

УДК 662.613.12

*И. В. ШУЛЬГА, Г. И. ГРИНЬ, Д. С. КУТОВОЙ, В. А. ЭЙХМАН, О. И. ЗЕЛЕНСКИЙ***ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА И МЕТАНОЛА**

Досліджено метод отримання сировини для синтезу аміаку та метанолу газифікацією березової тріски, відходів вуглебагачення, напівкоксу, малометаморфізованого вугілля. Вивчено різні розміри частинок, температура, час перебування в реакторі при різних окиснювачах. Зроблено висновок щодо економічності і доцільності використання газифікації як методу отримання сировини для виробництва синтезу аміаку і метанолу. Оцінено придатність генераторного газу для синтезу аміаку та метанолу. Результати дослідження, при впровадженні в реальне виробництво, можуть дати економічний ефект у хімічній промисловості.

Ключові слова: газифікація, аміак, метанол, тверде паливо, синтез-газ.

Исследован метод получения сырья для синтеза аммиака и метанола газификацией березовой щепы, отходов углеобогащения, полукокса, малометаморфизованных углей. Изучены разные размеры частиц, температура, времени пребывания в реакторе при различных окислителях, сделан вывод о экономичности и целесообразности использования газификации как метода получения сырья для производств синтеза аммиака и метанола. Было оценена пригодность генераторного газа для синтеза аммиака и метанола. Результаты исследований, при внедрении в реальное производство, могут дать экономический эффект в химической промышленности.

Ключевые слова: газификация, аммиак, метанол, твердое топливо, синтез-газ.

Methods of receiving raw materials for synthesis of ammonia and a methanol are offered by gasification of birch spill, of wastage of coal preparation, of semi-coke, of the low-metamorphosed coals are considered, researches were conducted at various ranges of particle sizes, temperatures, a response time in the reactor and at various blasting, the conclusion is drawn on profitability and expediency of use of gasification as method of receiving raw materials for synthesis of ammonia and a methanol. Data obtained and researched in this article prove, that for synthesis of ammonia is suitable producer gas after gasification of semi-coke and of the low-metamorphosed coals but after minor correction of aspect ratio. For synthesis of methanol is suitable producer gas after gasification of birch spill and of wastage of coal preparation, but the serious correction of aspect ratio is needed. The suitability of the producer gas for the synthesis of ammonia and methanol has been estimated. Results of this scientific article are applicable for synthesis of ammonia and methanol. There are reasons for creation of an experimental industrial plant for confirmation of those results in industrial scale. After confirmation on an experimental industrial plant and adjustment of data offered technology of gasification can be implanted into production. Choice of raw materials depends on final product and availability of raw materials. The researches conducted in this article can increase economic potential in chemical industry.

Keywords: gasification, ammonia, methanol, semi-coke, low-metamorphosed coals, birch spill, coal preparation wastage.

Введение. Существуют различные методы получения сырья для производства аммиака и метанола.

Коксование каменного угля. Получение коксового газа путем нагрева каменного угля при температурах 900 – 1100 °С без доступа воздуха. В основном используется для получения кокса, а сам коксовый газ является побочным продуктом, который идет на обогрев коксовых печей, после очистки.

Электролиз воды. После электролиза воды получается водород высокой степени чистоты, но стоимость такого водорода очень высока, электролиз один из самых дорогих способов получения водорода, дороже только газификация нефтяных остатков [1].

Газификация твердого топлива. Скорость реакций неполного окисления твердого топлива существенно зависит от температуры, при отсутствии катализатора должна быть выше 800 – 900 °С. При окислении твердого топлива чистым O₂ в адиабатическом режиме температура была бы слишком высокой, поэтому в качестве газифицирующих агентов (дутья) обычно используют воздух, парокислородную или паровоздушную смесь.

В случае парокислородной газификации твердых топлив при низких давлениях после конденсации водяного пара получают сухой газ (синтез-газ), который состоит в основном из смеси СО и Н₂ и имеет теплоту сгорания 11 – 12 МДж/м³. При воздушной или паровоздушной газификации твердых топлив образуется газ, который содержит много азота и имеет теплоту сгорания 4 МДж/м³ [2].

Конверсия метана. В настоящее время водород получают преимущественно этим способом. Суть процесса заключается в неполном каталитическом окислении метана сначала в оксид углерода (II) и водород (первая высокотемпературная стадия) с возможностью последующей каталитической конверсии оксида углерода (II) в водород (вторая низкотемпературная стадия). Водород и оксид углерода (II) получают из углеводородных газов неполным окислением их водяным паром, оксидом углерода (IV) или кислородом. Но в последнее время, в связи с тем, что основной поток природного газа поступает из-за рубежа – цена на метан возросла и его использование становится все более невыгодным.

Цель данной научной работы заключается в выборе оптимальных параметров газификации (удельный расход компонентов сырья, температуры в зоне реакции, времени пребывания), дутья (парокислородное, паровоздушное), сырья для газификации с получением газа, для дальнейшей его переработки в метанол или аммиак.

