

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДНО-СПИРТОВОГО РАСТВОРА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ПОТОКЕ

Р.Т. Закиев, А.С. Наумкин, Ж.А. Косторева

Научный руководитель - профессор Б.В. Борисов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

По окончании технологического процесса добычи природного газа и подготовки его к транспортировке образуются отходы в виде водных растворов органических веществ и их производных, утилизацию которых необходимо осуществлять с учетом нанесения минимального ущерба окружающей среде [1,2]. Водно-метанольный раствор утилизируется посредством термического обезвреживания с помощью факельных установок [4].

В работе [3] представлена математическая модель термического обезвреживания водно-метанольного раствора (ВМР) в газовой горелке. Результаты моделирования процесса испарения достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными при натурном сжигании раствора в горелке ГФУ-5.

Для разработки более качественной модели термического обезвреживания водно-метанольного раствора с учетом влияния потока нагретой среды на движущуюся каплю растворов проведен ряд физических экспериментов.

Установка состоит из вентилятора высокого давления AIRPACK 119.358, с помощью которого нагнетается воздух. Вентилятор нагнетает воздух с расходом 30 л/с и проходя последовательно через воздушнонагреватель LHS 61L Premium и печь Новатерм RT1145.1200 нагревается до необходимой температуры. Регистрация температуры производится с помощью термоэлектрических преобразователей ДТЭК031-0,5/0,2/1. Электрические сигналы с термопар поступали в устройство для измерения и контроля температуры УКТ38 для их дальнейшей обработки, далее по интерфейсу связи RS-232 данные поступали на персональный компьютер для их регистрации, обработки и анализа.

Регистрация динамики процесса проведена с помощью высокоскоростной видеокамеры Phantom v411 (скорость кадров 4200 к/с, разрешение 1280x800 пикселей). Программный комплекс Tema Automotive позволяет произвести покадровый просмотр результатов, с помощью которого выполнялись оценки изменения геометрии, по которым рассчитывались объемная и массовая скорость испарения капли.

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

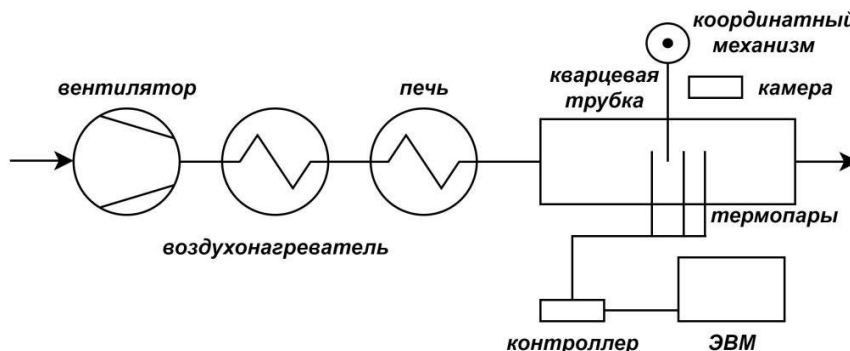


Рис. 1 Схема установки

Для исследований испарения капель растворов рассматриваются растворы метанола и воды. В водно-метанольном растворе концентрация метанола достигает до 95,5%.

Регистрация температуры проведена в трех точках, для снижения времени опрашивания. Расположены они на линии вдоль потока воздуха через 5 мм, одна до капли, две другие после нее, согласно рисунку 2.

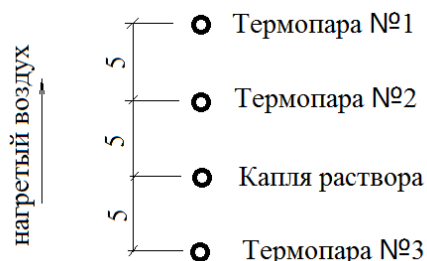


Рис. 2 Схема расположения термопар

На рисунке 3 представлены кадры испарения капли ВМР с долей 20% при температуре набегающего воздуха 500°С с скоростью 4,2 м/с.



Рис. 3 Фотофрагменты испарения капли, через время, помещенное в поток: а - 1,9 с; б- 3,2 с; с- 6,0 с.

На рисунке 4 представлены зарегистрированные температуры при испарении капли ВМР с долей 20% при температуре набегающего воздуха 500°С с скоростью 4,2 м/с.

