

Подоплелов Евгений Викторович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: uch_sovet@angtu.ru

Дементьев Анатолий Иванович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: anatdementev@mail.ru

Портнова Наталья Петровна,

магистрант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: portnova555@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ФАКЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ

Podoplelov E.V., Dement'ev A.I., Portnova N.P.

THE DESIGN OF A VERTICAL-TORCH FURNACES FOR CARBONIZATION UNIT

Аннотация. В работе предлагается проект замены шатровой печи установки замедленного коксования на вертикально-факельную печь, имеющую более высокие технико-экономические показатели и меньший расход топлива.

Ключевые слова: нефтяной кокс, установка замедленного коксования, вертикально-факельная печь, теплонапряженность поверхности нагрева.

Abstract. In the work, the project is the replacement of a hip furnace of a delayed coking unit for vertically-torch furnace with higher technical and economic performance and lower fuel consumption.

Keywords: petroleum coke, delayed coking unit, vertical-flare furnace, heat stress of the heating surface.

Спрос на нефтяной кокс в России превышает производство. Значительная часть спроса алюминиевой и практически полностью электродной промышленности России покрывается за счет импорта сырых и прокаленных нефтяных коксов. Общий объем импорта для обеспечения потребностей этих отраслей промышленности в 2017 г. превысил 650 тысяч тонн. Поставка нефтяных коксов осуществляется в основном из Китая (до 65 % от всей поставки), Японии и Казахстана. Учитывая дефицит нефтяного кокса в России и технологические преимущества использования процессов коксования на нефтеперерабатывающих заводах, актуальной задачей является внедрение в производство новых мощностей и повышение эффективности работающих установок.

На АО «АНХК» выпуск нефтяного кокса, а также тяжелого и легкого газойля производится на установке замедленного коксования 21-10/3М. Данная установка потребляет большое количество различной энергии, одним из видов которой является природный газ, используемый для подогрева первичного сырья – гудрона – до температуры коксования 500-560 °С. Для подогрева гудрона используется трубчатая печь шатрового типа, которая, несмотря на простоту в эксплуатации, обладает низкими технико-экономическими показателями. Коэффициент полезного действия такой печи не превышает 50-60 %, так как поч-

ти нигде не используется тепло дымовых газов. Трубчатые печи шатрового типа в настоящее время не сооружаются, поскольку имеют низкий коэффициент полезного действия, большой расход топлива и высокую металлоемкость. Поэтому с целью повышения технико-экономических показателей, в том числе экономии энергоресурсов на установке 21-10/3М нефтеперерабатывающего производства, предлагается замена трубчатой печи шатрового типа на новую вертикально-факельную печь, превосходящую по всем показателям шатровую. Также стоит отметить, что на предприятии уже работают печи данной конструкции, которые показывают высокую эффективность в работе по сравнению с шатровыми печами.

Процесс получения кокса на установке 21-10/3М организован следующим образом (рисунок 1). Первичное сырье (гудрон) при температуре 120 °С поступает

