

Вторичные энергетические ресурсы

Сухоцкий Альберт Борисович

Методы повышения эффективности газификации топлива

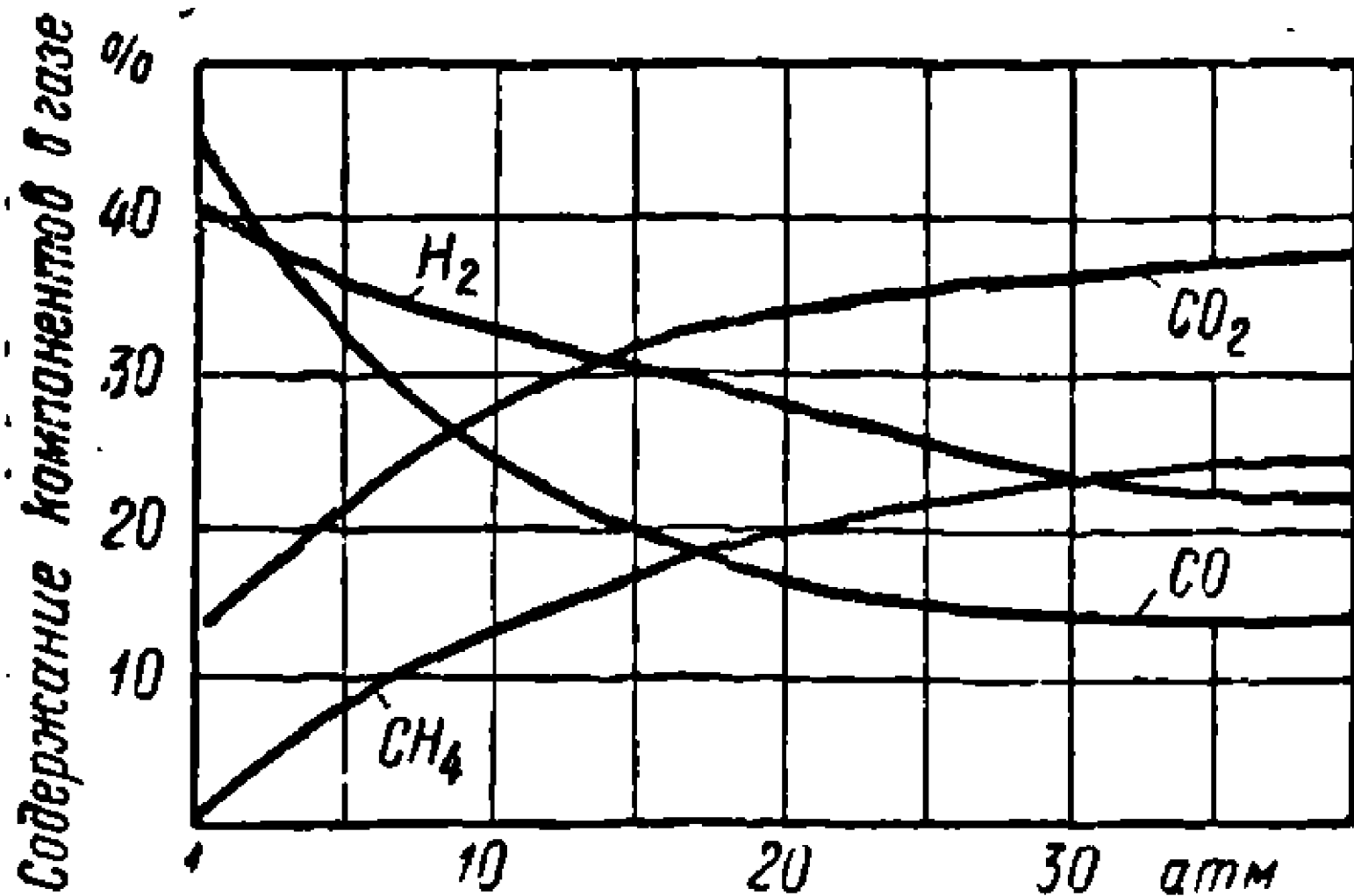
**Увеличение концентрации кислорода в
воздухе**

