

Уголь продолжает оставаться важнейшим и наиболее перспективным источником энергии на Земле: запасов нефти хватит лет на 40, газа - на 60 лет и более, а угля минимум на 270 лет. В настоящее время разрабатывается множество способов сжигания угля с повышенным КПД и с минимальным ущербом для окружающей среды. Перспективным направлением является получение так называемой "угольной нефти" из низкокалорийного природного твердого топлива - каменного угля. В данной статье рассматривается усовершенствование комплекса для получения из каменного угля полифракционных многокомпонентных углеводородных смесей по своим свойствам являющихся заменителями ископаемой нефти. Оно может быть использовано для целей получения моторных топлив: бензина, дизельного топлива, мазута, смол для органического синтеза - фенольных, пиридиновых, инден-кумароновых, а также в нефтехимии для производства этилена. Известен комплекс для получения угольной нефтеподобной смеси, содержащее бункер, дробилку, диспергатор, миксер, кавитатор [1]. Недостатки этого комплекса: 1. Отсутствует обогатительный флотатор, вследствие чего конечный продукт имеет много золы и низкую теплоту сгорания. 2. Отсутствие гидрогенизационного автоклава и разделительной колонны, вследствие чего не имеется возможности получения горючего синтез-газа, а конечный продукт не пригоден для дальнейшей переработки в моторные топлива и для использования в качестве сырья в нефтехимии. Указанные недостатки устранены некоторыми усовершенствованиями, которые направлены на решение задачи получения из ископаемого каменного угля полифракционных многокомпонентных углеводородных смесей по своим свойствам являющихся заменителями природной нефти. Поставленная задача решается путем применения обогатительного флотатора, в котором производится удаление пустой породы из угля, путем применения гидрогенизационного автоклава, в который подается водород в количестве 2,5...3,5 массовых % в зависимости от марки угля и производится насыщение угольных пиролизных газов водородом при температурах 600...800°C и при давлениях 5...8,5 МПа, в результате которого соотношение водород-углерод $H \div C$ в получаемом конечном продукте-нефти повышается до 1,2 с исходного 0,7 в угле. В гидрогенизационном автоклаве также идёт газификация части угля с получением горючего синтез-газа, который является смесью окиси углерода CO и водорода H_2 в соотношении $1 \div 2$ с теплотой сгорания 14...17 МДж/м³. Рис. 1 – Комплекс для получения угольной нефти: 1 - бункер, 2 - дробилка, 3 - обогатительный флотатор, 4 - центробежный смеситель, 5 - вода, 6 - термодиспергатор-активатор, 7 - миксер, 8 - технологические добавки поверхностно активных веществ, 9 - кавитатор, 10 - насос, 11 - водород, 12 - гидрогенизационный автоклав, 13 - полукокс, 14 - разделительная колонна, 15 - охладитель синтез-газа, 16 - охладитель угольной нефти, 17 - синтез-газ, 18 - жидкая угольная нефть. Назначение и

