

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары-19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т.1, Ч. V.- С. 53-58.

УДК622.275:624.45.042:621.18(043)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА В ПГУ

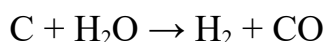
*Жаилганов А.С., магистрант 2 курса
Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С.Сейфуллина,
г. Астана*

В энергетике РК основным энергоносителем для выработки электроэнергии является уголь. Это объясняется тем, что уголь имеется практически во всех регионах, а учитывая возможность его доставки в зависимости от объемов потребления по железной дороге или автотранспортом. Уголь может считаться наиболее доступным и дешевым первичным энергоносителем. В мировой энергетике широко используется технология получения из угля синтез-газа, такой процесс имеет название газификация угля [1].

Среди стран СНГ Казахстан занимает третье место по запасам и добыче угля и первое место - по добыче угля на душу населения. Наибольший объем добычи угля в республике приходится на Центральный (Караганда) и Северо-Восточные (Павлодар) регионы - 96,2%.

Существуют три основных метода получения синтез-газа.

1. Газификация угля. Данный процесс основан на взаимодействии каменного угля с водяным паром и происходит по формуле:

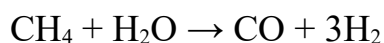


Данная реакция является эндотермической, и равновесие при температуре 900-1000 по шкале Цельсия сдвигается вправо. Разработаны различные технологические процессы, использующие парокислородное дутье, благодаря которому наряду с упомянутой реакцией параллельно протекает экзотермическая реакция сгорания угля, которая обеспечивает необходимый тепловой баланс. Ее формула:



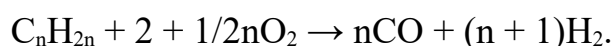
2. Конверсия метана. Данная реакция взаимодействия водяного пара и метана проводится при повышенной температуре (800-900 градусов) и

давлении при присутствии никелевых катализаторов (Ni-Al₂O₃). Формула данного процесса:



Также в качестве сырья в данном способе вместо метана можно использовать любое сырье, содержащее углеводород[2].

3. Парциальное окисление углеводородов. Данный процесс, происходящий при температурах выше 1300 градусов заключается в термическом окислении углеводородов. Формула данной реакции:



В данной работе мы будем рассматривать газификацию углей Шубаркольского месторождения.

Месторождение находится в черте города Караганда, и отличается своими крупными залежами чистого угля. Угли Шубаркольского месторождения каменные, марок Д и Д-1. Шубаркольский уголь используется для работы различных электростанций и котельных. Шубаркольский уголь имеет следующие характеристики:

В таблице 1 приведена, сравнительная характеристика углей.

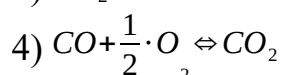
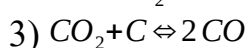
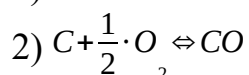
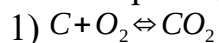
Таблица 1. Качественные характеристики углей

№	Показатели	Ед. изм.	Индекс	Экибаст.	Шубарколь	Майкуб.
1	2	3	4	5	6	7
1	Влага общая	%	w_i^r	4,0-9,0	14,5	16,0-22,0
2	Зольность	%	A^d	42,0-43,0	6,0-13,0	20,0-25,0
3	Выход летучих веществ	%	V^{daf}	24,0-28,0	43,5	42,0-45,0
4	Нелетучий (связанный углерод)	%	C		76,0	
5	Индекс Рога	ед.	R_j		0	
6	Высшая теплота сгорания	Мдж/кг	Q_j^{daf}		30,14	
		ккал/кг			7300	
7	Низшая теплота сгорания	Мдж/кг	Q_i^r	16,55	22,40	18,14
		ккал/кг		3950-4050	5600-5100	4330-4040
8	Общая сера	%	S_i^d	0,4-0,7	0,5	0,4-0,9