**Газогенерация при повышенном давлении
Каталитическая газификация**

Увеличение концентрации кислорода в воздухе

		Концентрация кислорода в сухом дутье, % по массе		
		21,0	40,0	70,6
Состав газа, % по объему	CO_2	6,0	14,7	17,4
	CO	26,0	30,9	35,2
	H_2	13,0	28,3	37,5
	CH_4	0,5	0,5	0,5
	N_2	54,5	25,6	9,4
Теплота сгорания, МДж/кг		4,86	7,18	8,71

Газогенерация при повышенном давлении



Применение высоких давлений при газификации топлива может быть эффективно при применении парогазовых установок с газификацией в кипящем слое.

Преимущества:

1. Увеличивается плотность парогазовой смеси, что ведет к снижению габаритов газогенератора и снижению капитальных вложений, позволяет снизить расход электроэнергии на собственные нужды.

2. Уменьшается скорость газового потока, соответствующая устойчивому состоянию кипящего слоя, и следовательно, увеличивается время контакта газов с перерабатываемым ТОПЛИВОМ

$$v_j^p = v_j^{p_0} / \sqrt{p / p_0}$$

3. Сокращается время прогрева частицы до температуры реакции и увеличивается скорость химических реакций

$$v_p \approx p^m \exp(-E / RT)$$

Каталитическая газификация

Катализаторы интенсифицируют процессы газификации и способствуют термической конверсии смол (преобразование смолы в горючие газы).

При газификации биомассы используют следующие типы катализаторов:

- щелочные металлы (карбонат натрия, калий);
- металлооксидные катализаторы (никелевые, алюминивые);
- неметаллические катализаторы (доломиты CaMgCO_3 , оливин MgFeSiO_4).

Щелочные катализаторы

- повышают выход генераторного газа, стимулируют паровую газификацию и газификацию углерода углекислым газом;
- не интенсифицируют конверсию смол.

Металлооксидные катализаторы

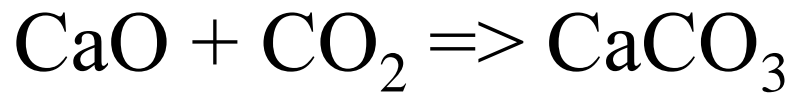
- значительно увеличивают конверсию смол;
- способствуют конверсии метана в H_2 и CO ;
- слабо стимулируют паровую газификацию;
- быстро истираются и склонны к коксованию поверхности;
- имеют значительную стоимость.

