

УДК 630*867.5

И.М. Плехов, профессор; А.И. Ламоткин, доцент; В.Н. Павлечко; доцент;
В.Н. Гуляев, доцент

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ АКТИВАЦИИ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ

The working conditions of the plant for charcoal activation are described. The activation was made with superheated water vapor. The plant was heated with the products of combustion of diesel fuel. The DAK activated charcoal was obtained at the experimental plant during the industrial tests.

Характер развития пористой структуры в древесном угле при активации его различными активирующими агентами (H_2O , O_2 , CO_2) зависит от скорости химической реакции и физических констант молекул активирующих газов. При обработке углеродсодержащих веществ окислительными газами в соответствующих условиях часть углерода выгорает и удаляется с летучими компонентами, и внутренняя поверхность угля увеличивается.

Молекулы паров воды, обладая высокой полярностью, большим дипольным моментом, наименьшим диаметром, наибольшим коэффициентом диффузии, малым коэффициентом вязкости и большей скоростью движения, чем молекулы кислорода и двуокиси углерода, наилучшим образом развивают микропористую структуру в угле.

При использовании водяного пара для обеспечения эффективной скорости реакции необходима температура $800\text{ }^\circ\text{C}$. Поскольку реакции взаимодействия водяного пара с углем эндотермические, то необходим подвод теплоты извне. В рассматриваемой установке теплота подводится дымовыми газами, образующимися при сгорании топлива, через непроницаемую стенку.

Аппаратурная схема производства активного угля приведена на рисунке.

Крупные куски угля после пиролиза подаются в валковую дробилку, в которой измельчаются до размеров менее 5 мм. Измельчаемый материал проходит через дробилку один раз и вследствие этого не переизмельчается.

После дробления древесный уголь отсеивают на двух ситах. На первом сите с ячейками по 2 мм отделяются куски угля менее 2 мм и собираются в емкость, из которой периодически удаляются вручную. На втором сите с ячейками по 5 мм отделяются куски угля размером 2–5 мм и собираются в емкости, из которых периодически загружаются в загрузочную воронку активатора. На сите с ячейками по 5 мм остаются куски угля диаметром более 5 мм, которые собираются в емкости и возвращаются в дробилку для повторного измельчения.

Древесный уголь, загруженный в воронку активатора, опускается вниз под собственным весом и поступает в активатор. В процессе устойчивой работы исходный уголь нагревается до температуры $750\text{ }^\circ\text{C}$ при контакте с газами активации и частично охлаждает их. Далее исходный уголь нагревается до температуры $800\text{--}900\text{ }^\circ\text{C}$ за счет теплоты, поступающей извне при сгорании дизельного топлива.

Продвигаясь вниз по активатору древесный уголь контактирует с водяным паром, поднимающимся вверх, подвергается активации. Равномерному подводу теплоты к массиву древесного угля способствуют трубки, через которые проходят дымовые газы. При контакте с раскаленным углем водяной пар разлагается с образованием газов акти-

вазии, основное количество которых составляют диоксид и оксид углерода, водород, метан и водяной пар. Газы активации с температурой 500 °С отводятся в атмосферу.