Элементарный состав горючей массы						
	Углерод	%	С	82,0	76,9	74,0-76,0
	Водород	%	Н	5,0	5,35	4,7-5,3
	Азот	%	Н	1,5	1,48	
	Кислород	%	О	11,5	15,30	
	Азот + Кислород	%	Н+О			18,6-21,7
	Фосфор	%	Р		0,015	
Плавокость золы;						
	Темп. начала деформ.	С°	t ^{ор} _А	1300	1100	1240
	Темп. размягчения	С°	t ^{ор} _В	1460	1420	1260
	Темп. жидкоплав. состоян	С°	t ^{ор} _С	1500	1440	1300
9	Размолоспособность углей по методу ВТИ			1,35	1,3	1,21

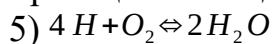
Процесс газификации твердого топлива основан на термических процессах, в результате которого из твердого углеродистого вещества образуются газовые продукты в виде газов, способных в дальнейшем гореть и выделять тепловую энергию. Предварительно отметим, что процессы разложения угля за счет внешнего источника обогрева, известные как процессы коксования, в результате которого из летучих компонентов угля образуется коксовый газ, а углеродистое вещество остается в виде кокса (полукокса) в данном случае не рассматриваются[3]. Также не рассматриваются процессы раскисления окислов металлов (железной руды) углеродом, т.е. процесс, проходящий в доменных печах, в результате которого также образуется горючий (доменный) газ. В качестве процесса газификации рассматривается процесс, в котором тепло для процессов образования горючих газов используется за счет сгорания части исходного топлива.

Если в слой предварительно разогретого углеродистого вещества (уголь, торф, дрова) вдвухать окислитель (кислород, воздух), происходят следующие химические реакции:

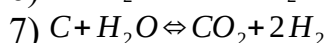
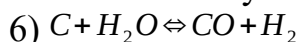


Все рассмотренные реакции обратимы и их равновесие зависит от условий в реакционной зоне. Как можно видеть, если в качестве исходного продукта в первых двух реакциях используется твердое вещество – углерод, то все конечные продукты реакций представляют собой газообразные продукты. Среди них есть как горючие газы (СО, реакции 2,3), так и газы, где все связи углерода с кислородом уже использованы (СО₂, реакции 1,4).

В реальных условиях твердое топливо представлено не чистым углеродом, оно имеет большую долю углеводородов, представляющих собой соединения C_mH_n . При воздействии высокой температуры углеводороды возгоняются, происходит так называемый выход летучих. Часть углеводородов распадается на составляющие - углерод и водород. Углерод при высокой температуре вступает в реакции с кислородом по приведенным выше реакциям. Водород может окисляться



Следовательно, в зоне горения, даже при применении для дутья сухого воздуха, присутствуют водяные пары. Кроме этого, при газификации часто применяют добавление водяного пара к воздуху. Поэтому в зоне горения дополнительно могут проходить следующие реакции:



Как видно, реакции углерода с водяным паром также приводят к переходу твердого вещества (углерода) в газообразные продукты, некоторые из которых являются горючими.

Протекание процесса газификации и состав газа зависит от условий в реакционной зоне. Из приведенных семи реакций три реакции (1, 2, 4, 5) проходят с выделением тепла. Реакции 3, 6, 7 эндотермичны и вызывают понижение температуры продуктов реагирования.

В газогенераторах процесс газификации происходит следующим образом (рассматриваются газогенераторы первого поколения слоевого типа). В зоне горения при разогретом слое и подаче окислителя происходят экзотермические реакции горения с выделением тепла и образованием продуктов полного или частичного окисления углерода (реакции 1, 2, 4), а также горение продуктов возгона летучих (реакция 5). Температура в зоне горения может достигать 1400 и более °С. В слое топлива, непосредственно контактирующем с зоной горения, который имеет высокую температуру, но кислород уже весь связан, происходят восстановительные реакции (реакции 3, 6, частично 7). За счет поглощения тепла при этих реакциях температура реагирующих веществ снижается и эти реакции идут в слое, в котором температура еще поддерживается на уровне 800...900 °С. В слое топлива с меньшей температурой происходят процессы пиролиза с расщеплением высокомолекулярных соединений до более простых, температура этой зоны до 400 °С. В контактирующей с этой зоной слое с меньшей температурой происходит выделение летучих фракций. Далее по мере снижения температуры происходит подсушка топлива (испарение влаги). На рисунке 1 показана схема газификации и типичные реакции в зонах реактора.