Неметаллические катализаторы

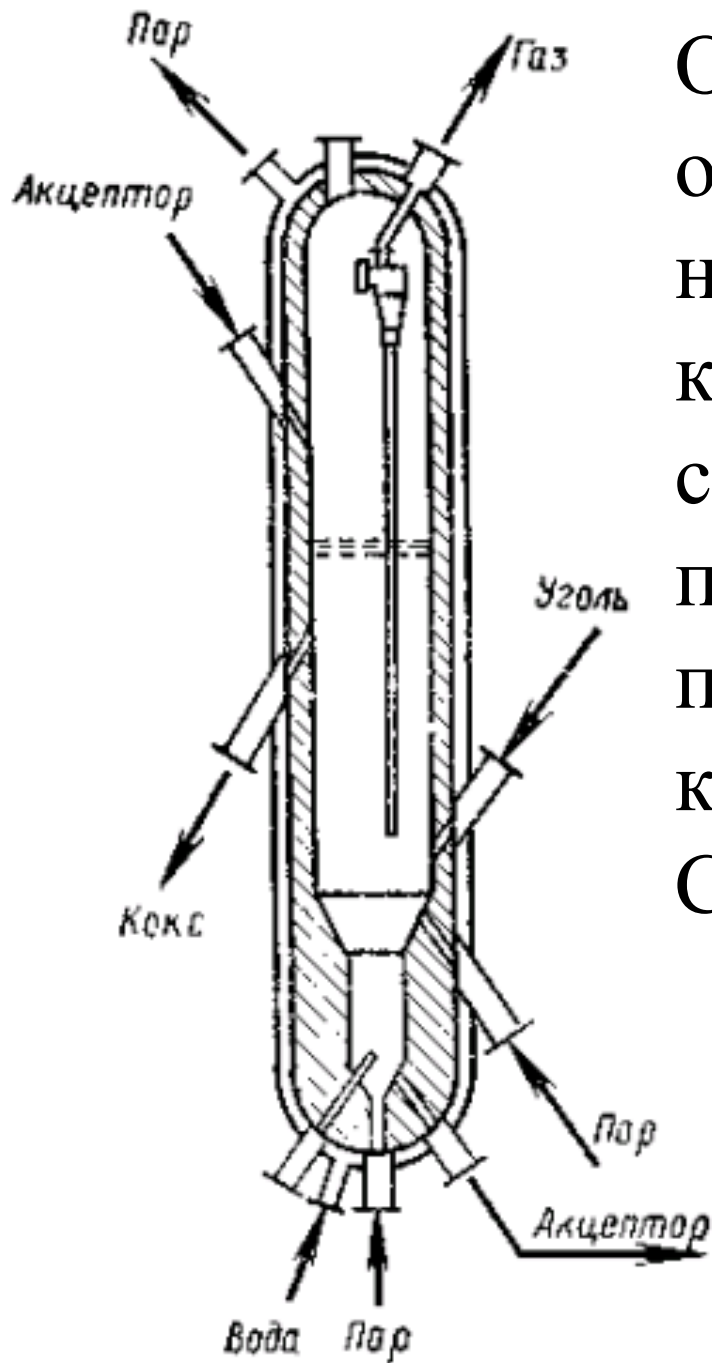
- имеют низкую стоимость и широкое распространение (добыча белорусского доломита CaMgCO_3 около 3 млн. т в год);
- значительно увеличивают конверсию смол (в 4-6 раз);
- увеличивают содержание водорода в генераторном газе, т.к. CaO (около 30% в доломите) адсорбирует CO_2 ;
- имеют низкую механическую прочность.

Метод «СО₂-акцептор».

В этом методе 25% расходуемого на газификацию тепла вносит горячий доломит (акцептор), а 75% покрывается за счет его взаимодействия с диоксидом углерода по реакции, протекающей с выделением тепла в количестве 176,8 кДж/моль:



Давление в газогенераторе 1-2 МПа.



Остаточный кокс и отработанный акцептор направляют в регенератор, где кокс сжигают в воздухе, а за счет выделяющегося тепла при температуре более 900°C происходит разложение карбоната кальция на CO_2 и CaO .

Реактор футерован огнеупорным материалом и снабжен водяной рубашкой.

АЛЛОТЕРМИЧЕСКИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

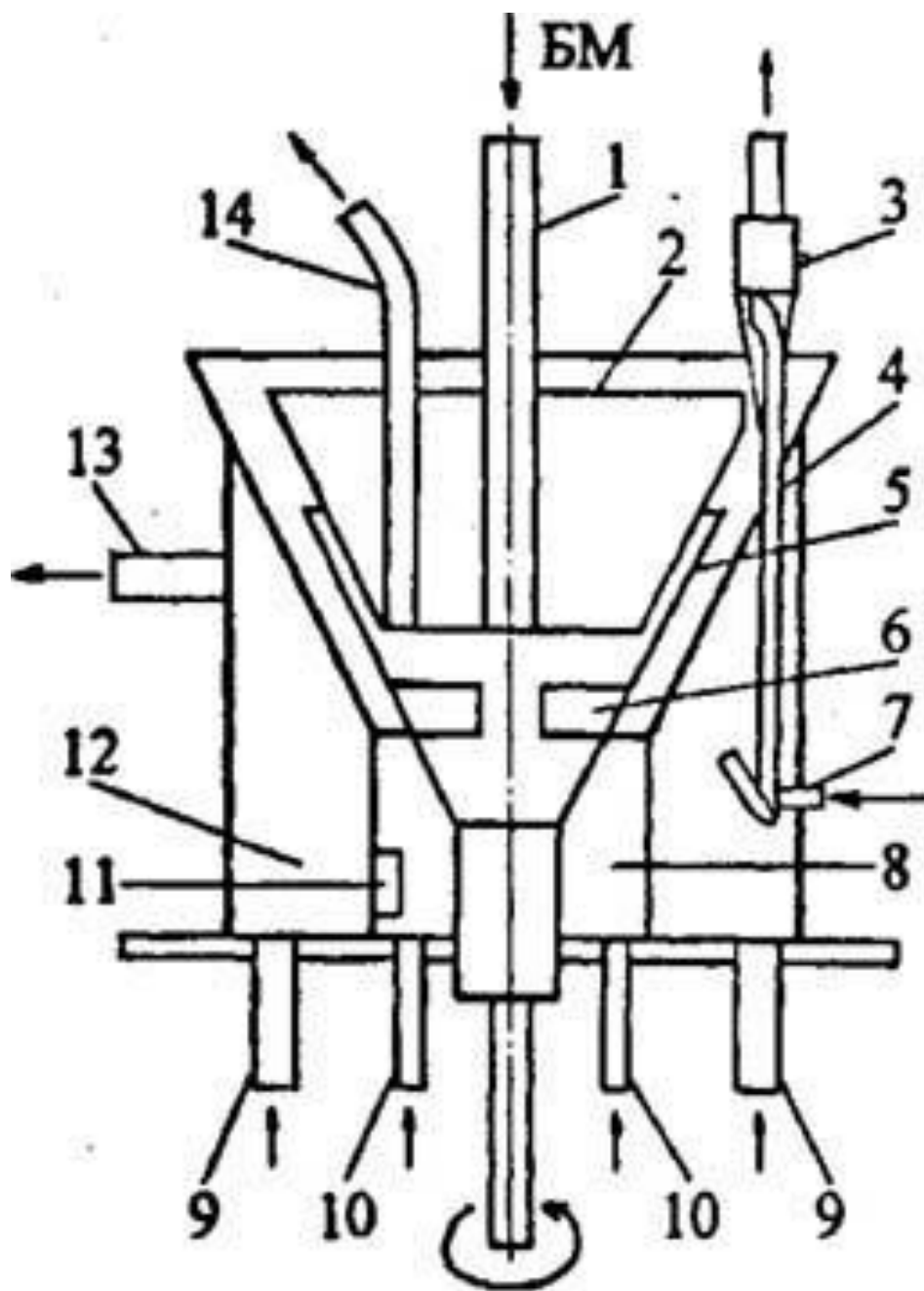
Абляционный реактор.

В абляционном реакторе теплопередача происходит с помощью прямого контакта твердых частиц топлива с нагретой теплопередающей поверхностью реактора. Тепло передается поперек тонкой пленки пиролизной жидкости.

