

Механико-математическое моделирование переходных процессов гидрогазодинамики

И. Н. Карпович, М. А. Николайчик (Минск, Беларусь)

В процессе производства фосфорной кислоты важную роль играет система охлаждения, где используется фазовый переход для понижения ее температуры. Исходная смесь, состоящая из воды и фосфорной кислоты, подается в специальную емкость, где за счет пониженного давления, создаваемого присоединенным к емкости газоходом, происходит кипение смеси. В ходе парообразования возникает явление брызгоуноса, когда капли жидкости с потоком пара попадают в элементы конструкций производственного процесса и это приводит к забиванию газохода и другим нарушениям производственного процесса.

При оценке интенсивности брызгоуноса и разработке мер по его снижению применяется совмещенный алгоритм CFD-DPM (Computational fluid dynamics — discrete phase model) моделирования [1, 2]. Предложенный алгоритм моделирования позволяет как описывать поведение смеси (в жидкой и газообразной фазах), так и производить оценку брызгоуноса путем отслеживания динамики введенных дискретных частиц.

Чтобы описать поведение жидкостной и газовой фазы, используются классические уравнения Навье-Стокса. Для отслеживания поверхностей между фазами разрешающими уравнениями предложенного подхода являются [1]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_v \rho_v) + \nabla(\alpha_v \rho_v \vec{V}_v) = \dot{m}_{l,v} - \dot{m}_{v,l} \quad (1)$$

$$\dot{m}_{lv} = coeff * \alpha_v \rho_v \frac{T_l - T_{sat}}{T_{sat}} \quad (2)$$

где нижний индекс v указывает на смесь, находящуюся в парообразном состоянии; α_v — объемная доля пара; ρ_v — плотность пара; V_v — скорость паровой фазы; $\dot{m}_{l,v}, \dot{m}_{v,l}$ — скорости массопереноса за счет испарения и конденсации соответственно; $coeff$ — коэффициент интенсивности массообмена; α_v и ρ_v — объемная доля и плотность фазы соответственно.

Выполнены расчеты с использованием совмещенного алгоритма CFD-DPM. Результаты моделирования дают количественную оценку брызгоуноса и его зависимость от режимов работы производственного узла.

Литература

1. Sun, Dongliang; Xu, Jinliang; Chen, Qicheng (2014). Modeling of the Evaporation and Condensation Phase-Change Problems with FLUENT. *Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals*, 66(4), 326–342. doi:10.1080/10407790.2014.915681
2. Tan, Z., Li, X., Chen, J., Cheng, K., Huai, X. (2023). CFD-VOF-DPM numerical simulation of enhanced boiling heat transfer characteristics of microencapsulated phase change material slurry. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 1–14. doi.org/10.1080/10407782.2023.2230352