Анализ состояния вопроса. В настоящее время существует более 70 типов газогенераторных процессов, часть которых используется в промышленных масштабах. При всем своем многообразии эти процессы делятся на два основных класса.

Автотермические процессы газификации, при которых тепло, необходимое для проведения эндотермических процессов, для нагрева газифицируемого материала и газифицирующих средств до температуры газификации 900 – 1200 °С, производят за счет сжигания в кислороде части газифицируемого топлива до диоксида углерода. В автотермических процессах сжигание части топлива и газификация протекают совместно в едином газогенераторном объеме. В аллотермических процессах газификации сжигание и газификация разделены и тепло для происхождения процесса газификации подводится через теплопередающую стенку внутри единого газогенераторного объема или при помощи автономно нагретого теплоносителя, который вводится в газифицируемую среду.

Как автотермические, так и аллотермические процессы газификации в зависимости от зернистости топлива могут протекать в плотном слое – крупнокусковое топливо, в «кипящем» слое – крупнокусковое топливо, в аэрозольном потоке – топливная пыль. Эти принципы проведения гетерогенных процессов, разработанные в газогенераторной технике, получили широкое применение в химической технологии при проведении, например, гетерогенных каталитических процессов.

Автотермические процессы:

1. Газогенератор с «кипящим» слоем топлива. В этом процессе используют угли с размером частиц 1 – 9 мм и соотношением максимального размера частиц к минимальному как 2 к 3. Уголь газифицируют паром в смеси с чистым кислородом, или обогащенным кислородом воздухом, или воздухом в зависимости от требований к конечному составу газов – генераторный (воздушный) газ, азотосодержащий газ для синтеза аммиака, газ без содержания азота для синтеза метанола.

2. Газогенератор с аэрозольным потоком топлива. Газогенераторы подобного типа – это первая попытка создать универсальный газогенераторный процесс для газификации твердого топлива любого

типа, от молодых бурых углей до каменных углей и антрацитовых пыли. В таком газогенераторе можно газифицировать также тяжелые нефтяные остатки нефтяной кокс. Подготовка угля к процессу заключается в его измельчении до пылевидного состояния (размер частиц – до 0,1 мм) и сушке (до 8 % влажности).

Аллотермические процессы:

1. Газификация угля с использованием тепла атомного реактора. Чтобы получить высококалорийный безазотистый газ из угля без затрат углерода газифицируемого топлива на подогрев газифицируемой смеси до высокой температуры, используют аллотермические процессы. Тепло для процесса газификации может быть проведено разными методами, например, за счет подогрева теплоносителя теплом атомного реактора. Теплоносителем в процессе может служить гелий.

2. Газификация топливной пыли с использованием низкотемпературной плазмы. В ряде случаев требуется получить из угля сразу газ с высоким содержанием CO и H₂ и малым содержанием диоксида углерода, метана и азота. Этот газ можно получить при очень высокой температуре газификации, порядка 3000 – 3500 °С. Такая температура может быть достигнута в низкотемпературной электрической плазме. При этом исключается влияние источника тепла на состав получаемого газа. Значительно возрастает интенсивность процесса. Он примерно в 10 раз интенсивнее топочных процессов (циклонные топки с жидким шлакоудалением). Водяной пар в этом процессе используется в качестве плазмообразующего газа, что исключает забалластивание конечного газа инертным азотом [3].

Изложение основного материала.

Рассматриваются 4 вида сырья.

1. Древесные отходы (березовая щепа). Применяется паровоздушная и парокислородная газификация [5]. В таблице 1 приведем параметры для разных типов дутья в процессе газификации древесных отходов.

Таблица 1 – Параметры газификации древесных отходов

Размер частиц, мм	3
Расход воздуха, дм ³ на г сырья	0,93
Расход кислорода, дм ³ на г сырья	0,26
Расход пара, г на г сырья	0,232
T, °C	800
τ, мин.	90

2. Малометаморфизованные угли [6].

В таблице 2 показаны интервалы параметров газификации малометаморфизованных углей.

Таблица 2 – Параметры газификации малометаморфизированных углей

Расход воздуха, м ³ на 100г сырья	0,3 – 0,5
Расход пара, г на 100г сырья	60 – 80
T, °C	800 – 1000
τ, мин.	40 – 60

3. Полукокс [7].

В таблице 3 указаны параметры процесса газификации полукокса

Таблица 3 – Параметры газификации полукокса

Расход воздуха, м ³ на 100г сырья	0,3 – 0,55
Расход пара, г на 100г сырья	50 – 80
T, °C	700 – 1200
τ, мин.	10 – 60

4. Отходы углеобогащения [7].

В таблице 4 приведены параметры сырья и также расхода дугтя для газификации отходов углеобогащения.

