

## ПЕРЕСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ ХОЛОДНЫХ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАТУРНОГО РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

© 2019 С. А. Сазонова, В. Я. Манохин, Я. С. Кононенко, С. Н. Ермакова

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж, Россия)*

*Рассмотрены проблемы организации высокоэффективных процессов смесеобразования и горения. Оценка качества смесеобразования проводится на основе гидродинамической модели процесса горения. Выполнен выбор метода моделирования процесса смесеобразования. Приведена методика пересчета результатов холодных модельных испытаний на характеристики натурального рабочего процесса на асфальтобетонных заводах.*

*Ключевые слова: истечение струй, газоздушные топки, компоненты топлива, технологические процессы, экологическая безопасность, безопасность труда.*

В предположении об определяющей роли гидродинамических факторов над кинематическими в совокупном процессе горения, будем исследовать возможность определения параметров смесеобразования методами гидроанalogии и газодинамического подобию газовых струй и струй воздуха.

Представляется нецелесообразным использование модели затопленной осесимметричной струи в связи со значительным расхождением результатов расчетов с экспериментальными данными в зоне гидродинамической неустойчивости в условиях преобладающего действия объемной конвекции над градиентной диффузией, но использование модели Абрамовича Г. Н. все же целесообразно для сечений топок основного участка.

На начальном участке диффузионная модель имеет более высокую сходимость с результатами эксперимента. Можно предположить, что при оценке коэффициента тепловыделения топок по коэффициенту перемешивания  $\varphi_{\beta x}^*$  она будет более точной, т. к., учитывая дополнительную турбулентность, генерированную в факеле, зависимость  $\varphi_{\beta x}^* = f(H)$  расположится. В этом убеждают результаты огневых модельных испытаний, проведенные на оптической установке с использованием интерферометра «Маха-Цандера» и стенде для огневых испытаний.

Как показывают результаты испытаний, фронт факела в поперечном сечении больше на 10-15 % фронта струй. При испытании использовалась модельная форсунка с  $d_c=0,6$  мм, в качестве горючего использовался пропан. Фронт светимости факела примерно соответствовал фронту изотермической струи при «холодных» испытаниях.

Экспериментальные данные согласуются с аналогичными результатами Н.А.Замятиной и И. Б. Палатника для форсунок  $d_c=3,18-6,36$  мм при таком же параметре спутности  $m=0$ . Полученные данные позволяют предположить, что дисперсии и средние радиусы факела превышают соответствующие характеристики струи за счет «автотурбулизации в пламени» и дают возможность прогнозировать эффективность процессов тепловыделения по результатам продувок [1]. Это подтверждают огневые эксперименты модельных топок.

Полученные результаты показывают, что как в «холодном» эксперименте (при продувках), так и в огневом показатели тепловыделения выше у смесительных головок с «шахматным» расположением форсунок.

Полученные сведения позволяют рекомендовать диффузионную модель статистической теории турбулентной диффузии для определения коэффициентов тепловыделения топок асфальтобетонных заводов, определять  $\varphi_{\beta x}^*$  по результатам пересчета холодных модельных испытаний [1].

Пересчет результатов холодных модельных испытаний на характеристики натурального рабочего процесса производился при допущении, что поле концентраций, скоростей и плотностей потока импульса совпадают в холодном и огневом экспериментах. Отклонения текущих значений этих величин от сред-

Сазонова Светлана Анатольевна – Воронежский государственный технический университет, к. т. н., доцент, Sazonovappb@vgasu.vrn.ru.

Манохин Вячеслав Яковлевич – Воронежский государственный технический университет, профессор кафедры техносферной и пожарной, д. т. н., профессор.

Кононенко Яна Александровна – Воронежский государственный технический университет, студент.

Ермакова Снежанна Николаевна Воронежский государственный технический университет, студент.

них по расходу для течений в модели и натуре одинаковы.

В случае исследования перемешивания разнотемпературных потоков определение концентраций в различных точках топки производилось по следующей зависимости:

$$v_{Mi} = \frac{T_{ГМ} - T_{Mi}}{T_{Mi} - T_{ОМ}}, \quad (1)$$

где:  $T_{ГМ}$  и  $T_{ОМ}$  – температура потока газов, моделирующих горючее, и окислитель соответственно;  $T_{Mi}$  – температура, измеренная в  $i$ -ой точке топки при модельных продувках.

