

УДК 621.3.088.23

*М. А. Баклыкова, В. И. Старунская, И. Н. Шубин*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ПРОЦЕСС АКТИВАЦИИ**

Углеродные высокопористые материалы являются наиболее востребованными и перспективными благодаря своим характеристикам – высокой удельной поверхности и большому объему пор. Химическая промышленность, фармакология, радиоэлектроника – неполный перечень областей, в которых подобные материалы нашли свое применение. Для их получения применяют различные методы активации, заключающиеся в высокотемпературной обработке исходного углеродного сырья различными кислотами, щелочами или водяным паром в инертной среде. При этом основное внимание при производстве и исследовании уделяется, как правило, подбору оптимального сырья и определению наиболее эффективных режимных параметров активации, влияющих на итоговые характеристики получаемого материала. Однако при этом обычно не уделяется должного внимания определению влияния отдельных параметров оборудования на протекание процесса [1, 2].

Авторами были проведены экспериментальные исследования динамики нагрева печи и реактора активации (фактической температуры внутри реактора) в зависимости от различного объема подаваемого инертного газа. Предварительные исследования позволили установить базовые технологические режимы процесса активации, соответствующие наиболее оптимальным характеристикам получаемого активированного углеродного материала [3, 4].

Процесс активации представлял собой высокотемпературную обработку смеси предварительно карбонизированного углеродного сырья с активатором в инертной среде и предусматривал ступенчатый нагрев до 400 °С с выдержкой один час и до 750 °С – с выдержкой два часа, с расходом инертного газа 0; 0,5; 1; 1,3; 1,5; 2 л/мин, при этом в качестве активатора применялся гидроксид калия, инертного газа – аргон. Расход инертного газа регулировался лабораторным расходомером, температура в муфельной печи – встроенным терморегулятором,

температура в реакторе – термопарой. Показания температуры фиксировались каждые 5 мин.

Подача аргона осуществлялась на протяжении всего процесса активации – нагрева активируемой смеси, выдержки и охлаждения. Причем наиболее интересным представлялось исследование динамики нагрева до 400 и 750 °С соответственно, так как этот этап являлся наиболее критичным, зависящим от многих технологических и конструктивных параметров элементов и важнейшим производственным критерием, определяющим продолжительность всего процесса.

Процесс активации проводился в экспериментальной установке, состоящей из цилиндрического корпуса 1, крышки 2, имеющей патрубки для подачи аргона 3, ввода термопары 4, выхода газообразных продуктов реакции 5 и муфельной печи 6 (рис. 1). Экспериментальная установка работала следующим образом: в цилиндрический корпус загружалась реакционная смесь, состоящая из карбонизированного углеродного сырья и гидроксида калия в заданном соотношении. Корпус закрывался крышкой и помещался в муфельную печь. Одновременно с нагревом печи внутрь подавался инертный газ. Объем подаваемого аргона, время и температура фиксировались.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 2 и 3, причем для наглядности, по причине близких значений, представлены данные при расходе инертного газа 0, 1 и 2 л/мин.

Анализируя результаты проведенных исследований по определению зависимости температуры от расхода инертного газа, можно однозначно подтвердить их взаимосвязь, однако менее явственную, чем предполагалось ранее.

Было установлено, что присутствует разница в скорости нагрева печи и внутреннего объема реактора – инертность системы – при нулевой подаче инертного газа.

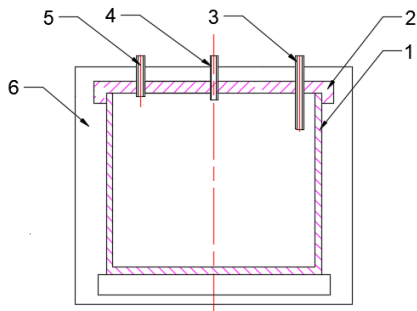
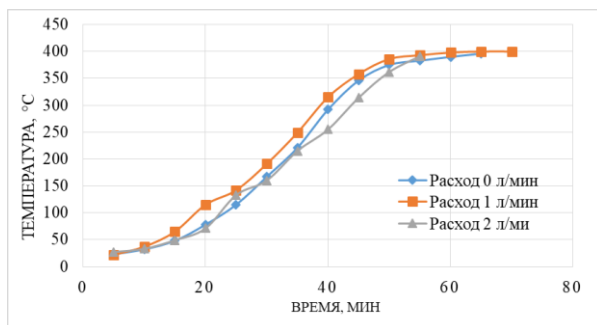
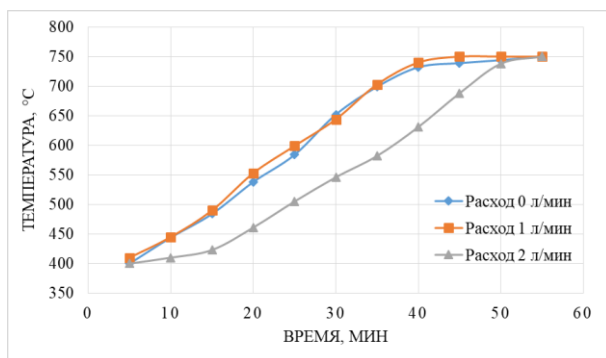


Рис. 1. Схема экспериментальной установки



**Рис. 2.** Динамика нагрева внутреннего объема реактора до 400 °C



**Рис. 3.** Динамика нагрева внутреннего объема реактора до 750 °C

Для первого этапа нагрева – до температуры 400 °C при разогреве печи и соответственно реактора в ней при подаче инертного газа в диапазоне 0,5...2,0 л/мин разброс значений по времени составлял 5...8 мин. При втором этапе нагрева – с 400 до 750 °C он возрастал до 7...10 мин.

Таким образом, подводя итог проведенным исследованиям, можно сделать выводы о том, что в системе печь–реактор присутствует инертность при нагреве. Подача различного объема инертного газа в реактор влияет на нагрев в целом незначительно, несколько снижая инертность системы, применительно к условиям лабораторных исследований, что можно объяснить предварительным подогревом газа в патрубке при его подаче в реактор и небольшим расходом.

В то же время в условиях промышленного производства подача инертного газа (в значительно больших объемах), а также увеличение размера реактора активации и соответственно увеличение объема активируемого материала будут, несомненно, оказывать существенное

влияние на протекание технологического процесса активации, в связи с чем необходимо предусмотреть технологические и конструктивные меры для нивелирования данного влияния.

### Список литературы

1. Шубин, И. Н. Анализ погрешностей, возникающих на этапах приготовления компактированного углеродного материала / И. Н. Шубин, А. А. Попова, Р. Э. Алиев // Заметки ученого. – 2020. – № 10. – С. 95 – 102.

2. Popova, A. A. Features of Nanoporous Carbon Material Synthesis / A. A. Popova, R. E. Aliev, I. N. Shubin // Advanced Materials and Technologies. – 2020. – No. 3(19). – P. 28 – 32.

3. Попова, А. А. Аппаратурно-технологическое оформление производства активированного углеродного материала / А. А. Попова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 318 – 327.

4. Попова, А. А. Особенности получения высокопористого углеродного материала / А. А. Попова, И. Н. Шубин, М. К. Гусейнов // Вестник ДГУ. Сер. Естественные науки. – 2021. – Т. 36, № 4. – С. 7 – 12.

*Кафедра «Техника и технология производства нанопродуктов»  
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*