Для исследования процессов газификации углеродистых материалов научным коллективом УХИНа была создана лабораторная установка, схема основного узла которой представлена на рисунке 1. В барабан 1 из загрузочного устройства 4 со щелевым дозатором поступает перерабатываемый материал, образующий

засыпь 2. Решетка-насадка, размещенная в печи, обеспечивает необходимый контакт засыпи с реагентами, подаваемыми через подводящие штуцеры.

Таблица 4 – Параметры газификации отходов углеобогащения

Размер частиц, мм	0,25 – 10
Расход воздуха, дм ³ на 1г сырья	1,39
Расход пара, г/1г сырья	0,25
T, °C	900
τ, мин.	90

Образующийся генераторный газ отводится с противоположного торца барабана. С этой же стороны в твердом виде отводится в приемник 8 зола, которая образуется в качестве попутного продукта. Конструкция головок 3 и другой арматуры, устанавливаемой на противоположных торцах барабана, обеспечивает полную взаимозаменяемость узлов и поэтому позволяет исследовать различные варианты организации движения материальных потоков (прямоток, противоток, комбинированный). Плотность газа во вращающейся печи обеспечивается с помощью прижимной втулки 5 и сальника 6. Вращение печи осуществляется от электрического привода (на схеме не показан), центровка печи – с помощью опорных роликов 7 [4].

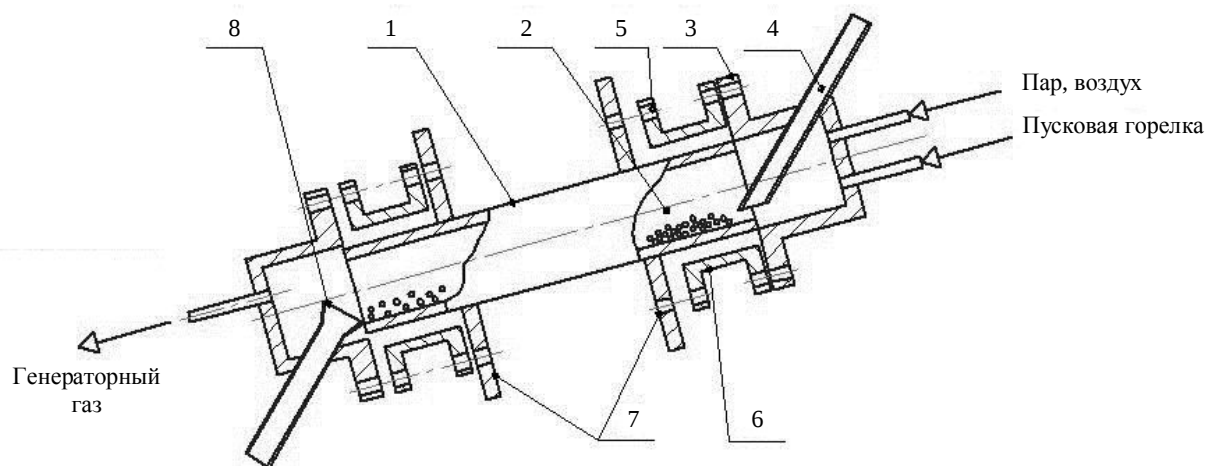


Рис. 1 – Газогенератор барабанного типа

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 2. Резервуар 7, капельница 8, генератор пара 9 обеспечивают тонкую регулировку подачи пара, а компрессор 11 – подачу воздуха.

Вывод установки на пусковой режим обеспечивается путем сжигания смеси природного газа с воздухом. Для зажигания смеси используют свечу 12.

Необходимая для проведения реакций газификации температура поддерживается с помощью печи 2, КИПиА 16.

Выгрузка твердого остатка происходит в бункер 6, а продукты газификации, охлажденные в водяном холодильнике 14, учитываются газовым счетчиком 15 и анализируются [4].

Необходимый расход воздуха легко достигается с помощью регуляторов расхода и контроля расхода (например, пенным расходомером или денсиметром).

В то же время измерение малых расходов пара в условиях лабораторных исследований представляет собой более сложную задачу, так как зависит от темпе-

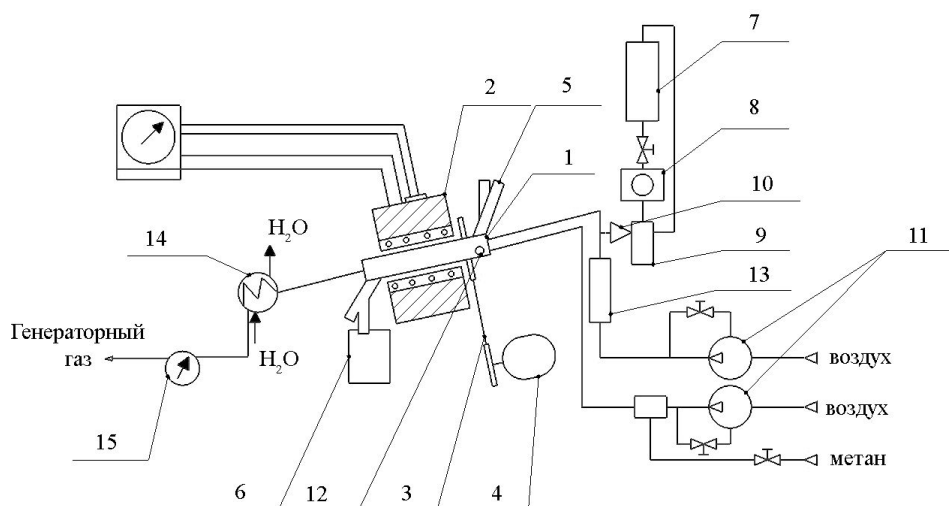


Рис. 2 – Схема газификации в барабанной печи

ратуры в испарителе и противодавления в газогенераторе.