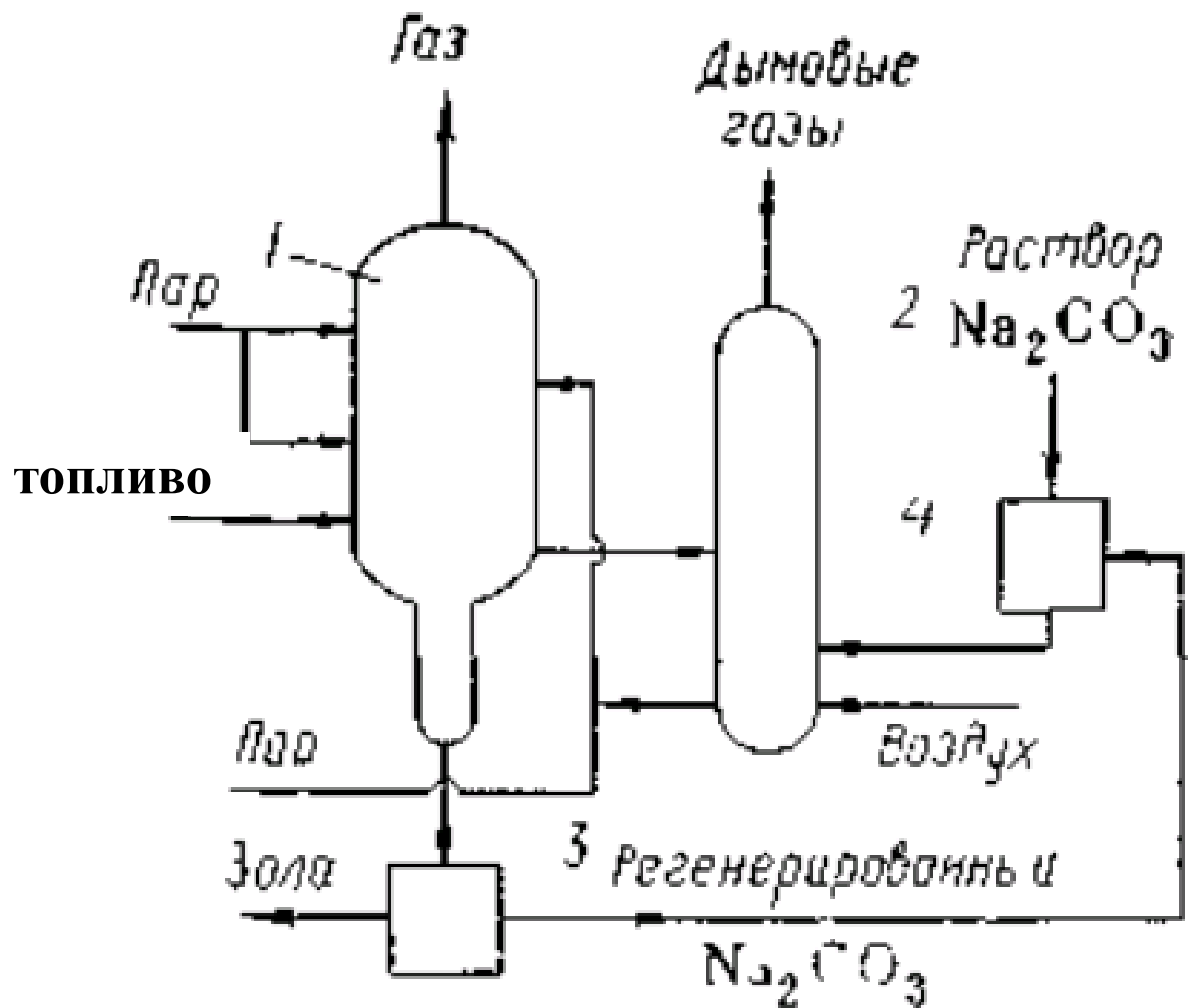
Температура горячей поверхности реактора - 450-600 °С, время пребывания частиц БМ в реакторе – 0,7-6,0 с. Выход пиролизной жидкости - 50-65 % массы сырья; выход пиролизного газа - до 35 %; выход углистого вещества - около 10 %.

Абляционный пиролиз по сравнению с другими видами быстрого пиролиза имеет две особенности:

- высокую относительную скорость движения между частицами топлива и нагретой поверхностью реактора (более 1,2 м/с)
- высокое давление, прилагаемое к частицам (более 500 кПа), что приводит к значительным скоростям абляции (более 1 мм/с).



