

УДК 665.6

ПАРАМЕТРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ

А.Е. Шурдова, студент гр. ХТб-211, III курс

А. Г. Ушаков, к.т.н., доцент

Научный руководитель: Е.С. Ушакова, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Проблема загрязнения водной среды нефтью и ее производными на сегодняшний день является одной из наиболее актуальных экологических проблем не только в России, но и во всем мире. Согласно государственным докладом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации о состоянии и об охране окружающей среды ежегодно в России происходит около 10 тысяч разливов на промысловых нефтепроводах [1]. Следовательно, необходимо искать способы ликвидации нефтяных разливов с водной поверхности.

Одним из быстрых, безопасных, а главное, экологичных методов ликвидации разливов является очистка с помощью магнитных сорбентов, в частности, разработанных на кафедре химической технологии твердого топлива КузГТУ. В их состав входят углеродсодержащие отходы угольных, деревообрабатывающих предприятий и активный ил биологических очистных сооружений. Такие сорбенты имеют большую величину нефтеемкости – примерно 3,5-6 г/г и высокий показатель плавучести – больше 480 часов. Однако после сбора разливов возникает проблема утилизации отработанных сорбентов.

Во многих литературных источниках можно найти различные методы переработки и дальнейшего получения из отработанных углеродных сорбентов энергии. Наиболее безопасным видом переработки отработанных нефтесорбентов является технология газификации. Она наиболее перспективна и является источником практически чистой энергии, так как в процессе почти не выделяется вредных загрязняющих веществ.

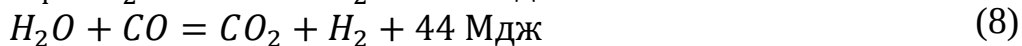
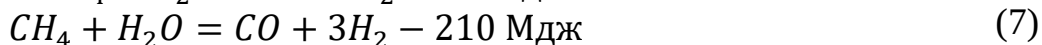
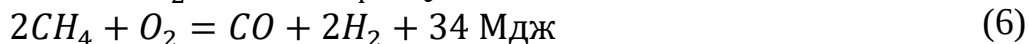
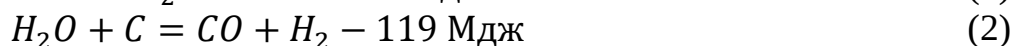
Цель работы: выявление основных параметров, определяющих эффективность проведения процесса газификации отработанных углеродных нефтесорбентов.

Газификация представляет собой физико-химический процесс переработки углеродного составляющего сырья, которое под воздействием кислорода превращается в генераторный (горючий) газ [2]. В химический состав такого газа входят горючие (H_2 , CH_4 , O_2) и инертные (CO , N_2) составляющие. Полученный газ может применяться для дальнейшего сжигания в камере сгорания (такой газ называют «энергетическим» или «бытовым») или для любых других технологических целей. На ряду с этим, генераторный газ может служить сы-

рьем для получения аммиака, водорода и метанола, а с недавнего времени осуществляются разработки с целью получения искусственной нефти и ее производных из горючего газа.

Газификация является сложным процессом, как в техническом, так и в технологическом плане. Но в основе всегда лежат реакции, которые происходят и в процессе сжигания, и в процессе пиролиза [3].

В самом начале процесса газификации отработанных нефтесорбентов первым окислению подвергается углерод (1). Окисление происходит кислородом или же водяным паром (2). Но не весь углерод превращается в монооксид, какая-то его часть подвергается сгоранию (3). При этом углекислый газ, образовавшийся в реакции (3), подвергается воздействию раскаленного углерода (4). И получившиеся продукты в реакции (2), в свою очередь, также реагируют с углеродом до образования низкомолекулярных соединений (5).



Когда происходит газификация жидкой составляющей отработанного нефтесорбента (нефть и ее производные) при высокой температуре и давлении, высоко- и низкомолекулярные углеводороды расщепляются до простых веществ. Они-то и подвергаются воздействию кислорода (6) и водяного пара (7). А небольшая часть образовавшегося монооксида углерода и водяного пара взаимодействуют до углекислого газа и молекулярного водорода соответственно (8).

При избытке кислорода газификация может легко переходить в горение, при котором образуется максимальное количество тепла. Именно поэтому необходимо поддерживать уровень подаваемого воздуха в небольшом недостатке на протяжении всего процесса [4].

В зависимости от условий проведения процесса, можно получить из отработанных нефтесорбентов продукты с разным химическим составом и различными физическими свойствами. Например, подбор состава окислителя (дутья) осуществляется таким образом, чтобы тепла, которое выделяется в результате экзотермических процессов, было достаточно для всего процесса газификации в целом. Впоследствии, возможно самостоятельно регулировать содержание определенного компонента в полученном продукте [5, 6]. На рисунке 1 представлена классификация методов газификации от способа воздействия на углеродное сырье.

