

Functionalized Graphene Nanocomposites and Their Derivatives: Synthesis, Processing and Applications. Micro and Nano Technologies. Mohammad Jawaid, Rachid Bouhfid and Abou el Kacem Qaiss (Eds.). Bentham Publisher (imprint of Elsevier). 2019. Pp. 157-176. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814548-7.00008-8>

16. Kolosov A.E., Kolosova E.P. Modification of Oligomers and Reinforced Polymeric Composites by Carbon Nanotubes and Ultrasonic. Environmental Nanotechnology. – Ser.: Environmental Chemistry for a Sustainable World. - Eds. Raghvendra Mishra, Shivendu Ranjan, Nandita Dasgupta, Ravindra V. Singh, and Eric Lichtfouse. - Springer. - 2019. - Volume 3.

17. Колосова О.П. Роль симетрії в формуванні об'єктів та процесів / О.П.Колосова, В.В. Ванін // Збірник наукових праць Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького «Сучасні проблеми моделювання». – 2018. – Вип. 1. – С. 88–94.

УДК 532.516

Весков Е.В., начальник группы ГП «КБ «Южное»

ГП «КБ «Южное», г.Днепропетровск, Украина

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА В ПРИСУТСТВИИ НЕКОНДЕНСИРУЮЩЕГОСЯ ГАЗА В КОРОТКОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЕ

Испарение и конденсация играют очень важную роль в промышленных процессах, таких как отвод тепла от энергетических установок и микросхем. Проведено большое количество экспериментов с целью объяснения явлений испарения и конденсации. Тем не менее, исследование этих явлений экспериментальными методами затруднительно. Поэтому необходимо проводить численное моделирование в дополнение к экспериментам. Численное моделирование может способствовать лучшему пониманию сложного процесса испарения и конденсации. Целью работы являлось определение скорости образования конденсата в теплообменнике с горизонтальной трубой, расположенной в прямоугольном канале. Для моделирования двухфазного течения и теплообмена внутри теплообменника применялась модель расчета конденсации пара с учетом теплообмена с жидкостью, реализованная в ANSYS FLUENT с помощью функций пользователя.

Ключевые слова: теплообменник, condenser, vapor condensation, heat transfer, ANSYS Fluent.

Конденсация пара в присутствии неконденсирующегося газа привлекает интерес многих исследователей [1], [2], [3]. Механизм переноса в гидродинамической системе чрезвычайно сложен, так как массовый и тепловой потоки газовой фазы зависят от теплообмена с жидкой фазой. Теоретические [1] и экспериментальные [2] исследования данной задачи рассматривают конденсацию на вертикальной плоской пластине или систему пар-воздух без учета теплообмена с жидкостью.

Рассматривается модель расчета конденсации пара с учетом теплообмена с жидкостью, которая реализована в ANSYS FLUENT с помощью функций пользователя [1]. Валидация модели проведена в [1] и [2] для задачи конденсации пара на вертикальной стенке и в пароконденсаторах цилиндрической формы [2]. В данной работе модель применяется к расчету конденсации пара в теплообменнике с горизонтальной трубой, расположенной в прямоугольном канале [3].

Уравнение сохранения для i -го компонента смеси:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} Y_i) = -\nabla \cdot \vec{J}_i + R_i + S_i, \quad (1)$$

где t - время, с; \vec{v} - скорость смеси, м/с; ρ - плотность смеси, кг/м³; Y_i - массовая доля i -го компонента смеси; R_i - скорость прироста массы i -го компонента смеси; S_i - источниковый член для i -го компонента смеси; \vec{J}_i - диффузионный поток i -го компонента смеси.

Уравнение движения смеси:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot [\mu(\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T)] + \rho \vec{g}, \quad (2)$$

где p - давление, Па; \vec{g} - ускорение свободного падения, м/с²; ρ - плотность смеси, кг/м³; μ - динамическая вязкость смеси, Па·с.

Уравнение энергии запишем в следующем виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot (\vec{v}h) = \nabla \cdot [\lambda(\nabla T)] + S_h, \quad (3)$$

где h - энтальпия смеси, Дж/кг; λ - коэффициент теплопроводности смеси, Вт/м·К; C_p - удельная теплоемкость, Дж/кг·К.

Свойства смеси (плотность, динамическая вязкость и т.д.) определяются по формуле:

$$\alpha = \sum_i Y_i \alpha_i, \quad (4)$$

где α_i - i -го компонента смеси.

Полагаем, что поток массы при конденсации пара зависит от диффузии пара из потока паровоздушной смеси к поверхности конденсации:

$$\dot{m}_{cond} = \rho D \frac{1}{1 - Y_v} \frac{\partial Y_v}{\partial x} \quad (5)$$

где D - коэффициент диффузии, м²/с.

Массовая доля пара определяется по формуле:

$$Y_v = \frac{\omega}{1 + \omega}, \quad (6)$$

где ω - удельная влажность, которую можно найти из выражения:

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \quad (7)$$

где $P_v = P_v(T)$ - давление насыщенного пара, как функция температуры.

Тепловой поток от газовой смеси к пленке конденсата запишется в виде:

$$q'' = \dot{m}_{cond} h_{fg} + \lambda \frac{dT}{dx} \quad (8)$$

где h_{fg} - скрытая теплота, Вт.

Список литературы:

1. *Saraireh M.* Heat transfer and condensation of water vapour from humid air in compact heat exchangers: PhD Thesis 2012 [Электронный ресурс] / M. Saraireh. – Victoria University, Melbourne, Australia. – Режим доступа: http://vuir.vu.edu.au/21316/1/Mohammad_Saraireh.pdf
2. *Puneta M., Khandekar S.* A CFD based modeling approach for predicting steam condensation in the presence of non-condensable gases [Текст] / M. Puneta, S. Khandekar. – Nuclear Engineering and Design, Vol. 324. – 2017. – 280-296 p.
3. *Mamyoda, T., Asano, K.* (1994). Experimental study of condensation of vapors in the presence of noncondensable gas on a short horizontal tube. / G. M. Evans. – JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING OF JAPAN, 27(4), 485–491p

УДК 532.528.1

Коноваленко В.О.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КАВІТАЦІЇ В ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМАХ

Робота присвячена розгляду проблеми утворення процесу кавітації в гідроприводі літальних апаратів та можливих методах чисельного моделювання даного процесу на етапах проектування гідравлічної системи. В