

Однако, решение Н. С. Вабищевича, по нашему мнению, можно упростить, если воспользоваться применяемым нами одноплоскостным методом изображения пространственных объектов [3]. Указанный метод изображения, названный способом проекций (картин) с точками наклона, является развитием известных одноплоскостных способов изображения Майора, Мизеса, Прагера, Е. Федорова, Я. Шора и других.

Главным его преимуществом по сравнению с основным методом начертательной геометрии (методом Монжа), в применении к задачам векторной геометрии, является оперирование с одной проекцией вектора.

Особенно заметным это преимущество выступает при сложении пространственной системы параллельных сил, так как вспомогательные операции на чертеже наклонов в этом случае вообще отсутствуют.

## ВЫВОДЫ

1. Для решения задачи об определении центра тяжести неоднородных тел произвольной формы, сводящейся к определению центра параллельных пространственных сил, вполне применим графический метод решения.

2. Наибольший эффект (простота операций, экономия линий чертежа) при выполнении графических операций достигается на основе одноплоскостного метода проекций (картин) с точками наклона.

3. Указанный способ изображения позволяет применить метод последовательного сложения для пространственных параллельных сил точно также как и для плоских, что упрощает его освоение.

## Литература

1. Вабищевич Н. С. Графический метод приведения к простейшему виду пространственной системы сил. Ленинград, ЛИСИ, 1957.
2. Пешль Т. Техническая механика для инженеров и физиков. Русский перевод, 1934.
3. Савенок Е. А. Приведение произвольной системы скользящих векторов к простейшему виду графическим методом. Труды Хабаровского института инженеров ж. д. транспорта. Выпуск 16, 1964.

---

С. Е. САВИЦКИЙ, Я. В. ШКЛЯР, С. Г. КОВЧУР, З. Е. КОВЧУР

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАМЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Передача тепла в пламенном пространстве стекловаренных печей соответствует сложному радиационно-конвективно-кондуктивному переносу теплоты. В связи с этим открываются

определенные возможности в части интенсификации теплообмена в этих установках с целью повышения производительности действующего и вновь проектируемого оборудования. Поэтому весьма перспективной и актуальной является задача моделирования внешнего теплообмена в стекловаренных печах, а также детального исследования этих процессов на огневых моделях.

Подробное рассмотрение задачи на основе теории подобия, с привлечением математического описания процессов, показало, что практически невозможно, в силу исключительной сложности и взаимной зависимости рассматриваемых явлений, реализовать все получаемые условия моделирования. Поэтому для данного случая был принят путь приближенного моделирования, когда в модели реализуются только наиболее существенные для процесса явления.

Аналитическое описание процесса сложного теплообмена может быть проведено на базе уравнения переноса теплоты в потоке движущихся и излучающих продуктов сгорания топлива:

$$div \vec{q}_{\text{конв}} + div \vec{q}_{\text{рад+турб}} = 0 \quad (1)$$

и соответствующих краевых условий.

Здесь:

$\vec{q}_{\text{конв}} = \vec{w}_g \rho c_p T$  — вектор конвективного переноса энтальпии дымовых газов;

$w_g, \rho, c_p$  и  $T$  — соответственно скорость, плотность, теплоемкость и температура дымовых газов;

$\vec{q}_{\text{рад+турб}} = -\lambda_{\text{р+т}} \text{grad} T$  — вектор радиационно-турбулентного переноса теплоты в потоке дымовых газов;

$\lambda_{\text{р+т}}$  — обобщенный коэффициент радиационной и турбулентной теплопроводности.

Обработка исходного уравнения и краевых условий позволила сформулировать ряд условий приближенного моделирования сложного теплообмена в стекловаренных печах.

На основании проведенных исследований получено критериальное уравнение, описывающее внешний радиационно-конвективный теплообмен в пламенном пространстве стекловаренных печей:

$$St = f(Bo; \frac{q_{\text{конв}}}{\sigma_0 T_1^3}; \frac{q_{\text{кл}}}{\sigma_0 T_1^4}) \quad (2)$$

Здесь:

$St$  — критерий Стентона (критерий сложного теплообмена);

$Bo$  — критерий Больцмана (критерий радиационного обмена);

$\frac{\alpha_{\text{конв}}}{\sigma_0 T_1^3}$  — критерий конвективного теплообмена;

$\frac{q_{\text{кл}}}{\sigma_0 T_1^4}$  — критерий, учитывающий потери тепла установкой в окружающую среду

Учитывая, что для широкого диапазона изменения нагрузки печного объема критерий Стентона практически не изменяется и в каждом конкретном случае зависит только от температурного уровня процесса, можно записать:

$$\alpha_{\text{сл}} = w_r \cdot \rho \cdot c_p \cdot f\left(Bo; \frac{\alpha_{\text{конв}}}{\sigma_0 T_1^3}; \frac{q_{\text{кл}}}{\sigma_0 T_1^4}\right) = w_r \cdot \rho \cdot c_p \cdot St \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет, на основании опытных данных, рассчитать суммарный тепловой поток, воспринимаемый поверхностью шихты и стекломассы, а также выявить зависимость коэффициента сложного теплообмена  $\alpha_{\text{сл}}$  от условий радиационного и конвективного переносов теплоты и от общей гидродинамической обстановки процесса.

---

В. И. БЕЛЯЕВ, В. Н. КОВАЛЕВСКИЙ, П. И. СКОКОВ

### К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПОДТВЕРЖДЕНИИ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ДИСПЕРСИЕЙ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ И СКОРОСТЬЮ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Для объяснения экспериментального факта повышения прочностных характеристик при увеличении скорости деформирования, а также для объяснения масштабного эффекта авторами [1, 2] была предложена гипотеза о зависимости между дисперсией микронапряжений и скоростью деформации в следующем виде:

$$D\sigma = A e^{-\gamma v} = \alpha^2.$$

Здесь  $\alpha^2$  — дисперсия напряжений;

$v$  — скорость деформирования;

$A, \gamma$  — постоянные коэффициенты.