Для измерения расхода пара используется метод косвенного контроля: по расходу воды, поступающей в испаритель из капельницы, обеспечивающей тонкое регулирование расхода в пределах $0,3 - 2100 \text{ см}^3/\text{ч}$.

Схема предусматривает тонкое капельное дозирование подачи воды с последующим ее испарением, что позволяет на протяжении всего опыта осуществлять дозирование пара на газификацию. На основе этого принципа была разработана электронная схема и создан счетчик капель, работающий как сумматор и массовый расходомер [4].

Результаты исследований.

Из рисунка 3 видно, что при парокислородном дутье соотношение H_2 / CO равняется 0,41. Этого недостаточно для синтеза метанола (нужно 2,2), газ необходимо отправить на конверсию CO , для достижения необходимого соотношения. При паровоздушном

дутье объемное содержание водорода составляет всего 9,1 %. При использовании данного генераторного газа необходимо учитывать экономическую составляющую – насколько будет выгодно его переработка в сырье для производства аммиака.

При паровоздушном же дутье получается слишком много азота – 56,8 % и слишком мало по сравнению с ним водорода с оксидом углерода (II) которые можно переработать для получения ценных продуктов.

Как видно из рисунка 4, при использовании паровоздушного дутья в газификации отходов углеобогащения соотношение водород/азот получается слишком маленьким – 0,24.

Таким образом в случае прохождения всем газом конверсии CO, добавления азота в пропорции 1 объем азота к 3 объемам водорода и очистке от инертных и вредных газов получается готовое сырье для производства аммиака.

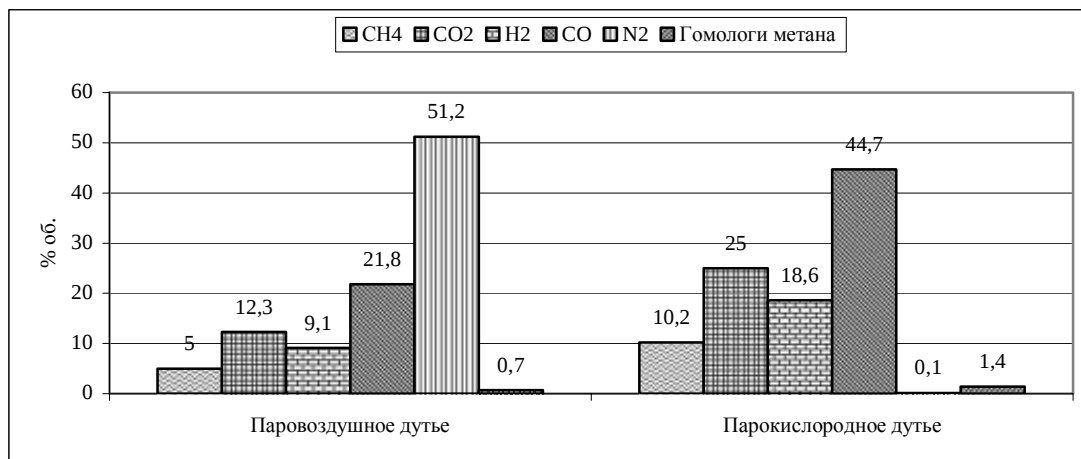


Рис. 3 – Состав газа после газификации березовой щепы при паровоздушном дутье и расчеты для парокислородного дутья