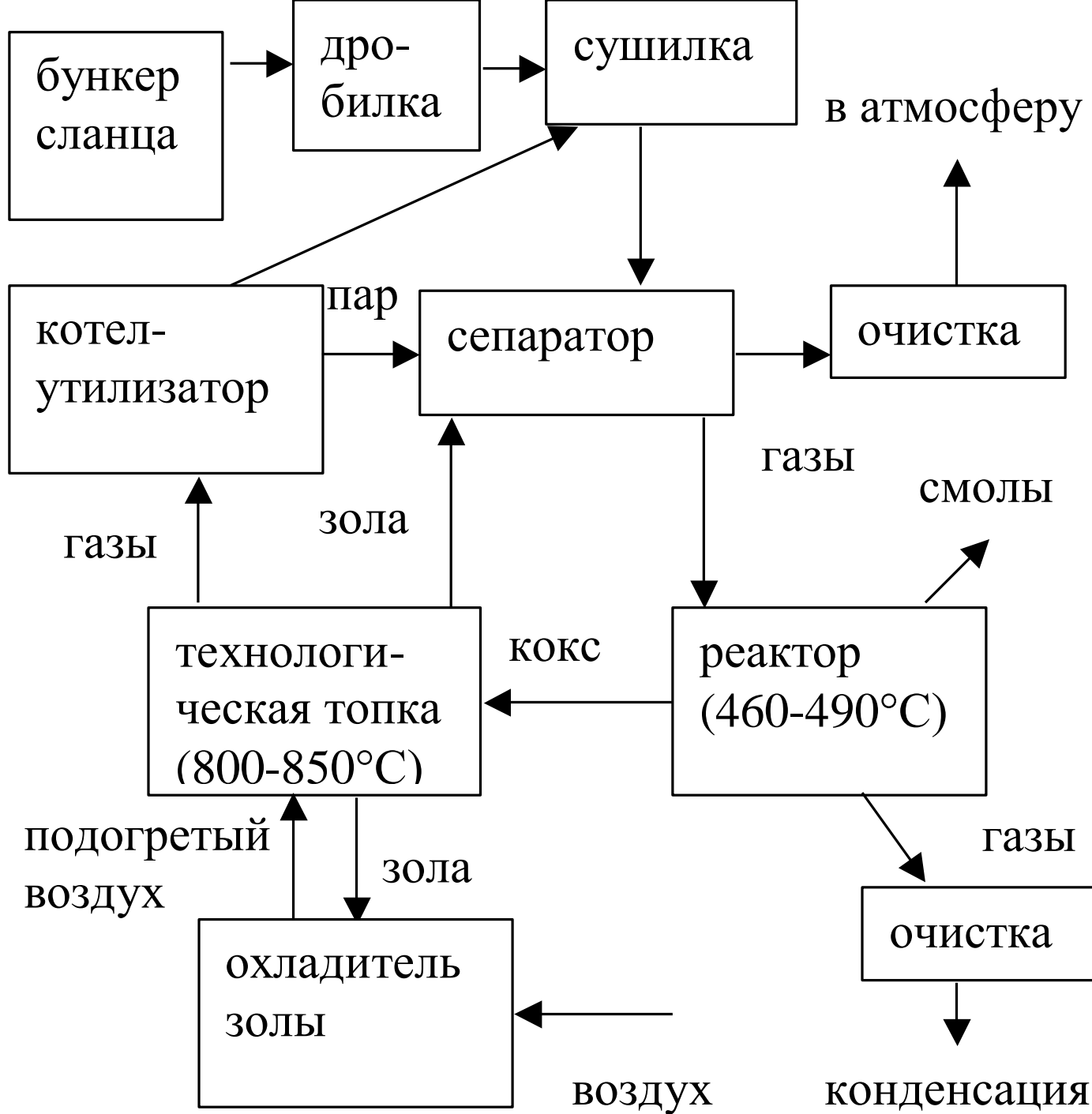
Пиролиз биомассы с применением жидких теплоносителей