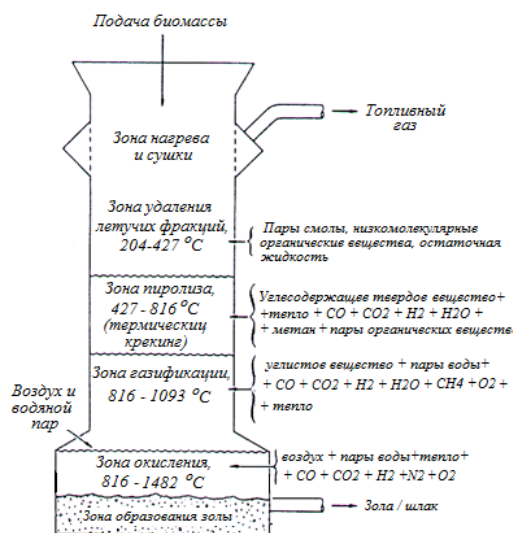


Рисунок 1- Реакционные зоны в газогенераторе слоевого типа (противоточного типа)

В настоящее время электростанции используют технологии 90-х годов, а модернизации приводят к переводу котлов с угля на газ. В данной работе предлагается применение и использование полученного газа в ПГУ, а так же использование парогазовых установок с внутрицикловой газификацией Шубаркольского угля. Основными задачами модернизации является: повышение эффективности использования твердого топлива, безболезненная интеграция новой установки в схему ТЭС, снижение уровня выбросов, удержание капиталовложений на конкурентоспособном уровне [3]. В энергетике реализованы ряд тепловых схем ПГУ, имеющих свои особенности и различия в технологическом процессе. Были рассмотрены различные варианты реализации ПГУ с возможностью независимой работы газотурбинной и паротурбинной частей. Изучив схемы ПГУ было решено использовать схему ПГУ с параллельной работой ГТ и ПТ частей.

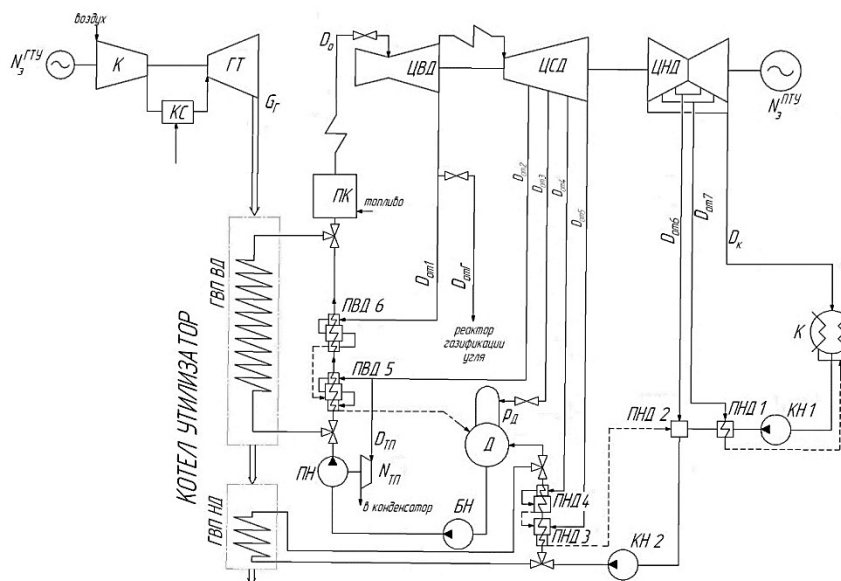


Рисунок 2 - Схема ПГУ с параллельной работой ГТ и ПТ частей

Схема ПГУ с внутри цикловой газификацией угля приведена на рисунке 3.

