответствии с (2) количество прореагировавшего водяного пара составляет 0,1935 кг. Предполагаем, что из общего количества водяного пара, поступающего в реактор 1, в реакции (2) участвует 70%. Тогда общее количество его составляет 0,276 кг (0,15 кг в топливе и 0,126 кг в газовом теплоносителе). Эти данные позволяют определить количество и состав ТГ, образующегося в реакторе.

Следующий этап – построение теплового баланса реактора:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \Delta Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8, \quad (4)$$

Таблица. Результаты расчёта процесса газификации торфа

Номер точки на рис.1	Величины	Единицы измерения	Значения
1	2	3	4
1	Количество ТГ	кг/кг	2,26
	Состав ТГ:	%	
	CO		82,0
	H ₂		7,2
	H ₂ O		9,2
	N ₂		1,6
1	Количество твёрдого остатка	кг/кг	0,228
	В том числе:		
	углерод	кг/кг	0,1
1	зола	кг/кг	0,128
	Температура	°C	650
2	Количество жидкого шлака	кг/кг	2,79
	Температура	°C	1300
3	Температура шлака	°C	680
4	Количество шлака	кг/кг	2,662
5	Количество теплоносителя	кг/кг	1,487
	В том числе:		
	ТГ	кг/кг	1,361
5	водяной пар	кг/кг	0,126
	Температура	°C	1250
6	Температура водяного пара	°C	500
7	Количество воздуха	кг/кг	1,144
	Температура	°C	500
8	Количество продуктов сгорания	кг/кг	1,244
	Температура	°C	1300
9	Температура продуктов сгорания	°C	1025
10	Температура продуктов сгорания	°C	643
11	Количество ТГ	кг/кг	0,899
12	Количество ТГ	кг/кг	1,361

где слагаемые левой части (приход теплоты) учитывают физическую теплоту топлива и водяного пара, поступающих в реактор, тепловой эффект

реакции (1) и изменение энтальпии рециркулирующего ТГ, а члены правой части (4) – физическую теплоту твёрдого остатка и произведённого

ТГ на выходе из реактора, испарение влаги топлива и эффект реакции (2). Если температуры веществ заданы, единственная неизвестная величина в (4) – это ΔQ_4 , так что сведение баланса позволяет определить расход рециркулирующего ТГ.

Подобным образом строится тепловой баланс теплообменника 8, где при заданных температурах единственной неизвестной величиной является расход рециркулирующего шлака. Далее по очевидным формулам рассчитываются тепловые балансы камеры сгорания (с учётом (3)), парогенератора и воздухоподогревателя. Некоторые ре-

зультаты для точек, отмеченных цифрами в кружочках на рис. 1, приведены в таблице.

Таким образом, проведенные расчёты полностью подтверждают возможность реализации описанного процесса. В заключение следует заметить, что уходящие газы после воздухоподогревателя и шлак после теплообменника имеют достаточно высокую температуру, так что на практике следует дополнить схему рис. 1 соответствующими устройствами для утилизации их физической теплоты.

Получено 10.11.2008 г.