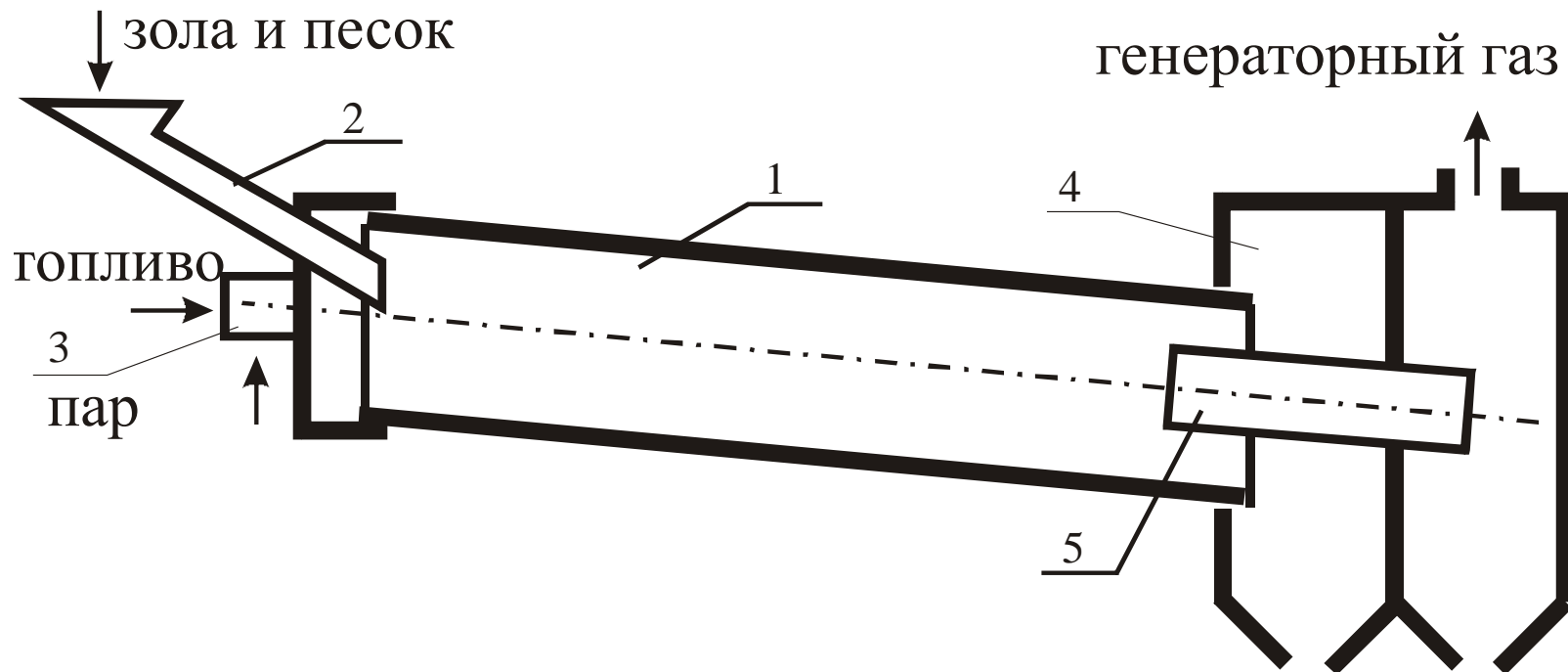
Этот метод предусматривает непрерывную циркуляцию расплава карбоната натрия между реактором 1 и регенератором 2. В первый из этих аппаратов, непосредственно в слой расплава, вводят измельченную биомассу и водяной пар. При этом протекают реакции газификации с образованием CO , H_2 и CH_4 ; температура расплава понижается от ~ 1200 до $\sim 930^\circ\text{C}$.

Охлажденный расплав вместе с непрореагировавшим углем и золой перетекает в регенератор 2, куда вводят воздух. При этом часть угля выгорает, а температура расплава вновь повышается до 1200°C. В реакторе и регенераторе поддерживают давление 8–8,5 МПа.

Пиролиз биомассы твердым высокотемпературным теплоносителем



Реактор



Степень эффективности извлечения органического вещества из горючего сланца определяется энергетическим коэффициентом использования

$$\eta_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}} + \sum Q_{\text{э.п}}}{\sum Q_{\text{с}} + \sum Q_{\text{э.р}}}$$

$$\eta_{\text{э}} = 56 - 84\%$$

При переработке белорусских сланцев получен следующий массовый выход продуктов термического разложения (температура в реакторе 480°C):

- смола – 7,4% (теплота сгорания 41,5 МДж/кг),
- газовый бензин – 0,2% (44,6 МДж/кг),
- полукоксовый газ 3,3% (35,3 МДж/кг),
- вода пирогенетическая – 2,8%,
- полукокс – 86,3%.

При переработки торфа с влажностью 45% получен следующий массовый выход продуктов термического разложения (температура в реакторе 500-850°C):

- смола – 2,5-12% (теплота сгорания 36,4 МДж/кг),
- газовый бензин – 3-4% (44,6 МДж/кг),
- полукоксовый газ 3,3% (16,8-23 МДж/кг),
- вода пирогенетическая – 2,8%,
- полукокс – 86,3% (29,8-34 МДж/кг).

Утилизация золы

Содержание золы:

в древесном топливе – 1%,

в соломе – 3–5%,

в торфе – 4–6%,

в сланцах – 61–82%.

Древесная зола и зола соломы содержат необходимые для растений питательные вещества (калий, магний, фосфор). Следовательно, зола древесины и соломы могут применяться в качестве удобрений.

