



**Рис. 3.** Сборка трансформаторного нагревателя со стандартным радиатором

В процессе испытаний опытного образца была доказана принципиальная возможность эффективной работы такого нагревателя и намечены пути улучшения конструкции и технологии изготовления. Применение трансформаторного нагрева позволяет существенно увеличить надежность работы нагревательных элементов по сравнению с ТЭНами, повысить класс электробезопасности прибора и срок службы.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Дзюба, Л.И. Тепловой регулятор для систем водяного отопления в жилых помещениях / Л.И.Дзюба, А.В.Янченко // материалы 42-й НТК аспирантов и студентов, в 4 ч. Ч.1 – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 207 с.
2. Сериков А.В. Электронагревательные элементы и устройства трансформаторного типа для систем теплоснабжения: моногр./ А.В.Сериков, В.М.Кузьмин – Владивосток: Дальнаука, 2012. -247 с.

#### **ГЕНЕРАЦИЯ ГАЗОВ ИЗ БУРОГО УГЛЯ**

Бурнусов М.Э.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность сочетания централизованной системы энергоснабжения с автономными энергетическими установками, использующими в качестве топлива низкосортное сырьё, обусловлено перспективными направлениями развития Энергетики России.

Научное направление проводимых исследований заключается в разработке подхода к глубокой конверсии органической массы топлив в горючие газы в условиях низких температур (не более 500 °С), которые имеют как свои недостатки, так и преимущества. Известно, что при низкотемпературном нагреве твердого органического сырья крайне

затруднительно провести глубокую конверсию углерода топлива в горючий газ, что является основной проблемой научных исследований. Решение данной проблемы позволит разработать новое направление в исследовании и создании техники и технологий ресурсоэффективного производства топлив и энергии.

Объектом исследования является процесс низкотемпературной конверсии низкосортных топлив, характеризующаяся следующими положениями: преобразование органической массы топлива в горючие газы протекает под воздействием температур в интервале 300...450°C при атмосферном давлении и без подачи кислородсодержащего дутья; в активную зону реагирования вводятся каталитические присадки и пар с температурой, соответствующей температуре процесса конверсии (300...450°C); достигается максимальное преобразование органической массы топлива в насыщенный водородом горючий газ с минимальной долей балласта [1].

Достоинства: низкие температуры процесса; минимальный балласт в газе; возможность генерации насыщенного водородом газа; возможность организации процесса в автотермическом режиме.

Недостатки: пониженная интенсивность процесса; дополнительные затраты энергии на подготовку пара.

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ

Характеристики образца бурого угля Таловского месторождения и полукокса, полученного на его основе, приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Характеристики исследуемых образцов (ИУ – исходный уголь, ПК – полукокс из исходного угля)

Характеристика \ Расчетная масса	Рабочая		Сухая		Сухая беззольная	
	ИУ	ПК	ИУ	ПК	ИУ	ПК
Выход летучих, %	–	–	–	–	59,8	7,1
Влажность, %	40,7	0,78	–	–	–	–
Зольность, %	14,6	35,82	24,62	36,10	–	–
Содержание углерода, %	29,5	60,0	49,75	60,47	66,00	94,64
Содержание водорода, %	2,20	0,20	3,71	0,20	4,92	0,32
Содержание кислорода, %	12,2	3,00	20,57	3,02	27,29	4,73
Содержание серы и азота %	0,80	0,10	1,35	0,10	1,79	0,16
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	10,8	20,1	18,21	20,26	24,16	31,70

Можно отметить довольно высокое значение выхода летучих (59,8%) при удовлетворительном значении зольности (14,6%) на рабочую массу. Однако высокая влажность рабочей массы (40,7%) приводит к тому, что в сухом состоянии зольность угля составляет 24,6%. Содержание кислорода в рабочей массе угля имеет довольно высокое значение (12,2%), (что в целом согласуется с характеристиками “молодых”, в частности бурых углей) которое повышается до значения 27,3% в органической массе. Содержание серы и азота в рабочей массе невелико и составляет 0,2% и 0,6% соответственно. То же самое можно констатировать и относительно содержания водорода – 2,2% в рабочей массе. Ввиду низкого содержания водорода, основным потенциально теплообразующим элементом остается углерод топлива, содержание которого в рабочей массе составляет лишь 29,5%, что обусловлено в первую очередь высокой влажностью. При этом низшая теплота сгорания рабочей массы угля составляет 10,8 МДж/кг. Однако если рассматривать таловский уголь в сухом

состоянии, то теплота сгорания повышается до 18,2 МДж/кг (при зольности 24,6%) и 24,2 МДж/кг на сухую беззольную массу.