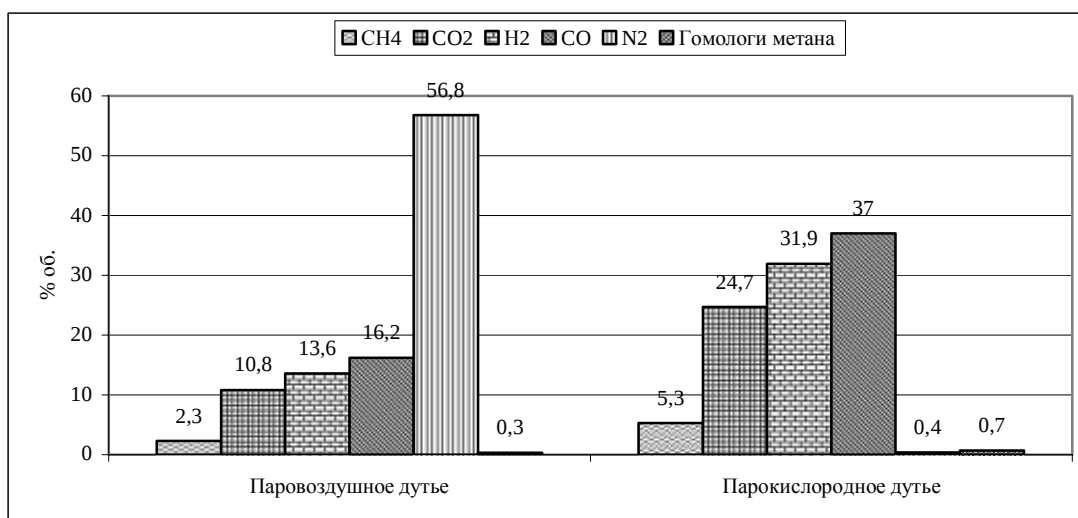


Рис. 4 – Состав газа после газификации отходов углеобогащения при паровоздушном дутье и расчеты для парокислородного дутья

В том случае, когда задачей является получение сырья для синтеза метанола парокислородное дутье является лучшим выбором, за счет отсутствия в получаемом генераторном газе азота. Соотношение водорода к оксиду углерода (II) в данном газе составляет 0,86, что более чем в два раза больше, чем при газификации древесной щепы, но все-таки не дотягивает до необходимого и требуется коррекция.

Из рисунков 5 – 7 можно сделать вывод, что оптимальными параметрами можно считать: расход пара

70 г на 100 г сырья, расход пара – 300 дм³ на 100 г сырья, температуру – 900 °С, время пребывания ≥ 50 мин. Данный генераторный газ целесообразнее всего использовать для производства аммиака, после конверсии имеющегося оксида углерода (II) в водород, коррекции соотношения и очистки от балласта. Соотношения водород / азот равняется 0,32 при 3 по стехиометрии. Генераторный газ после газификации полукокса показывает самое большое соотношение водород / азот при паровоздушном дутье.

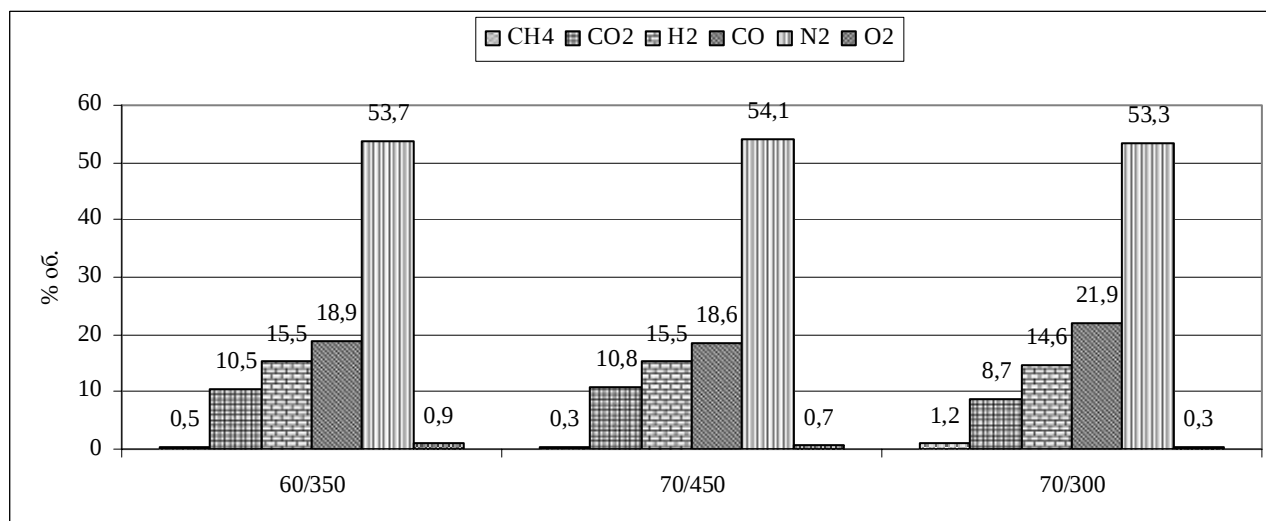


Рис. 5 – Состав газа после газификации полукокса при различных соотношениях пар/воздух, при температуре 900 °С, время пребывания – 90 мин.

На рисунке 8 видно, что генераторный газ, полученный путем газификации малометаморфизованных углей, также возможно использовать в качестве исходного сырья для синтеза аммиака после конверсии оксида углерода (II) в водород и доведения пропорции водород/азот до необходимого значения.

Соотношение водород/азот в данном газе равняется 0,29.