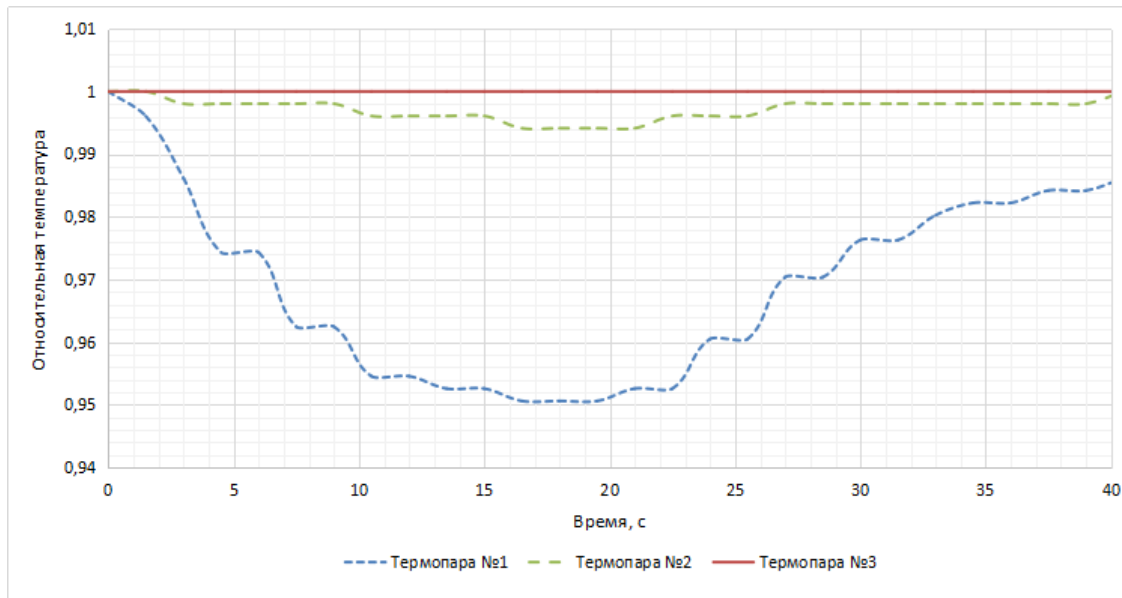


Рис. 4 Температурное поле при испарении раствора

В результате проведения работы получены геометрические параметры протекания процесса, а также температурные поля, соответствующие этому процессу вблизи капли. Данные результаты необходимы для решения задач по вопросу утилизации отсепарированной воды (ВМР) технологического процесса добычи и подготовки природного газа.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18-79-100015).

Литература

1. Дмитриева О. А. Снижение выбросов узла газо-факельного хозяйства ОАО «Газпром Нефтехим Салават» // Научный альманах. – 2017. – №. 2-3. – С. 53-55.
2. Иванов В. П., Дронченко В. А. Утилизация сточных вод с нефтесодержащими отходами эмульгированием и сжиганием // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №. 4.
3. Naumkin A. S., Borisov B. V., Nigay A. G. Influence of water-methanol solution additives on hydrocarbon fuel combustion in burner // MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 194. – С. 01042.
4. Созонов Н. А., Белобородов А. В., Теньковский Д. В. Горизонтальные факельные установки ООО «Тюменниигипрогаз» // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – №. 7 (25).
5. Back M. et al. The virtual chocolate factory: Building a real world mixed-reality system for industrial collaboration and control // 2010 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. – IEEE, 2010. – С.1160-1165.
6. Lipton J. I., Fay A. J., Rus D. Baxter's homunculus: Virtual reality spaces for teleoperation in manufacturing // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2017. – Т. 3. – №. 1. – С. 179-186.
7. Back, M., Kimber, Millais P., Jones S. L., Kelly R. Exploring data in virtual reality: Comparisons with 2d data visualizations // Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2018. – С. 1-6.
8. Niedermeier F. et al. Increasing data centre renewable power share via intelligent smart city power control // Proceedings of the 2015 ACM Sixth International Conference on Future Energy Systems. – 2015. – С.241-246.
9. Newsroom T. G. Toyota Unveils Third Generation Humanoid Robot T-HR3. – 2017. URL: <https://global.toyota/en/detail/19666346>(дата обращения: 02.03.2020).