Что касается полукокса, полученного из бурого угля, то он характеризуется низким содержанием летучих (7,1%) и практически полным отсутствием влаги (0,8%), при этом зольность составляет довольно высокое значение (35,8%). Количество углерода в органической массе преобладающее и составляет 94,6%, однако за счет повышенной зольности рабочей массы низшая теплота её сгорания составляет 20,1 МДж/кг притом, что теплота сгорания сухой беззольной массы составляет 31,7 МДж/кг. Относительно других компонентов органической массы можно констатировать их незначительное количество, так водорода содержится 0,3%, кислорода – 4,7%, азота – 0,2%.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУЧАЕМЫХ ГАЗОВ

По результатам экспериментов определены состав и теплота сгорания горючих газов, получающихся в результате термической конверсии таловского угля и полукокса на его основе (рис. 1). При пиролизе бурого угля наблюдается характерно высокое содержание кислородосодержащих соединений. При повышении температуры переработки повышается содержание углеводородной составляющей газов, в первую очередь, за счет увеличения водорода и метана.

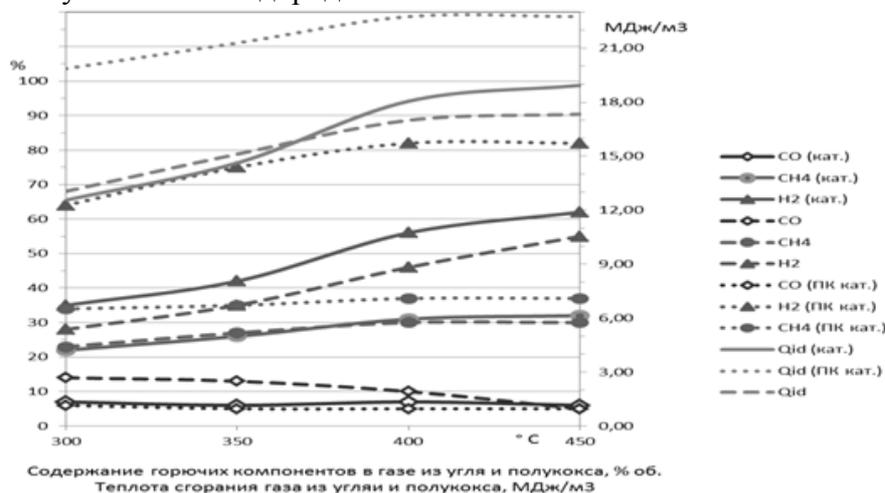


Рис. 1. Состав и теплота сгорания горючих газов

Концентрация окиси углерода, напротив, снижается, что обусловлено реакциями летучего углерода и кислорода топлива на ранних стадиях тепловой обработки. Повышенное содержание кислорода в балласте газа обусловлено сильно развитой поверхностью исходного топлива с большим количеством адсорбированного воздуха. По составу горючих газов определена их теплота сгорания. Очевидно, что величина теплоты сгорания газов определяется в первую очередь количеством метана. Повышение теплоты сгорания газа из бурого угля на протяжении всего исследованного температурного диапазона обеспечено возрастанием содержания в газе метана и водорода при незначительном падении окиси углерода. При каталитическом процессе наблюдается заметное увеличение концентрации горючих компонентов, в первую очередь – водорода.

### МАТЕРИАЛЬНЫЕ БАЛАНСЫ

При термической переработке твердого топлива образуются следующие продукты: углеродистый остаток ( $G_c$ ); сухой газ ( $G_z$ ); смола и пирогенетическая влага топлива ( $G_{cm}$ ); минеральная часть топлива ( $G_m$ ); влага топлива, обусловленная рабочей влажностью ( $G_w$ ). Таким образом, материальный баланс представляется в виде:

$$G_c + G_z + G_{cm} + G_m + G_w = 1. \quad (1)$$

С учетом данной формы представления материального баланса, на рис. 2 заключены сведения по продуктам, полученным в результате процесса полукоксования (ПК) и низкотемпературной каталитической конверсии (НТКК).

Форма представления материального баланса для НТКК имеет принципиальное отличие от баланса полукоксования т.к. в процессе НТКК участвуют дополнительно вводимые пар ( $G_n$ ) и каталитические присадки ( $G_k$ ). Отмечая особенность НТКК, следует учитывать, что часть вводимого высокотемпературного пара участвует в реакциях генерации водорода и восстановления окислов железа, таким образом за счет пара происходит изменение таких компонентов материального баланса, как объем газа и неразложившийся пар. В связи с этим, при составлении материальных балансов НТКК следует учитывать количество вводимого пара. Что касается каталитических присадок, то непосредственно их объемных трансформаций не происходит и правило аддитивности баланса на них не распространяется, поэтому при составлении материальных балансов НТКК учитывать наличие каталитических присадок не нужно. Таким образом, равенство (1) принимает вид:

$$G_c + G_z + G_{cm} + G_m + G_w = 1 + G_n. \quad (2)$$

В соответствии с (2) на рис. 2 приведены материальные балансы, в пересчете на сухую массу, для низкотемпературной каталитической конверсии топлив.

