

Лабораторный комплекс по переработке нефтесодержащих отходов с использованием микроволновых технологий

Д.А. Веденькин, Р.Р. Самигуллин, Д.Е. Шаронов

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ*

Аннотация: В данной статье рассмотрен лабораторный комплекс для переработки нефтесодержащих отходов. Также рассмотрена методика обработки нефтесодержащих отходов с помощью микроволнового излучения. Приведены характеристики лабораторного комплекса, его структурная схема и особенности конструкции. В статье содержатся поясняющие рисунки, иллюстрирующие конструкцию и температурный датчик на основе волоконно-оптической решетки Брэгга.

Ключевые слова: Микроволновые технологии, нефтешлам, нефтесодержащие отходы.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день довольно активно эксплуатируются, а также вводятся в эксплуатацию нефтепроводы, обладающие различной пропускной способностью. Для перевозки нефтепродуктов широко применяются наземные и водные виды транспорта. Однако на этапе добычи нефти может произойти ее разлив, вследствие нарушения целостности нефтепровода или цистерны, что приводит к загрязнению почвы и воды. Традиционные методы очистки подобных загрязнений требуют большого количества времени и энергии, как правило, тепловой, при этом в воздух выбрасываются продукты горения [1].

В созданном лабораторном комплексе землеводонефтяная смесь нагревается, нагрев происходит с помощью электромагнитной энергии. Вследствие нагрева происходит отделение компонентов углеводородов от земли, что уменьшает ее загрязнение. Необходимо отметить следующий факт: СВЧ излучение не имеет свойства накапливаться в обрабатываемом материале. Лабораторный комплекс оснащен датчиком температуры, созданным на основе волоконно-оптической решетки Брэгга. Выбор такого датчика основан на том, что на него не влияет СВЧ энергия, а измерения

температуры должны проводиться непосредственно во время нагрева. Это необходимо для того, чтобы был соблюден температурный режим при нагреве.

Обзор лабораторного комплекса

Среди применяемых методов разделения однородных смесей, состоящих из нескольких компонентов, самым распространенным является перегонка. Перегонка — процесс выпаривания жидкости, после чего полученный пар охлаждается и конденсирует в специальный сборник. Состав сконденсированной жидкости отличается от состава исходной смеси. Благодаря тому, что летучесть компонентов в смеси отличается, и происходит процесс перегонки жидкости. Разные фракции смеси переходят из жидкого состояния в газообразное при различной температуре, благодаря чему возможно разделить жидкость на разные фракции.

Для перегонки очень важным фактором является медленный, равномерный нагрев жидкости. На лабораторном комплексе происходит нагрев со скоростью 7-10°С/мин. Внешний вид лабораторного комплекса представлен на рис. 1, а на рис. 2 представлена структурная схема [3].



Рис. 1. – Общий вид лабораторного комплекса по переработке нефтесодержащих отходов

