

Численное исследование горения сферической частицы гидрата¹

Столповский М.В.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа

Газовые гидраты в настоящее время рассматриваются как перспективный источник углеводородов. Запасы углеводородного сырья (в основном метана) в газогидратном состоянии оцениваются в $2 \cdot 10^{16}$ м³, что заметно превышает все известные до сих пор известные запасы газа, нефти и угля вместе взятые. Огромные объемы газогидратов привлекают внимание не только в связи с перспективой будущего использования их как топлива и химического сырья, но и как возможный «нарушитель» экологии. Проблема в том, что в газогидраты в природе существуют вблизи границы своей фазовой стабильности и потому очень чувствительны к изменению термодинамических условий. Даже относительно небольшие изменения термодинамических условий (снижение давления или повышение температуры) могут привести к разложению природных газовых гидратов и к неконтролируемому выбросу метана в атмосферу, что способно многократно усилить парниковый эффект. Не менее важной является проблема пожаро- и взрывоопасности получаемого из гидратов метана при его смешении с воздухом и образование огромных облаков метановоздушной смеси. Отметим, что объем газа в гидратном состоянии во много раз меньше объема того же газа при нормальных условиях (при разложении 1 м³ газогидрата выделяется около 165 м³ газа). Интерес к сжиганию гидратов обусловлен тремя факторами: повышенным термическим КПД для применения в энергетике, большей стабильностью гидрата и возможностью сжигания на месте. По мнению некоторых ученых сжигание гидратов на месте добычи позволит использовать полученное тепло для дальнейшего разложения.

В данной работе численно исследуется горение твердой сферической метаногидратной частицы в атмосфере окислителя. Полагается, что из-за относительно высокой температуры атмосферы и низкого ее давления, гидрат начинает плавиться и вокруг газового гидрата обра-

зуется газовая смесь, в которой начальное содержание метана, определяемое его парциальной плотностью и давлением достаточно для воспламенения горючей газовой смеси. Будем полагать, что в начальный момент времени происходит зажигание газовой смеси и, вследствие этого, начинается тепловое взаимодействие горячей газовой смеси с газовым гидратом. За счет этого происходит разложение гидрата на воду и метан. Будем полагать, что образовавшаяся вода из-за контакта с горячей газовой смесью мгновенно превращается в паровое состояние. Таким образом, на этом этапе будет происходить диффузионное перемешивание смеси, состоящей из метана, выделившегося при разложении газогидрата, кислорода, диоксида углерода и паров воды. Причем этот процесс будет сопровождаться горением метана.

Система основных уравнений представляет собой уравнения сохранения массы (для всей газовой смеси и каждого ее компонента), энергии (для газовой смеси и гидрата), а также уравнения состояния. При этом будем применяться условие гомобаричности для всей смеси, поскольку скорость ее течения мала. Кроме того, данная система дополняется условиями баланса масс и тепла на подвижной границе фазовых переходов, а также начальными и граничными условиями. Решение системы уравнений осуществлялось методом контрольных объемов [1]. В результате численного решения задачи получены распределения концентрации газовой смеси в различные моменты времени. Исследовано влияние исходной концентрации горючего и окислителя на распределение температуры в системе и скорость разложения газогидрата. Проанализирована зависимость координаты фронта фазового перехода от исходной температуры газогидрата

Список литературы:

- [1] Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-01-00526