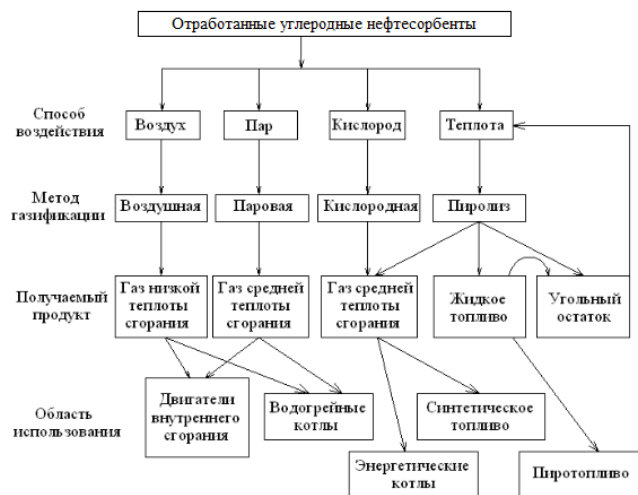


Рис. 1. Классификация методов газификации

При выборе метода газификации стоит обращать внимание на параметры, от которых непосредственно и будет зависеть эффективность всего процесса. Согласно литературным данным при газификации твердого топлива наиболее предпочтительно выбирать комбинированную газификацию (смесью пара и кислорода в соотношении 12/88 соответственно), так как синтез-газ, получаемый таким методом, обладает большей теплотой сгорания. При этом процесс обычно проводится под давлением 2,0-2,5 МПа, в температурном интервале от 650 до 850 °С с добавлением к реакционной смеси таких щелочных катализаторов как карбонат натрия или калия для повышения скорости газификации и выхода синтез-газа [5].

На процесс парокислородной газификации влияют множество факторов, которые так или иначе будут изменять состав и КПД полученного газообразного продукта.

1. Скорость дутьевого потока. Поток, который проходит через слой отработанного сорбента, увлекает за собой большое количество частиц твердой фазы. Поэтому при увеличении скорости дутья, увеличивается выброс пылеугольных частиц, что снижает эффективность процесса. Но если в установках для газификации использовать обратный скруббер, который и будет улавливать частицы и возвращать в реактор, то, в этом случае, увеличение скорости дутья позволит повысить интенсивность реакций.

2. Соотношение кислорода и пара. Увеличивая объемную долю кислорода от 80% до 95% в дутье, возможно увеличить не только температуру газификации, но и скорость всего процесса в целом. В результате система приходит в состояние полного термодинамического равновесия. Но производить газификацию только кислородом нельзя, так как это может привести к забиванию сопла мелкодисперсными частицами. Поэтому добавление пара предотвращает засорение, а также повышает теплоту сгорания полученного газообразного продукта.

3. Температура дутьевого потока. В случае предварительного нагрева парокислородной смеси увеличивается скорость реакции, потому как снижается температурный перепад между двумя фазами и возникает перегрев пара, который ведет образованию дополнительного окислителя.

4. Температура газификации. Если повысить температуру нагрева, то в результате увеличится скорость выхода нефтепродуктов из пор сорбента. А также при повышении температуры произойдет смещение равновесия в сторону образования газа с высокой теплотой сгорания, низкой долей углекислого газа и высоким содержанием водорода, вследствие большего разложения пара.

5. Скорость нагрева. Из-за неравномерного распределения температуры и быстрого нагрева для уменьшения продолжительности протекания процесса, в слоях сорбента возникает перепад температур, который приводит к коксованию. В результате летучие фракции нефти, находящиеся внутри, так и не прореагируют. Но увеличение времени газификации также пагубно скажется на качестве и составе продуктов. При этом в сорбенте уменьшится процентное содержание легколетучих компонентов и увеличится доля тяжелых ароматических углеводородов.

6. Размер гранул. В этом случае очень важна устойчивость сорбента к высоким температурам, так как в результате нарушения структуры кардинально изменится состав полученных продуктов.

7. Размер (объем) реактора. При уменьшении объема реакционной зоны, по принципу Ле Шателье, увеличится концентрация кислорода в дутье. Это увеличит температуру и скорость протекающих реакций.

Таким образом, применение комбинированной газификации отработанных нефтесорбентов позволяет достичь полного сгорания углеродной составляющей сорбента и высокой температуры горения. Одновременно с этим, происходит образование продуктов с минимальным количеством экологически опасных загрязнителей в своем составе. Полученный синтез-газ может быть использован при производстве тепловой и электрической энергии, метанола и водорода, а также для получения искусственной нефти. Для обеспечения высокой эффективности переработки отработанных сорбентов необходимо определить экспериментально необходимые параметры газификации.

Список литературы:

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. – Текст: электронный // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: официальный сайт. – 2023. – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2021/ (дата обращения : 29.07.2023).
2. Мунц, В. А. Горение и газификация органических топлив: учеб. Пособие для вузов / В. А. Мунц, Е. Ю. Павлюк; ред. А. М. Дубинин. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 148 с. – Текст: непосредственный.

3. Тимербаев, Н. Ф. Газификация органических видов топлива / Н.Ф. Тимербаев, Р. Г. Сафин, А. Р. Хисамеева. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2021. – № 6. – С. 326-329.

4. Гремячкин, В. М. Газификация пористых частиц углерода / В. М. Гремячкин. – Текст: непосредственный // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2021. – № 4 (3). – С. 733-734.

5. Сафин, Р. Г. Влияние параметров процесса газификации углеродного сырья под давлением на состав синтез газа / Р. Г. Сафин, А. Р. Садртдинов, В. А. Салдаев. – Текст: непосредственный // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – №3. – С. 417-420.

6. Салганский, Е. А. Моделирование газификации твердого топлива в фильтрационном режиме: 01.04.17: дис. ... канд. физ.- мат. наук. / Е. А. Салганский; ФИЦ ПХФ и МХ РАН. – Черноголовка, 2014. – 94 с. – Текст: непосредственный.