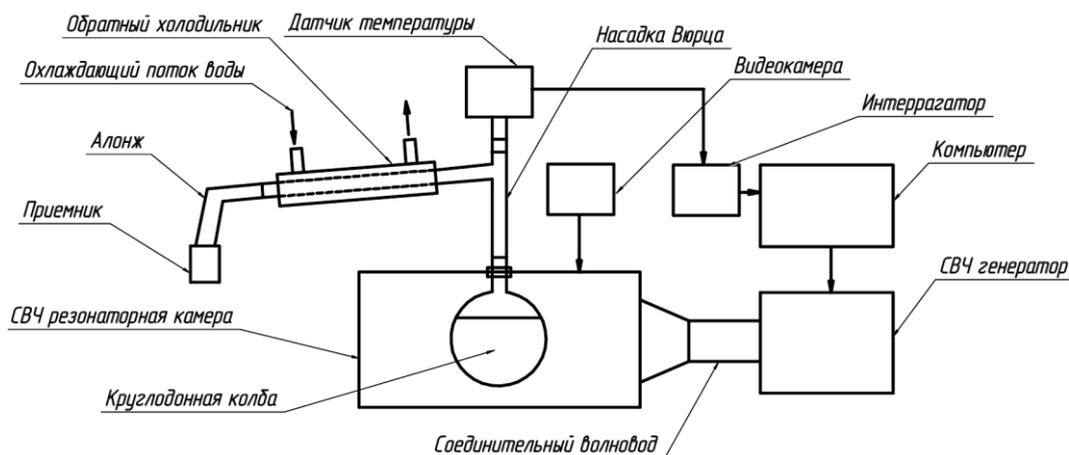


Рис. 2. – Структурная схема лабораторного комплекса

В СВЧ резонаторной камере установлена круглодонная колба, являющаяся реактором, с водоземленефтяной смесью. Реактор, т.е. колба, должен быть прозрачным для СВЧ – излучения, поэтому в качестве материала для него было выбрано кварцевое стекло, которое пропускает СВЧ – излучение.

Можно выделить следующие плюсы СВЧ нагрева: отсутствие продуктов сгорания, высокая скорость нагрева, малая инерционность. СВЧ излучения, которое может быть поглощено твердыми веществами, достаточно для проведения химического синтеза.

Контроль за повышением температуры водоземленефтяной смеси осуществляется датчиком, созданным на основе Брэгговской волоконно-оптической решетки (рис. 3,4). Датчик помещен в круглодонную колбу. Нагрев осуществляется в несколько этапов. На первом этапе нагрев происходит до 100°C. На этом этапе испаряется легколетучая часть и влага. После этого, ориентируясь на структуру испаренных фракций, их нужно отделить друг от друга. По мере испарения фракций, углеводород становится более вязким. Это требует разработки новых подходов к его переработке.

На следующем этапе температура плавно повышается до 246°C. На этом этапе главное не допустить бурного газообразования и деструкции отхода (250-300°C) [2]. Получившаяся фракция может применяться при производстве асфальтобетона.

Режимы нагрева и полученные результаты представлены в таблице 1.



Рис. 3. – Вид температурного датчика в рабочей камере

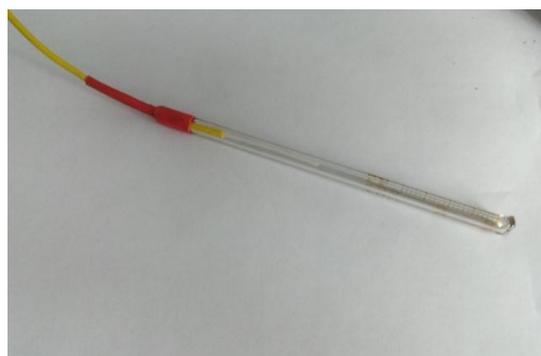
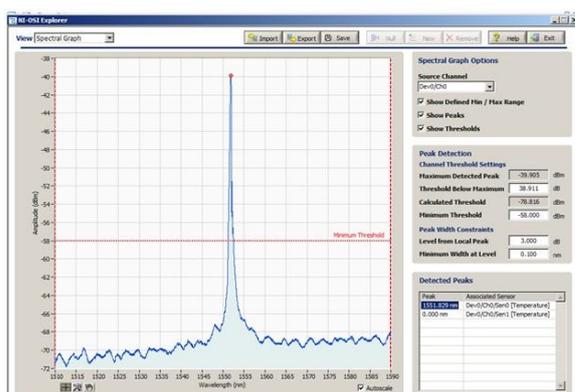