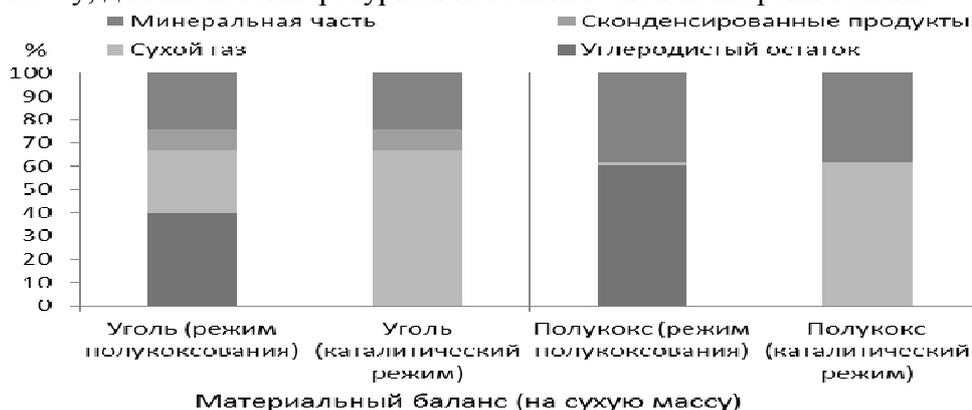


Рис. 2. Материальный баланс в режимах полукоксования и каталитическом

### ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС

Тепловой баланс представляется в виде перераспределения энергоемкости исходного угля по продуктам конверсии. Определение производится с учетом количественных данных по материальным балансам и качественных данных газового анализа. Результаты представлены на рис. 3 в расчете на сухую беззольную массу.

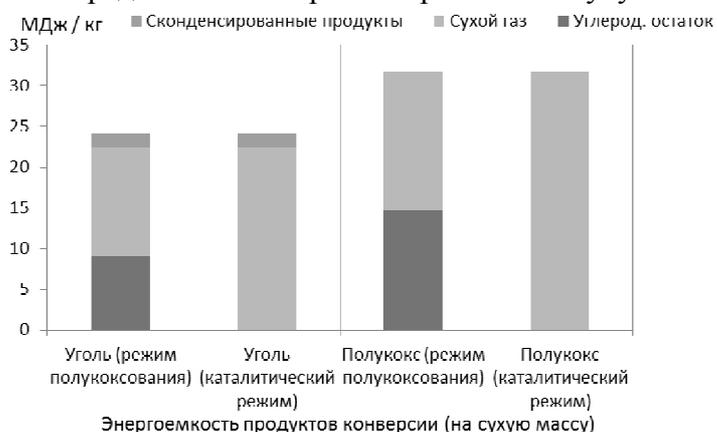


Рис. 3. Перераспределения энергоемкости исходного угля по продуктам конверсии

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показаны результаты исследований термической переработки таловского угля в классическом режиме пиролиза и каталитическом режиме, отличающегося тем, что в процесс пиролиза добавляются оксид железа и пар с температурой 300...450 С.

Интенсивность проведенного каталитического режима низкая, что накладывает ограничение для его промышленного применения. Представляется целесообразным использовать данный режим в энергетических установках для объектов малой энергетики.

Вариантами реализации конверсии могут быть либо производство насыщенного водородом газа, либо комбинированное производство газа и углеродистого продукта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков А.В. Термическая конверсия низкосортных топлив применительно к газогенерирующим установкам: Диссертация ... канд. техн. наук. – Томск: ТПУ, 2002. – 158 с.

### АНАЛИЗ ГРОВОНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НОЯБРЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ АО «ТЮМЕНЬЭНЕРГО»

Скрябина Е.А.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

Одной из главных причин выхода из строя электрооборудования объектов энергетики являются импульсы высокочастотных перенапряжений. Эти импульсы возникают при ударе молнии в воздушные линии (ВЛ) электропередач. Наиболее актуальной это проблема является для районов с высоким удельным сопротивлением грунта, таких как вечная мерзлота или песчаный грунт. По данным ЗАО «ФЕНИКС-88» [1] за один грозовой период количество грозových отключений на 100 км в районах Крайнего Севера в зоне вечной мерзлоты может достигать двух десятков. Это подтверждают данные таблицы 1.

**Таблица 1.** Грозвые отключения ВЛ-110 кВ в районах Крайнего Севера

Регион	Филиал (электрические сети)	Протяжённость ВЛ, км	Общее число грозových отключений	Удельное число отключений на 100 км
Ханты-Мансийский автономный округ	Когалымские	1564	36	2,1
Ямало-Ненецкий автономный округ	Ноябрьские	1648	56	3,4