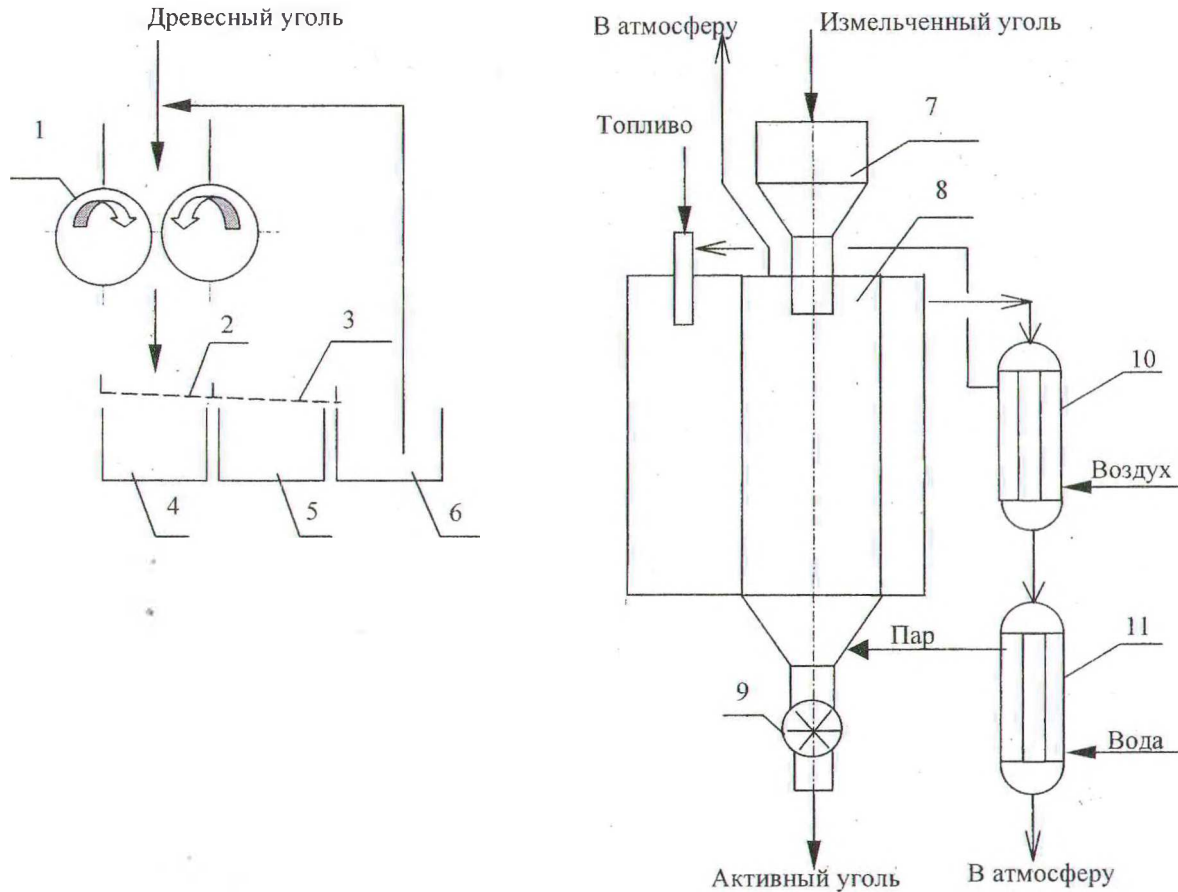


Рис. Принципиальная технологическая схема активации древесного угля:
1 – дробилка; 2, 3 – сита; 4–6 – емкости; 7 – загрузочная воронка; 8 – активатор; 9 – питатель;
10 – воздухоподогреватель; 11 – парогенератор

Прошедший активацию древесный уголь охлаждается в выгрузочном патрубке водяными парами, поднимающимися вверх от парогенератора, охлаждается до температуры 150 °С и выгружается через барабанный питатель. Охлаждение активного угля до температуры окружающей среды предполагается естественное при его выдержке на воздухе.

Необходимое для горения дизельного топлива количество кислорода с коэффициентом избытка 1,1 подводится вентилятором-дымососом с воздухом, который забирается из атмосферы, нагревается до температуры 500 °С дымовыми газами при прохождении через воздухоподогреватель и поступает в топку через горелку. Сюда же подводится дизельное топливо, при сгорании которого выделяется теплота, необходимая для осуществления активации. Образующиеся дымовые газы проходят через активатор, поступают сначала в воздухоподогреватель, затем в парогенератор и отводятся в атмосферу с температурой 200 °С вентилятором-дымососом. С целью снижения температуры дымовых газов производительность вентилятора-дымососа принимается в 2–4 раза больше требуемой для их разбавления атмосферным воздухом.

Опытно-промышленная установка получения активного угля была разработана в БГТУ и изготовлена в Борисовском ОАО «Лесохимик».

Испытания опытно-промышленной установки активации древесного угля проведены Борисовским ОАО «Лесохимик» в сентябре–октябре 2002 года. Основные показатели режима работы опытно-промышленной установки за период испытаний соответствовали проектным величинам. Расход воды для выработки водяного пара измеряли ротаметром РС-3. Обогрев установки осуществляли дизельным топливом, расход которого измеряли также ротаметром РС-3а. В середине активатора температура угля в период рабочего режима активации составляла 820–880 °С. Уровень жидкости в парогенераторе в период прогрева установки изменялся от 35 до 80% высоты парогенератора. В этот период температура угля в месте подвода пара составляла 100 °С. После выхода на рабочий режим уровень жидкости в парогенераторе не превышал 35%, а температура угля в месте подвода пара составляла более 200 °С.

Проведенные испытания подтвердили работоспособность всех элементов опытно-промышленной установки, которые функционировали устойчиво и стабильно. В период рабочего режима активации угля горелка работала устойчиво и равномерно. Парогенератор справлялся с требуемой нагрузкой и вырабатывал необходимое количество пара. В топку поступало требуемое количество топлива и воздуха, подогретого до температуры 400–500 °С. Спекание частиц угля и его зависание в активаторе не наблюдались. Исходный и активный угли равномерно проходили через активатор. В период рабочего режима активации достигнута адсорбционная активность угля по йоду 30–40%, что соответствует показателям угля марки ДАК. Анализ проб выполняли специалисты ОАО «Лесохимик».

Относительно низкая активность угля обусловлена малым количеством водяного пара, достигающего зоны активации, из-за протечек его через неплотности.

Уровень жидкости в парогенераторе после выхода на рабочий режим не превышал 35%. На поверхности, соответствующей остальной высоте парогенератора, происходил перегрев пара, и температура угля в месте подвода пара составляла 240 °С. Поэтому для снижения температуры выгружаемого угля водяной пар целесообразно подводить нагретым до меньшей температуры.

Вода в парогенератор подавалась из мерника, и в результате гидравлического сопротивления слоя активируемого угля движению в нем водяного пара и газов активации имели место колебания в расходе воды.

Для снижения этих колебаний в мернике с исходной водой целесообразно повысить ее уровень или подводить из водопроводной сети.

УДК 66.048.375

В.Н. Павлечко, доцент

ОБОБЩЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАССООБМЕНА

The generalized equations to calculate the differences of concentrations of volatile component from the parameters of vapor and liquid phases and for determination of mass exchange efficiency have been obtained. It is demonstrated that the efficiency can be found from two concentrations for one phase and at least one concentration for another phase.

В работах [1–5] выведены зависимости для расчета разности концентраций легколетучего компонента в жидкости:

для прямотока