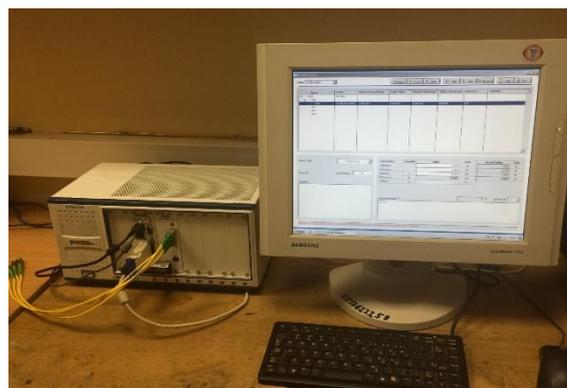
Рис. 4. – Датчик температуры

Пары фракции в колбе поднимаются в обратный холодильник, где конденсируют из-за понижения температуры окружающей среды и стекают в сборник. Максимальная температура нагрева на лабораторном комплексе составила 246°C. Выше 300°C нагрев не производится, так как существует вероятность возникновения неконтролируемой ситуации. Для получения информации о температуре с датчиков, используется специальное оборудование, представленное на (рис. 5).

Для контроля за объемом и составом полученной фракции нефтепродукта используются специализированные емкостные шприцы. На рисунке 6 продемонстрирован продукт на выходе.



а)



б)

Рис. 5. – Программа для опроса волоконно-оптического датчика температуры (а), оборудование для сбора и обработки сигналов с ВОД (б)



Рис. 6. – Выходной продукт

В созданном лабораторном комплексе применен СВЧ – генератор с выходной частотой 2,45 ГГц, максимальная мощность данного генератора составляет 700 Вт. Рабочая камера для генератора представляет собой резонаторную камеру, а ее размеры – 220x250x400мм.

Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, максимальное количество конденсата получено при проведении второго эксперимента, где максимальная мощность составила 70%.

При проведении всех экспериментов обработка проводилась с постепенным увеличением мощности. Интервалы составляли 5 минут. В течение этих отрезков времени мощность была постоянной и не изменялась. Распределение мощности нагрева представлена в таблице 2.

Таблица 1

Соотношения массы конденсата и максимальной мощности обработки

№	Масса отхода, г	Мах. Мощность, %	Время нагрева, м	Масса конденсата, г	Масса остатка, г	Масса испарившегося вещества, г
1	150	80	60	54,6	95,3	0,1
2	150	70	60	58,2	82,8	9
3	150	75	60	41,3	107,4	1,3
4	150	60	60	37,6	112,4	0
5	150	90	60	50,3	98,7	1
6	150	45	60	51,5	97,4	1,1

Таблица 3

Распределение мощности облучения по пятиминутным интервалам

t, м.	P, %					
	1	2	3	4	5	6
5	25	10	25	30	30	5
10	30	20	30	50	50	10
15	35	30	40	50	70	10
20	40	45	50	50	75	15
25	45	55	60	50	80	20
30	50	55	65	50	85	25
35	55	60	70	60	90	30
40	60	60	75	60	90	35
45	65	60	75	60	90	40
50	70	60	65	60	90	45
55	75	65	55	60	90	45
60	80	70	50	60	90	45

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассматриваются проблемы реализации лабораторного комплекса по переработке нефтешламов и отходов производства масла. В состав лабораторного комплекса входит вытяжной шкаф, элементы волноводных трактов, рабочая камера и генератор. Особенностью лабораторного комплекса является использование волоконно - оптических сенсорных устройств, а именно - датчика температуры на основе волоконно - оптических решеток Брэгга. Данный датчик позволяет производить измерение с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ в широком диапазоне температур.

Литература

1. Бахонина Е.И. Разработка адаптивной технологии переработки углеводородсодержащих отходов нефтехимии с использованием электромагнитного излучения СВЧ-диапазона: дис. ... канд. тех. наук: 02.00.13. Уфа, 2008. 115 с.
2. Самошин Р.Э., Веденькин Д.А. Лабораторный комплекс по переработке нефтешламов // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности. Казань: 2014. С. 316-319.
3. Веденькин Д.А., Халиков А.З., Хабибуллин Р.Р. Модель конвейерного способа переработки веществ при помощи СВЧ-нагрева // Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4989
4. Веденькин Д.А., Шаронов Д.Е. Анализ характеристик управляемой частотно-селективной поверхности в СВЧ диапазоне // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4233
5. Alan Russell, D., 2012. Microwave-Assisted Pyrolysis of HDPE using an Activated Carbon Bed, PhD thesis, Clare College, Cambridge.
6. Цгоев Т.Ф., Иликоев Г.В. Методы утилизации нефтесодержащих отходов // Труды молодых ученых. Владикавказ: 2011. С. 59-67.