При моделировании процесса перемешивания компонентов топлива разнородными газами (азотом и воздухом) определение концентраций производится по содержанию кислорода в смеси по следующей формуле:

$$v_{Mi} = \frac{K_{Mi} - K_{MG}}{K_{MO} - K_{Mi}}, \quad (2)$$

где:  $K_{Mi}$ ,  $K_{MG}$ ,  $K_{MO}$  – концентрация кислорода в  $i$ -ой точке, азота и воздуха соответственно.

Пересчет соотношения компонентов топлива осуществлялся при этом по зависимости:

$$v_i = v_{Mi} \frac{v_H}{v_M}, \quad (3)$$

где  $v_H$  – среднее (камерное) весовое соотношение компонентов: окислителя и горючего при натуральных испытаниях;  $v_M$  – среднее (камерное) весовое соотношение компонентов: окислителя и горючего при модельных испытаниях.

Аналогично пересчитывается скорость  $W_i$

$$W_i = \frac{W_{cp}}{W_{cpM}} \cdot W_{Mi}, \quad (4)$$

где  $W_{Mi}$  – скорость модельной смеси в  $i$ -ой точке объема топки;  $W_{cp}$  – средняя скорость смешения при натуральных испытаниях;  $W_{cpM}$  – средняя скорость смешения при модельных испытаниях.

Определяется по величине скоростного напора, измеряемого в процессе эксперимента, удельный вес смеси в  $i$ -ой точке рассчитывается по следующей формуле:

$$\gamma_i = \frac{\gamma_{ГГ} + \gamma_0 G_0}{G_{\Sigma}}, \quad (5)$$

где  $\gamma_0$ ,  $\gamma_{Г}$  – удельные веса окислителя и горючего.

Определение расходов в  $i$ -х точках производилось по уравнению неразрывности в виде

$$G_i = W_i \cdot F_i \cdot \gamma_i.$$

Коэффициент полноты удельного импульса давления в топке определялся по зависимости вида (коэффициент перемешивания  $\Phi_{\beta x}$  при  $\Phi_{гор} = 1$  определяется в соответствии с уравнением (6))

$$\Phi_{\beta x} = \frac{\sum \beta_{Ti} \cdot G_i}{\beta_T \sum G_i}, \quad (6)$$

где  $\beta_{Ti}$  – удельный импульс давления, определенный по весовому соотношению компонентов в  $i$ -ой точке  $v_i$ ;  $\beta_T$  – удельный импульс давления, определенный по весовому соотношению компонентов топки  $v_H$ .

Коэффициент перемешивания определялся в соответствии с уравнением

$$\Phi_{перх} = \frac{\Phi_{рх} - \Phi_{\beta H}}{1 - \Phi_{\beta H}}, \quad (7)$$

где  $\Phi_{\beta H}$  – коэффициент полноты удельного импульса давления в начале топки. Для схем без предварительной газификации компонентов и их подогрева  $\Phi_{\beta H} = 0$ .

По аналогичной методике производился пересчет результатов модельных испытаний в работе [1]. При этом получена удовлетворительная сходимость параметров огневых испытаний и параметров, полученных при «холодных» продувках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Манохин, В. Я. Научно-практические и методологические основы экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах / В. Я. Манохин // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 2004.

## TRANSFORMATION OF COLD MODEL TEST RESULTS ON THE CHARACTERISTICS OF THE NATURAL WORKING PROCESS

© 2019 S. A. Sazonova, V. Ya. Manohin, Ya. S. Kononenko, S. N. Ermakova

Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)

*The problems of the organization of highly efficient processes of mixing and burning are considered. Evaluation of the quality of mixing is carried out on the basis of the hydrodynamic model of the combustion process. The choice of the method of modeling the process of mixing has been made. The methodology for recalculating the results of cold model tests on the characteristics of a full-scale working process at asphalt concrete plants is presented.*

*Keywords: jet outflow, air-gas fireboxes, fuel components, technological processes, environmental safety, labor safety.*