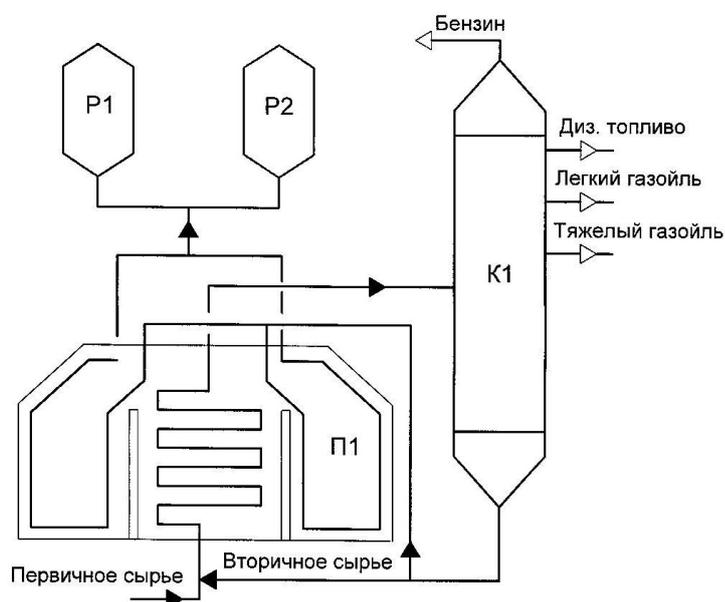


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки замедленного коксования

(рисунок 2) использовались следующие исходные данные: коэффициент избытка воздуха 1,06, состав топлива по объёму: CH_4 – 80 %, C_2H_6 – 10 %, C_3H_8 – 8 %, C_4H_{10} – 2 %.

Для определения коэффициента полезного действия составлялось уравнение теплового баланса, которое в соответствии с законом сохранения энергии можно записать следующим образом:

$$Q = Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}},$$

где $Q_{\text{прих}}$, $Q_{\text{расх}}$ – соответственно, статьи прихода и расхода тепла, кДж/кг .

Статьи расхода тепла:

$$Q_{\text{расх}} = q_{\text{пол}} + q_{\text{ух}} + q_{\text{п}},$$

ет в конвекционную часть печи (П1) и нагревается до температуры 250 °С, после чего поступает в ректификационную колонну (К1), где происходит разделение углеводородов. Кубовый остаток на выходе из колонны контактирует с отходящими из реакторов шлемовыми газами, в результате чего вторичный поток поступает в печь (П1) при температуре 360 °С, где происходит его дальнейший нагрев до 500 °С. Следующим этапом сырье поступает в камеры коксования (Р1 и Р2), где происходит образование нефтяного кокса. Для расчета печи

где $q_{пол}$, $q_{ух}$, $q_{п}$ – соответственно, тепло полезно воспринятое в печи сырьем, теряемое с уходящими из печи дымовыми газами, теряемое в окружающую среду, $кДж/кг$.

Статьи прихода тепла:

$$Q_{прих} = Q_p^H + G_T \cdot c_T \cdot t_T + \alpha \cdot L_0 \cdot c_B \cdot t_B + W_{ф.п.} \cdot c_{ф.п.} \cdot t_{ф.п.},$$

где Q_p^H – низшая теплотворная способность топлива, $кДж/кг$; G_T – расход топлива, $кг/с$; c_T , c_B , $c_{ф.п.}$ – соответственно, теплоемкости топлива, воздуха, форсуночного водяного пара, $кДж/кг$; t_T , t_B , $t_{ф.п.}$ – соответственно, температуры топлива, воздуха, форсуночного водяного пара, $^{\circ}C$; α – коэффициент избытка воздуха; L_0 – теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 $кг$ топлива, $кг/кг$; $W_{ф.п.}$ – расход форсуночного водяного пара, $кг/с$.

Явное тепло топлива, воздуха и водяного пара обычно невелико и им часто в технологических расчетах пренебрегают, поэтому уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде:

$$Q = q_{пол} + q_{ух} + q_{п} = Q_p^H$$

или

$$q_{пол} = Q_p^H - q_{ух} - q_{п},$$

откуда определяется коэффициент полезного действия трубчатой печи:

$$\eta = \frac{q_{пол}}{Q_p^H} = 1 - \frac{q_{ух}}{Q_p^H} - \frac{q_{п}}{Q_p^H},$$

где $\frac{q_{ух}}{Q_p^H}$, $\frac{q_{п}}{Q_p^H}$ – соответственно, потери тепла с уходящими дымовыми газами и потери тепла в окружающую среду в долях от низшей теплотворной способности топлива.

По результатам расчетов коэффициент полезного действия составил $\eta=0,77$. Полученный коэффициент полезного действия удовлетворяет пределу значений (от 0,65 до 0,85) для вертикально-факельных печей.

Определение полной тепловой нагрузки печи осуществлялось по формуле:

$$Q_T = \frac{Q_{пол}}{\eta},$$

где $Q_{пол}$ – полезная тепловая нагрузка, $кДж/ч$.

