

*Р. В. Михайлов, Н. Н. Коробов, Д. А. Перов\**

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АКТИВАЦИИ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА**

Высокопористые углеродные материалы являются одними из наиболее перспективных материалов для применения в качестве универсальных носителей различных сред в химической и нефтегазовой промышленности, фармацевтике и радиоэлектронике и целом ряде других. Это объясняется особенностями физико-структурных характеристик, к которым можно отнести инертность материала, большую удельную пористость и значительный объем пор, приходящихся преимущественно на нано- и мезометровый диапазон.

Данные материалы получают активацией исходного карбонизированного углеродного сырья щелочью, кислотой, водяным паром и т.п. при 600... 900 °С в инертной среде.

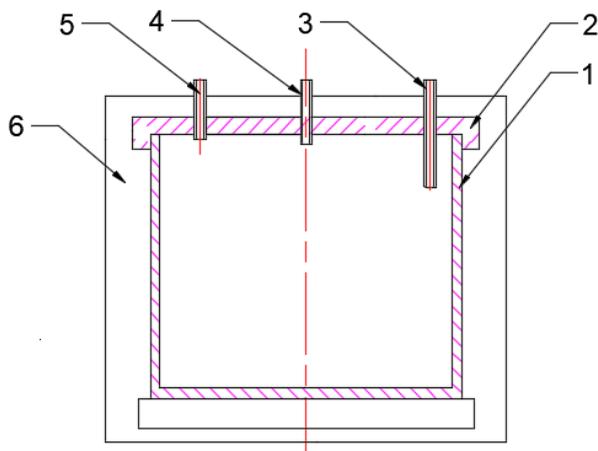
Анализируя проведенные ранее исследования, направленные на разработку аппаратурно-технологического оформления данного процесса, можно сделать вывод, что конструктивное оформление данного процесса, в целом, базируется на классических подходах

---

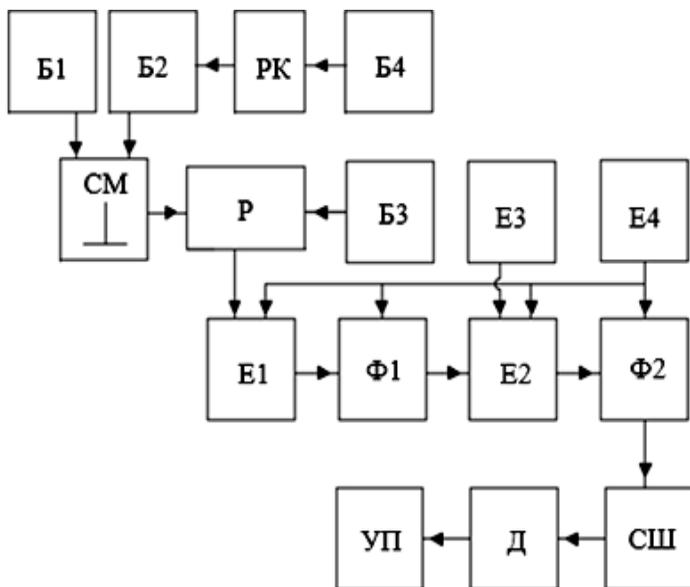
\* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. Н. Шубина.

и оборудовании: используется стандартное оборудование – различные бункеры, емкости, смесители, запорная и контрольная арматура, являющиеся типовыми изделиями. Причем выбор определенного типа оборудования зависит от совокупности факторов, включающих в себя особенности реализуемого технологического процесса, а также мероприятий по типизации и стандартизации элементов конструкций [1]. Исключением является реактор химической активации, конструкция и габариты которого соответствуют требованиям по производительности, с учетом рабочей среды, режимов нагрева и охлаждения и т.д. (рис. 1).

Одной из основных задач при разработке и совершенствовании аппаратного оформления любого технологического процесса является разработка параметрических рядов изделий на основе унификации и оптимизации отдельных узлов и агрегатов. Рассматривая процесс активации углеродного материала, можно сделать вывод, основываясь на проведенных ранее исследованиях, что предложенная технологическая схема обладает высоким модернизационным потенциалом и возможностью масштабирования для перехода от лабораторного к опытно-промышленному и промышленному производствам и применению, в своем большинстве, типового оборудования и технологий [2].