7. Миннигалимов Р.З. Разработка технологии переработки нефтяных шламов с применением энергии ВЧ и СВЧ электромагнитных полей: дис. ... д-р. тех. наук: 25.00.17. Уфа, 2010. 240 с.

8. Азаров В. Н., Ажгиревич А. И., Грачев В. А. и др. Промышленная экология: учебник для высших учебных заведений Министерства образования и науки Российской Федерации / Под общ. ред. Гутенева В.В. — ПринТерра М. – Волгоград, 2009. — 840 с.

9. Kim, S.Y., E.K. Jo, J.H. Kim, K. Bai and J.K. Park, 2008. The effects of highpower microwaves on the ultrastructure of *Bacillus subtilis*. *Lett. Appl. Microbiol*, 47(1): 35-40.

10. Lei, H., S. Ren and J. Julson, 2009. The Effects of Reaction Temperature and Time and Particle Size of Corn Stover on Microwave Pyrolysis. *Energy & Fuels*, 23: 3254-3261.

References

1. Bahonina E.I. Razrabotka adaptivnoj tehnologii pererabotki uglevodorodsoderzhashhih othodov neftehimii s ispol'zovaniem jelektromagnitnogo izlucheniya SVCh-diapazona [Development of an adaptive technology for processing hydrocarbon-containing petrochemical waste using microwave electromagnetic radiation]: dis. ... kand. teh. nauk: 02.00.13. Ufa, 2008. 115 p.

2. Samoshin R.Je., Veden'kin D.A. Poisk jeffektivnyh reshenij v processe sozdaniya i realizacii nauchnyh razrabotok v rossijskoj aviacionnoj i raketno-kosmicheskoj promyshlennosti. Kazan': 2014. pp. 316-319.

3. Veden'kin D.A., Halikov A.Z., Habibullin R.R. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4989

4. Veden'kin D.A., Sharonov D.E. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4233



5. Alan Russell, D., 2012. Microwave-Assisted Pyrolysis of HDPE using an Activated Carbon Bed, PhD thesis, Clare College, Cambridge.

6. Cgoev T.F., Ilikoev G.V. Trudy molodyh uchenyh. Vladikavkaz: 2011. pp. 59-67.

7. Minnigalimov R.Z. Razrabotka tehnologii pererabotki neftjanyh shlamov s primeneniem jenergii VCh i SVCh jelektromagnitnyh polej [Development of technology for processing oil sludge using the energy of high frequency and microwave electromagnetic fields]: dis. ... d-r. teh. nauk: 25.00.17. Ufa, 2010. 240 p.

8. Azarov V. N., Azhgirevich A. I., Grachev V. A. i dr. Promyshlennaja jekologija: uchebnik dlja vysshih uchebnyh zavedenij Ministerstva obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii. [Industrial ecology: a textbook for higher educational institutions of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation]. Pod obshh. red. Guteneva V.V. PrinTerra M. Volgograd, 2009. 840 p.

9. Kim, S.Y., E.K. Jo, J.H. Kim, K. Bai and J.K. Park, 2008. The effects of highpower microwaves on the ultrastructure of Bacillus subtilis. Lett. Appl. Microbiol, 47(1): 35-40.

10. Lei, H., S. Ren and J. Julson, 2009. The Effects of Reaction Temperature and Time and Particle Size of Corn Stover on Microwave Pyrolysis. Energy & Fuels, 23: 3254-3261.