В генераторном газе после газификации малометаморфизованных углей также содержится довольно большое (до 17 %) количество углекислого газа, который, предварительно отделив методом короткоцик-

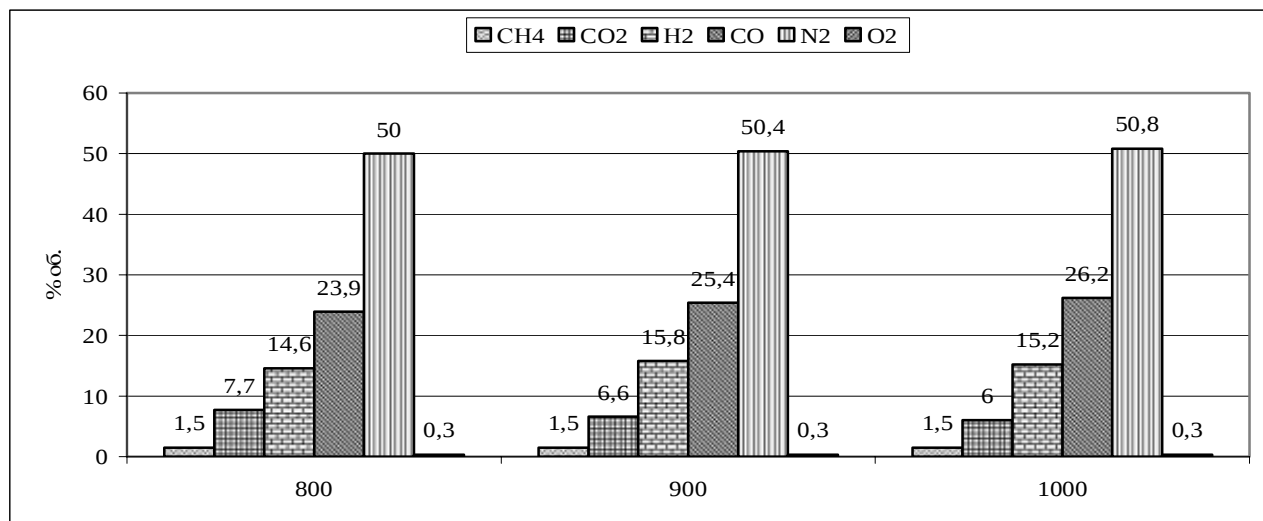


Рис. 6 – Состав газа после газификации полукокса при различных температурах для соотношения пар / воздух – 70 г на 300 дм³, время пребывания – 90 мин.

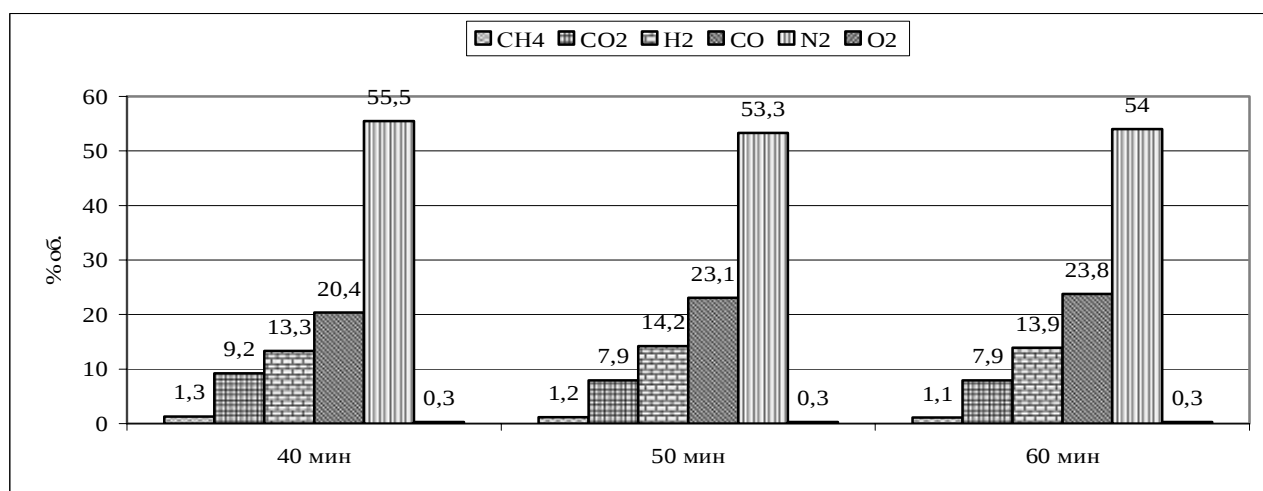


Рис. 7 – Состав газа после газификации полукокса при различном времени пребывания для соотношения пар / воздух – 70 г на 300 дм³, температура – 900 °C