**Рис. 1. Принципиальная конструкция реактора активации:**  
1 – корпус реактора; 2 – крышка реактора; 3 – штуцер для вывода газообразных продуктов химических реакций; 4 – штуцер для ввода инертного газа; 5 – штуцер для установки термометра; 6 – печь



**Рис. 2. Принципиальная схема аппаратурно-технологического оформления процесса химической активации углеродного материала:**  
*Б1, 2, 4* – бункеры для исходных материалов; *РК* – реактор для карбонизации;  
*СМ* – смеситель для получения реакционной смеси; *Р* – реактор активации;  
*Б3* – баллон для инертного газа; *Е1-2* – емкости для пост-обработки активированного материала; *Φ1-2* – фильтры для промывки активированного углеродного материала; *СШ* – сушильный шкаф; *Д* – диспергатор;  
*УП* – упаковочная машина

Ключевым элементом аппаратурно-технологического оформления процесса активации в нашем случае является реактор активации, поскольку именно он определяет проведение основного этапа технологического процесса – высокотемпературную химическую активацию и соответствующий выход целевого продукта. При этом типовая схема производства будет по сути неизменной при применении реакторов различного типа и производительности (рис. 2).

При проектировании реактора активации, применительно к протекающему процессу в целом, можно выделить ряд базовых составляющих, которые будут влиять непосредственно на конструкцию:

- *объем реакционной зоны* – параметр, определяющий общие габаритные размеры и косвенно влияющий на производительность, т.е. выход целевого продукта и режимные параметры процесса активации (скорость нагрева и охлаждения и т.д.);

– *расход исходного сырья и его соотношение при активации* – определяет уровень заполнения реактора, исполнение ряда конструктивных элементов (монтаж, размеры и установка патрубков для ввода/вывода газовых сред, термопары и т.д.), а также характеристики получаемого активированного углеродного материала;

– *подбор конструкционного материала* – для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования – важнейший параметр, так как рассматриваемый процесс – это весьма напряженный процесс по температуре и рабочей среде [3];

– *выбор типа реактора в зависимости от реализации варианта активации* – как было установлено ранее, вариант активации оказывает непосредственное влияние на конструкцию и конструкционный материал реактора (более простая конструкция при высокой температуре реализации процесса или усложнение исполнения реактора при более низкой температуре реализации процесса) [2, 4].

– *подбор вспомогательного оборудования* базируется на классических подходах в проектировании химических процессов и стандартных типоразмерах оборудования, используемого в химической промышленности.

Таким образом, подводя итог проведенным исследованиям, в том числе экспериментальным, можно сделать вывод о том, что проектирование реактора для химической активации углеродного материала требует значительных предварительных лабораторных исследований для определения наиболее рациональных режимных параметров технологического процесса, а также представительных исследований по подбору конструкционных материалов для наиболее ответственных элементов технологической схемы, реализующей данный процесс (в первую очередь реактора активации, в реакционной зоне которого протекает высокотемпературный процесс при наличии крайне агрессивной среды). Вместе с тем можно отметить традиционность подходов применительно к рассматриванию процесса активации и возможность использования типового вспомогательного оборудования, что играет важную роль применительно к условиям реального промышленного производства.

### Список литературы

1. Шубин, И. Н. Совершенствование аппаратурно-технологического оформления производства высокопористого углеродного материала / И. Н. Шубин, А. А. Попова // Известия высших учебных заведений. – М. :Машиностроение, 2023. – № 6(759). – С. 58 – 65.

2. Shubin, I. N. Features of implementation options for the process of high-temperature activation of carbon material / I. N. Shubin, A. A. Popova // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – No. 8(1). – P. 41 – 48.

3. Попова, А. А. Анализ влияния режимных параметров процесса высокотемпературной химической активации на конструкционный материал оборудования / А. А. Попова, И. Н. Шубин // Известия высших учебных заведений. – М. : Машиностроение, 2022. – № 8. – С. 24 – 32.

4. Шубин, И. Н. Исследование технологических параметров активации, влияющих на характеристики нанопористого углеродного материала / И. Н. Шубин, А. А. Попова // Материаловедение. – 2022. – № 11. – С. 3 – 8.

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