взаимодействие элементов следующее. Бункер 1 предназначен для загрузки угля (на рис. 1 уголь позицией не обозначен). Дробилка 2 служит измельчения и помола угля до размера 30 мкм, Обогажительный флотатор 3 служит для обогащения размолотого угля за счет удаления минеральных примесей, глинистых соединений и серы. Центробежный смеситель 4 служит для смешения размолотого мелкодисперсного угля с водой 5. Термодиспергатор-активатор 6 служит для повышения активной поверхности мелкодисперсных частиц угля путем увеличения количества дислокаций и дефектов в кристаллических решетках материала этих частиц и дополнительного ультратонкого измельчения. Активация достигается за счет резкого нагрева частиц от постороннего источника (на рис. 1 не показан) и кинетического соударения частиц. Миксер 5 предназначен для добавки поверхностно активных веществ 8 и их смешивания с первоначальной водноугольной суспензией, поступающей из термодиспергатора-активатора 6. Кавитатор 9 служит для частичного расщепления молекул части воды с получением гидроксильных групп и квантов энергии излучения путем воздействия кавитации на водноугольную суспензию, которое сопровождается кавитационным разрушением, гомогенизацией и диспергирование частиц твердой фазы. Возбужденные молекулы воды наряду с излучением и диссипацией избыточной энергии в теплоту, диссоциируют с последующим синтезом молекул H_2O_2 и O_3 и способствуют понижению pH водноугольной суспензии. Насос 10 служит для подачи водноугольной суспензии после кавитатора 9 под высоким давлением в гидрогенизационный автоклав 12, в который также подается под высоким давлением водород. Гидрогенизационный автоклав 12 служит для превращения в промежуточный продукт-газообразную фазу из смеси углеводородных компонентов угольной нефти всей органической массы угля и части его твердоуглеродной массы по реакции $C + H_2 \rightarrow (CH)_n$ при высокой температуре и давлении. По этой реакции связывается до 60% всей массы угля. Оставшийся твердый полукокс имеет более высокую теплоту сгорания, чем исходный уголь. Нагрев автоклава 12 осуществляется теплотой от постороннего источника. Разделительная колонна 14 служит для выделения из смеси газообразных продуктов гидрогенизации угля синтез газа и рецептуры компонентов, образующих минералогический состав природной нефти. Охладитель 15 синтез-газа 17 служит для охлаждения и очистки от примесей поступающей из разделительной колонны 14 смеси окиси углерода CO и водорода H_2 . Охладитель 16 угольной нефти 18 служит для охлаждения и очистки от примесей поступающей из разделительной колонны 14 смеси компонентов, образующих минералогический состав природной нефти. Комплекс работает следующим образом. Отсортированный уголь загружается в бункер 1, из которого шнековым питателем (на рис. 1 не показан) уголь подается в комплексную дробилку 2, в которой производится дробление, размалывание и подсушка угля. Из дробилки уголь в виде пульпы

пульпопроводом (на рис. не показан) транспортируется обогатительный флотатор 3. После обогащения и удаления пустой породы, в том числе серы, пульпа подается шнековым дозатором (на рис. 1 не показан) в центробежный смеситель 4, в который также подается вода 5. После смешивания частиц размолотого угля с водой получается однородная жидкотекучая масса, которая транспортируется насосом (на рис. 1 не показан) в термодиспергатор-активатор 6, в котором повышается реакционная способность угольной фазы за счет активации поверхности частиц и дополнительного ультратонкого измельчения. В миксере 7 происходит добавление поверхностно активных веществ 8 и их смешивание с жидкотекучей угольной массой до однородной консистенции. В качестве технологической добавки в миксере 7 также используется нефть. Из миксера 7 насосом (на рис. 1 не показан) активированная жидкотекучая угольная масса подается в кавитатор 9, где осуществляется деструкция несущей твердой угольной фазы в результате кавитационных явлений и вызванных им механических воздействий. Из кавитатора 9 насосом 10 деструктурированная водноугольная смесь подается под высоким давлением гидрогенизационный обогреваемый автоклав 12, в который также под давлением подается водород 11. В результате совместного действия высокой температуры 600...800°C и при давлениях 5...8,5 МПа происходит связывание активного углерода атомами водорода с образованием новых углеводородных компонентов. Происходит также связывание углерода атомарным кислородом с образованием окиси углерода CO. Несвязанный водородом сухой остаток – полукокс 13 удаляется из автоклава 12 при операции декоксования. Из автоклава 12 газообразные компоненты поступают под давлением в разделительную колонну 14, в которой происходит первичное охлаждение, очистка и разделение их на синтез-газ и на углеводородные компоненты, соответствующие рецептуре природной нефти. Принцип работы и конструкция разделительной колонны аналогичен широко применяемым в нефтехимии ректификационным колоннам. Из разделительной колонны 14 синтез-газ и смесь нефтеобразующих углеводородных компонентов отдельными потоками с помощью нагнетателей (на рис. 1 не показаны) подаются для охлаждения с помощью оборотной воды в охладитель 15 синтез-газа 17 и в охладитель 16 газов угольной нефти 18. Конструктивно охладители 15 и 16 представляют собой широко известные газоводяные змеевиковые теплообменники. В охладителях также осуществляется глубокая очистка синтез-газа и газов угольной нефти. Сконденсированная часть углеводородных компонентов представляет собой непосредственно угольную нефть. После охлаждения синтез-газ и угольную нефть нагнетателями закачивают в емкости промежуточного хранения (на рис. 1 не показаны).