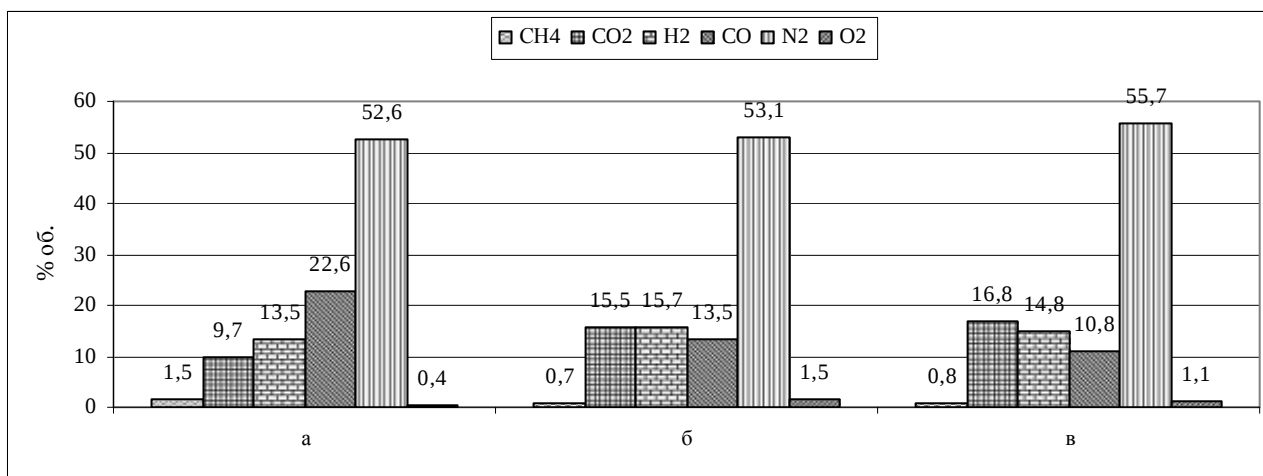


Рис. 8 – Состав газа после газификации малометаморфизованных углей: а – расход воздуха – 300 дм³ на 100 г сырья, расход пара – 80 г на 100 г сырья, температура – 1000 °C, время пребывания – 60 мин.; б – расход воздуха – 500 дм³ на 100 г сырья, расход пара – 60 г на 100 г сырья, температура – 800 °C, время пребывания – 60 мин.; в – расход воздуха – 500 дм³ на 100 г сырья, расход пара – 60 г на 100 г сырья, температура – 800 °C, время пребывания – 40 мин.

ловой адсорбции, можно успешно продавать для различных целей.

Выводы.

Полученные результаты показывают о возможности использования газификации как метода получения сырья для синтеза аммиака и метанола.

Генераторный газ после газификации полукокса является самым перспективным как сырье для синтеза аммиака.

Для генераторного газа после газификации малометаморфизованных углей требуется несколько большая коррекция соотношения с целью получения сырья для производства аммиака.

У генераторных газов после паровоздушной газификации березовой щепы и отходов углеобогащения самое малое количество водорода, но следует отметить, что древесные отходы и отходы углеобогащения являются дешевым материалом могут успешно служить как источники получения водорода и оксида углерода, либо же как сырье для производства аммиака и метанол, но после серьезной коррекции состава.

Газы после парокислородной газификации березовой щепы и отходов углеобогащения необходимо отправить на конверсию CO, с целью доведения соотношения водород/оксид углерода (H) до регламентированного.

Список литературы

1. Терентьев Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г. А. Терентьев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. – М.: Химия, 1989. – 272 с.
2. Степанов А. В. Получение водорода и водородосодержащих газов / А. В. Степанов – К.: Наукова думка, 1982. – 312 с.
3. Крейнин Е. В. Экологическое и технико-экономическое обоснование строительства промышленных предприятий подземной газификации углей / Е. В. Крейнин // Уголь. – 1997. – № 2. – С. 46 – 48.
4. Шульга И. В. Лабораторный стенд для исследования газификации углеродистых материалов / И. В. Шульга, М. Г. Скляр, А. В. Васильев // Кокс и химия. – 1999. – № 2. – С. 19 – 23.

5. Шульга И. В. Газификация древесных отходов / И. В. Шульга, О. И. Зеленский, А. А. Вихляев // Кокс и химия. – 2012. – № 8. – С. 41 – 44.
6. Шульга И. В. Моделирование процесса газификации твердого продукта термолитиза малометаморфизованных углей. Определение оптимальных параметров процесса / И. В. Шульга, М. Г. Скляр, Е. В. Миненко // Кокс и химия. – 1999. – № 6. – С. 8 – 12.
7. Кувшинов В. Е. Влияние удельного расхода компонентов дутья, температуры в реакционной зоне и продолжительности процесса на показатели газификации полукокса / [В. Е. Кувшинов, И. В. Шульга, М. Г. Скляр, А. В. Васильев] // Кокс и химия. – 1995. – № 5. – С. 17 – 20.