По результатам расчетов полная тепловая нагрузка трубчатой печи составила 91169481,8 $кДж/ч$.

Выбор типоразмера трубчатой печи осуществлялся по каталогу [1] в зависимости от ее теплопроизводительности, назначения и вида топлива. Так как в предлагаемом проекте топливо газообразное, то выбирается печь типа ГС1 525/12 или вертикально-факельная (узкокамерная, трубчатая с верхним от-

водом дымовых газов, горизонтальными настенными экранами, свободного вертикально-факельного сжигания комбинированного топлива) (рисунок 2).

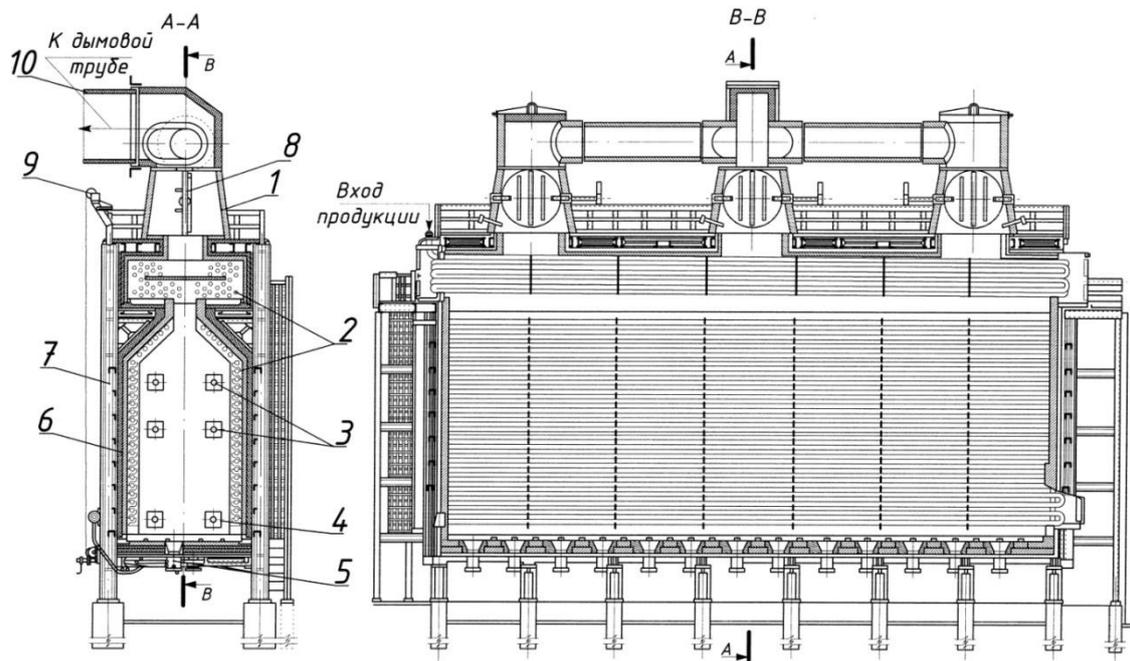


Рисунок 2 – Вертикально-факельная печь: 1 – боров; 2 – трубный змеевик; 3 – верхние смотровые окна; 4 – нижние смотровые окна; 5 – турбулизатор; 6 – футеровка; 7 – теплоизоляция; 8 – шибер; 9 – механизм подъема шиберов; 10 – дымоход.

Для трубчатой печи типа ГС1 по каталогу выбирается горелка типа ФГМ, предназначенная для одновременного или раздельного сжигания жидкого или газообразного топлива постоянного состава, не содержащего конденсата, механических примесей и сернистых соединений. Количество горелок для печи рассчитывалось по формуле:

$$n = \frac{Q_{пол}}{Q}$$

По результатам расчетов количество горелок в трубчатой печи (рисунок 2) составило 24 шт.

Замена шатровой печи на вертикально-факельную позволит увеличить КПД и добиться роста основных технико-экономических показателей за счёт снижения затрат на топливо и увеличения производственной мощности установки по выпуску нефтяного кокса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т.2. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 1028 с.