

Кулешов Олег Юрьевич

д-р техн. наук, доцент, профессор

Муслимов Евгений Ильдусович

аспирант

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет им. Гагарина Ю.А.»
г. Саратов, Саратовская область

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ГОРЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА В ТРУБЧАТЫХ ПЕЧАХ С НАСТИЛЬНЫМИ ФАКЕЛАМИ

Аннотация: авторами проведено расчетное исследование влияния характеристик настильных факелов (длины и светимости) и на критерии эффективности результирующего теплообмена в трубчатых печах – величину полезного тепловосприятия и равномерность обогрева трубных экранов.

Ключевые слова: трубчатые печи, настильные факелы, горение, теплообмен, моделирование, эффективность.

Современные трубчатые печи нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности имеют вертикальную компоновку и отличаются высокой узкой рабочей (радиационной) камерой и большой теплонапряженностью экранной поверхности теплообмена. Наиболее эффективной является конструктивная схема с центральным двухсветным трубным экраном, поскольку она обеспечивает более равномерное теплонапряжение поверхности труб по периметру и соответственно лучшие эксплуатационные характеристики. Возможным вариантом отопления таких печей (во многих случаях наиболее предпочтительным) могут быть длиннофакельные настильные подовые горелки, расположенные по обе стороны экрана у боковых излучающих стен рабочей камеры печи.

При этом возникает вопрос определения оптимальной длины факелов (с учетом вида топлива) исходя из противоположно изменяющихся с ростом длины факела критериев эффективности: 1) равномерности обогрева экранной поверхности по высоте печи и 2) величины тепловосприятия экрана.

На базе зонального метода расчета сложного теплообмена в печах [1] и полумпирических моделей газового и мазутного факелов проведено численное исследование влияния длины и светимости настильных факелов на характеристики результирующего теплообмена в узкокамерной трубчатой печи типа ЗД2. Рассмотрено факельное сжигание следующих видов топлива: природного газа в несветящемся факеле, мазута и нефтезаводского газа (с содержанием пропана 7–10% и бутана 25–30%) в светящихся факелах. Во всех расчетных случаях мощность печи по введенному теплу оставалась постоянной и равной $B_T Q_H^p = 25$ МВт.

На рис. 1 и 2 приведены обобщенные расчетные данные по интегральному тепловосприятию и коэффициенту неравномерности результирующих тепловых потоков по высоте экрана в зависимости от вида топлива и длины настильных факелов в рассматриваемом типе печей.

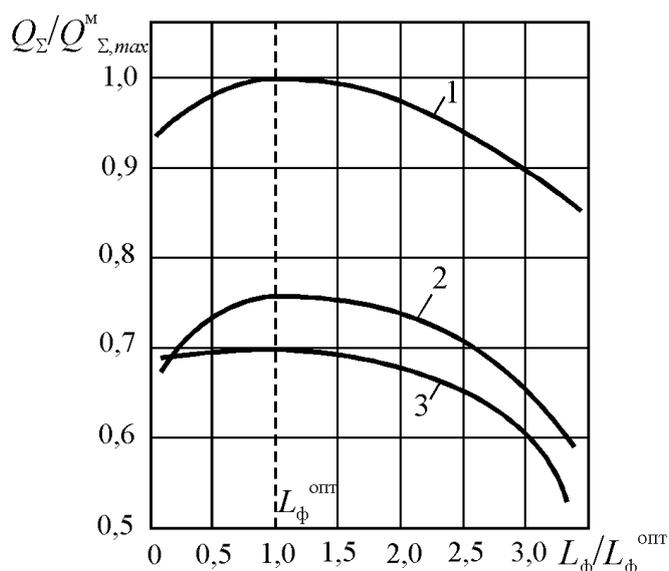


Рис. 1. Зависимость безразмерного интегрального тепловосприятия экрана от безразмерной длины факела:
1 – мазутный факел; 2 – светящийся
и 3 – несветящийся газовый факел

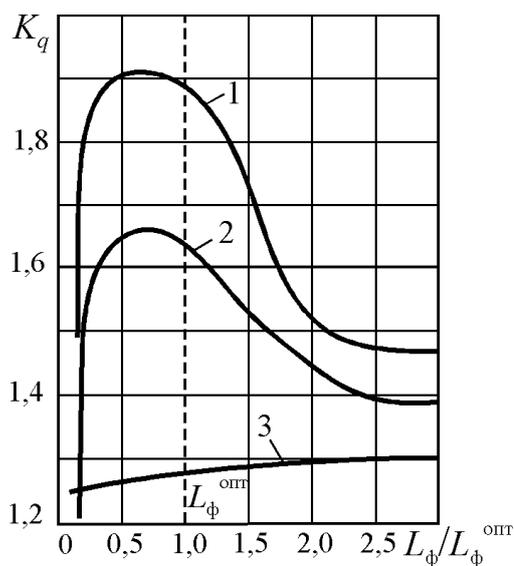


Рис. 2. Зависимость коэффициента неравномерности результирующих тепловых потоков от безразмерной длины факела. Обозначения как на рис. 1

Длину факелов, соответствующую максимальному интегральному тепловосприятию $Q_{\Sigma,max}$, можно считать оптимальной по данному параметру L_{ϕ}^{opt} , а безразмерную длину факела определить как $L_{\phi} / L_{\phi}^{opt}$. Безразмерное интегральное тепловосприятие тогда можно задать в виде $Q_{\Sigma} / Q_{\Sigma,max}$.

Зависимости интегрального тепловосприятия трубной экранной поверхности от длины мазутного и газовых факелов (рис. 1) имеют максимумы, расположенные в области относительно небольшой длины факела. При равных длинах газовых и мазутного факелов наименьшая теплоотдача и менее выраженный максимум получаются для несветящегося факела природного газа. Наибольшая интенсивность результирующего теплообмена в случае сжигания мазута в светящемся факеле объясняется значительным увеличением радиации факела за счет большей его температуры и степени черноты.

При одинаковой длине газовых и мазутного факелов наибольшая равномерность локального теплоподвода по высоте экранной поверхности наблюдается для несветящегося факела природного газа, а наименьшая – для мазутного факела (рис. 2). С ростом длины светящихся факелов коэффициент неравномерности теплоподвода $K_q = q_{max}/q_{cp}$, увеличивается, проходит через максимум, лежащий вблизи наибольших интегральных тепловосприятий, а затем монотонно уменьшается.

Таким образом, критерии эффективности теплообмена в топке трубчатых печей испытывают противоположное изменение при изменении характеристик факелов – наибольшей величине интегрального тепловосприятия экрана соответствует наименьшая равномерность локального теплоподвода, что наиболее выражено для светящихся факелов нефтезаводского газа и мазута. Однако вблизи максимума интегрального тепловосприятия экрана изменяется незначительно в довольно большом диапазоне длин факелов. Благодаря этому, изменяя длину факелов вблизи максимума интегрального тепловосприятия, можно формировать такие поля температур в печи, которые обеспечивают требуемую равномерность результирующих тепловых потоков к экрану.

Список литературы

1. Кулешов О.Ю. Зональная математическая модель и методика расчета сопряженного теплообмена в радиантной секции трубчатых печей / О.Ю. Кулешов,

В.М. Седелкин // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – №1 (52). – Выпуск 1. – С. 181–187.