References (transliterated)

1. Terentev G. A., Tyukov V. M., Smal F. V. Motornye topliva iz alternativnykh syirevykh resursov [Motor fuels from alternative raw materials]. Moscow, Chemistry, 1989, 272 p.
2. Stepanov A. V. Poluchenie vodoroda i vodorodosoderzhashchikh gazov [Production of hydrogen and hydrogen-containing gases]. Kiev, Naukova dumka, 1982, 312 p.
3. Kreynin E. V. Ekologicheskoe i tehniko-ekonomicheskoe obosnovanie stroitelstva promyshlennyykh predpriyatiy podzemnoy gazifikatsii ugley [Ecological and feasibility study of construction of industrial enterprises for underground coal gasification]. Ugol, 1997, No. 2, pp. 46 – 48.
4. Shulga I. V., Sklyar M. G., Vasilev A. V. Laboratorniy stand dlya issledovaniya gazifikatsii uglerodistykh materialov [Laboratory stand for gasification of carbon materials]. Koks i himiya, 1999, No. 2, pp. 19 – 23.
5. Shul'ga I. V., Zelenskii O. I., Vikhlyayev A. A. Gasification of wood cheeps. Coke and chemistry, 2012, Vol. 55, No. 8, pp. 41 – 44.
6. Shulga I. V., Sklyar M. G., Minenko E. V. Modelirovanie protsessy gazifikatsii tverdogo produkta termoliza malometamorfizovannykh ugley. Opredelenie optimalnykh parametrov protsessy [Modeling of gasification process of solid product of thermolysis of low-metamorphosed coals. Determination of optimal process parameters]. Koks i himiya, 1999, No. 6, pp. 8 – 12.
7. Kuvshinov V. E., Shulga I. V., Sklyar M. G., Vasilev A. V., Vliyaniye udel'nogo rashoda komponentov dутья, temperatury v reaktsionnoy zone i prodolzhitelnosti protsessy na pokazateli gazifikatsii polukoksa [The influence of the specific consumption of the components of the blast, the temperature in the reaction zone, and the duration of the process on the semi-coke gasification parameters]. Koks i himiya, 1995, No. 5, pp. 17 – 20.

Надійшла (received) 15.11.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Исследование получения синтез газа для производства аммиака и метанола / И. В. Шульга, Г. И. Гринь, Д. С. Кутовой, В. А. Эйхман, О. И. Зеленский // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 86 – 93. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Дослідження отримання синтез газу для виробництва аміаку та метанолу / І. В. Шульга, Г. І. Гринь, Д. С. Кутовий, В. О. Ейхман, О. І. Зеленський // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 86 – 93. – Библиогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Research of receiving syntheses gasis for production of ammonia and a methanol / I. V. Shulha, G. I. Gryn, D. S. Kutovyi, V. O. Eikhman, O. I. Zelenskii // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2017. – No. 49 (1270). – P. 86 – 93. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Шульга Ігор Володимирович – Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», завідувач відділу, кандидат технічних наук, доцент, тел.: (057) 704-39-17, e-mail: ko@ukhin.org.ua

Шульга Игорь Владимирович – Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)», заведующий отделом, кандидат технических наук, доцент, тел.: (057) 704-39-17, e-mail: ko@ukhin.org.ua

Shulga Igor Vladimirovich – State Enterprise “Ukrainian State Research Institute for Carbochemistry (UKHIN)”, head of department, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, phone: (057) 704-39-17, e-mail: ko@ukhin.org.ua

Гринь Григорій Іванович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доктор технічних наук, професор; тел.: (057) 707 62 56; e-mail: gryn@kpi.kharkov.ua

Гринь Григорий Иванович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доктор технических наук, профессор; тел.: (057) 707 62 56; e-mail: gryn@kpi.kharkov.ua

Gryn Gryhoriï Ivanovych – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Doctor of Science, Full Professor; tel.: (057) 707 62 56; e-mail: gryn@kpi.kharkov.ua

Кутовий Дмитро Сергійович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», магістрант; тел.: (097) 243-89-17; e-mail: lbvfjy95@gmail.com

Кутовой Дмитрий Сергеевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», магістрант; тел.: (097) 243-89-17; e-mail: lbvfjy95@gmail.com

Kutovyi Dmytro Serhiiovych – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Master Student; tel.: (097) 243-89-17; e-mail: lbvfjy95@gmail.com

Ейхман Виталій Олексійович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», магістрант; тел.: (097) 762-60-83; e-mail: gerberi@yandex.ua

Эйхман Виталий Алексеевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», магістрант; тел.: (097) 762-60-83; e-mail: gerberi@yandex.ua

Eikhman Vytalii Oleksiiovych – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Master Student; tel.: (097) 762-60-83; e-mail: gerberi@yandex.ua

Зеленський Олег Іванович – Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», заступник завідувача відділом, кандидат технічних наук, тел.: (066) 727-12-75, e-mail: zelenskii.ukhin@gmail.com

Зеленский Олег Иванович – Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)», заместитель заведующего отделом, кандидат технических наук, тел.: (066) 727-12-75, e-mail: zelenskii.ukhin@gmail.com

Zelenskii Oleg Ivanovych – State Enterprise “Ukrainian State Research Institute for Carbochemistry (UKHIN)”, deputy head of department, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), phone: (066) 727-12-75, e-mail: zelenskii.ukhin@gmail.com