Зола торфа по своему составу не пригодна в качестве удобрения. Эту золу можно использовать в дорожном строительстве в качестве основы для дороги.

Химический состав золы белорусских горючих сланцев:

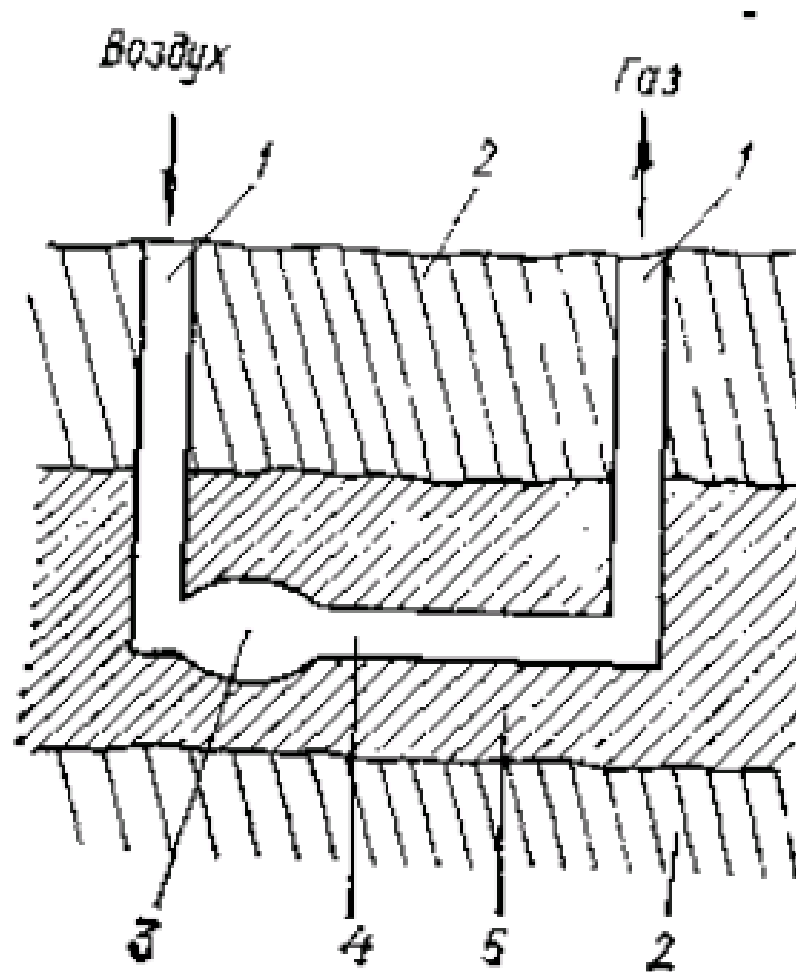
SiO_2	=	20,0–53,2%
Fe_2O_3	=	4,1–11,7%
TiO_2	=	0,30–0,93%
CaO	=	7,5–45,0%
Al_2O_3	=	6,1–17,6%
MgO	=	1,7–7,2%
K_2O	=	1,1–6,3%
Na_2O	=	0,15–0,63%

Пути использования сланцевых зол:

- изготовление строительных автоклавных материалов (крупная фракция);
- производство высокомарочного сланцезольного портландцемента (мелкая фракция);
- производство низкомарочных вяжущих материалов (мелкая фракция);
- укрепление оснований под дороги;
- известкование кислых почв.

Подземная газификация

(предложена Д.И. Менделеевым в 1888 г.)



Подземная газификация имеет ряд специфических особенностей:

- отсутствие движения топлива (образование газа происходит в результате передвижения очага горения, вместе с которым перемещаются в пространстве зоны подземного газогенератора);

- отсутствие газонепроницаемых стенок, вследствие чего реакционный канал непосредственно граничит с топливным пластом, который подвергается термической обработке на определенную глубину;

- проникание грунтовых вод в подземный газогенератор, благодаря чему даже на одном воздушном дутье процесс протекает с участием водяного пара;
- соприкосновение реакционного канала с минеральными породами, причем некоторые из содержащихся в них компонентов могут каталитически влиять на процесс.

Теплота сгорания такого газа невелика
(3,6-4,2 МДж/м³)