

УДК 53.043

Учет дополнительных факторов при оценке последствий нештатных (аварийных) ситуаций с ракетно-космической техникой

Краснобаев Юрий Леонидович^{1(*)}

ura776@yandex.ru

Мысков Андрей Николаевич²

gmazlumyan@mail.ru

Борисов Руслан Борисович¹

brb777@rambler.ru

¹ ВА РВСН имени Петра Великого, Балашиха, Московская обл., Россия² Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

Аннотация. Показаны особенности ударных волн, образующихся в результате аварийной разгерметизации емкостей с перегретыми жидкостями. Рассмотрены основные теории, описывающие «взрывное» вскипание перегретых жидкостей. Предложен механизм парообразования, объясняющий изменение параметров парожидкостной системы при аварийной разгерметизации резервуаров.

Ключевые слова: нештатные (аварийные) ситуации, разгерметизация резервуаров, «взрывное» вскипание жидкостей

Введение. Испытания и эксплуатация ракетно-космической техники сопряжены с вероятностью возникновения различных нештатных (аварийных) ситуаций. При этом наибольшие последствия имеют ситуации, связанные с горением (взрывом) энергонасыщенных материалов, к которым относятся ракетные топлива. Имеющийся научно-методический аппарат оценки последствий данных ситуаций учитывает, в основном, только факторы, возникающие при горении (взрыве) топлив. Между тем, учет сопутствующих факторов позволяет более точно спрогнозировать масштаб возможных последствий нештатных (аварийных) ситуаций. Одним из таких факторов является физический, образующийся при разгерметизации резервуаров при «взрывном» вскипании перегретой воды, которая применяется для охлаждения стартового стола некоторых ракет-носителей.

Методы и материалы; результаты. «Взрывное» вскипание жидкостей при разгерметизации резервуаров относится к физическим взрывам [1]. Исследование данного вида взрыва, который иногда называют «BLEVE», связано с учетом одновременного протекания процессов кипения, испарения, конденсации, их неустойчивостью и неравновесностью. Существующие теории, описывающие протекающие процессы при разгерметизации емкостей, позволяют получить данные, которые затем сопоставляются с экспериментальными [2, 3]. Применительно к воде основным процессом, оказывающим наибольшее влияние на возникновение разрушительного действия образующейся ударной волны, является ее «взрывное» вскипание, механизм которого требует уточнения.

Парообразование рассматривается через исследование процесса образования, роста и схлопывания пузырьков. Выделяется два этапа парообразования. На первом этапе (образование и рост пузырька) интенсивность кипения значительно возрастает за счет увеличения площади поверхности раздела фаз «жидкость-пар». На втором этапе размеры пузырьков газа достигают максимальных значений, происходит схлопывание пузырьков. Образуются капли жидкости в газовой среде, размер которых уменьшаются со временем. Межфазная поверхность при этом уменьшается, что приводит к снижению давления в исследуемой системе.

Заключение. Предлагаемый механизм позволяет не только учесть физический фактор «взрывного» вскипания перегретой жидкости и объяснить механизм парообразования при разгерметизации резервуаров в несложном виде, но также является этапом для последующего определения значения скачка давления, применяемого при оценке последствий нештатных (аварийных) ситуаций.

Список источников

- [1] Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. *Химические и физические взрывы. Параметры и контроль*. Санкт-Петербург, Изд-во «Полигон», 2003, 416 с.
- [2] Edwards A.R., O'Brien T.P. Studies of phenomena connected with the depressurization of water reactors. *Journal of The British Nuclear Energy Society*, 1970, vol. 9, no. 1–4, pp. 125–135.
- [3] Ивашнев О.Е. *Самоподдерживающиеся ударные волны в неравновесно кипящей жидкости*. Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009, 40 с.