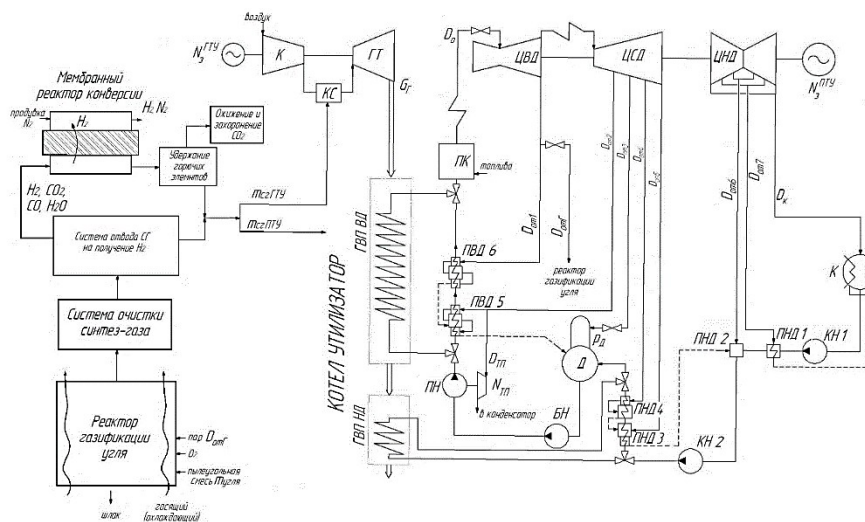


Рисунок 3- Схема ПГУ с внутри цикловой газификацией угля

Эти схемы являются наиболее эффективными и выбор между ними при проектировании энергоблока должен производиться в зависимости от потребности в электрической, тепловой энергии и графика сетевой нагрузки в регионе, где планируется строительство[4].

Процессы газификации можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) По теплоте сгорания получаемых газов (в МДж/м³);
- 2) По назначению газов;
- 3) По типу дутья (воздушное, паровоздушное, кислородное);
- 4) По давлению газификации. Большинство современных технологических процессов основаны на применении газификации под давлением до 6-8 Мпа;
- 5) По температуре. Повышение температуры газификации увеличивает скорость реакций и уменьшает образование побочных продуктов;

Влияние основных свойств горючих ископаемых на их газификацию: спекаемость топлива, шлакообразующая способность топлива, зольность.

Исходя из этого выбираем газификацию с парокислородным дутьём, а из углей Казахстана Шубаркольский уголь. Из двух схем ПГУ с параллельной схемой работы и с полузависимой схемой работы необходимо выбрать наиболее эффективную.

Список литературы

- 1 Бирюков А.Б. Сжигание и термическая переработка органических топлив. Твердое топливо[Текст]: учебное пособие / А.Б. Бирюков,

- И.П. Дробышевская, Ю.Е. Рубан. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2014. – 232с.
- 2 Алешина А. С., Сергеев В. В. Газификация твердого топлива[Текст]: учеб. пособие. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - 202 с.
 - 3 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции[Текст]:Учебникдля вузов/ Под ред. В.Я. Гиршфельда. – М: Энергоатомиз- дат, 1987. – 328 с.
 - 4 Wang P, Lv Y., Wang Y., Liu X., Bai Q., Zhang H., Jin B. Adaptability and Anti-Noise Capacity Enhancement for ϕ -OTDR With Deep Learning [Text]/ Journal of Lightwave Technology //-2020. Vol. 38. Issue. 23. -P. 6699-6706. (Scopus)<https://doi.org/10.1109/JLT.2020.3016712>