

Исследование процесса образования и перемещения облака при истечении СПГ из аварийных отверстий и трубопроводов

Чайка И. А., Зайцев А.В. (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Научный руководитель – к.т.н., доц. Зайцев А.В. (Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

В данный момент вопрос исследования процессов аварийного истечения СПГ из аварийных отверстий и трубопроводов в России изучен недостаточно. Это связано с тем, что Россия только недавно начала активно действовать на мировом рынке СПГ. В связи с этим остро стоит вопрос безопасности при эксплуатации объектов СПГ.

Основные технологические процессы, происходящие на заводах СПГ, включают в себя подготовку газа, его сжижение, хранение и отгрузку. На каждом этапе возможны опасные ситуации, вызванные операциями с СПГ, в частности:

- утечки СПГ под давлением (например, из трубопровода отгрузки);
- утечки СПГ при атмосферном давлении (например, из резервуара хранения или трубопровода загрузки резервуара);
- утечки СПГ в воду;
- резкое повышение давления в резервуаре хранения из-за самопроизвольного перемешивания СПГ (так называемое явление «ролловера»).

Каждая из этих опасностей может развиваться в аварию.

Целью настоящей работы является разработка программного обеспечения для расчета всех процессов образования и перемещения облака при истечении сжиженного природного газа на морской гравитационной платформе.

Методика, применяемая в расчетах, учитывает две общепринятые ситуации при аварийных ситуациях. Первая ситуация заключается в мгновенном проливе в результате разрыва труб, арматуры или емкости и одновременного быстрого опорожнения некоторого объема жидкости. Вторая ситуация учитывает длительный пролив некоторого объема жидкости: до устранения аварийной ситуации, либо срабатывания защитных устройств.

Промежуточные результаты были получены при определенных технических условиях. Трубопровод СПГ имеет повреждение диаметром 250 мм. СПГ вытекает в пространство, ограниченное верхней палубой опорного основания (по форме правильный восьмиугольник с диаметром вписанной окружности 140 м) и промежуточной палубой такой же формы. Боковая поверхность этой призмы может быть открыта и все пространство между верхней палубой опорного основания и промежуточной палубой высотой 8 м может продуваться, а может быть зашита панелями (проницаемыми или непроницаемыми). Длительность истечения 15 минут. За это время из трубопровода выльется до 50 м³ СПГ.

В ходе решения данной задачи был установлен ряд факторов. При условиях мгновенного пролива всего объема СПГ из всей пролитой массы – 21112 кг за первые 14 секунд испаряется 4658 кг. Полностью СПГ испаряется за время, несколько большее 6 минут. Со 2-й секунды по 14-ю секунду радиус облака увеличивается от 6,2 м до 10,1 м. При этом концентрация метана на границе облака (ядра) за время полного испарения и росте радиуса облака до 20,65 м остается максимальной (около 100 %).

При условиях длительного пролива истечение происходит равномерно в течении 15 мин. Одновременно происходит испарение, поэтому пятно пролива 3090 м² меньше, чем в предыдущем примере (3723 м²). Окончательный радиус облака за это время достигает 14,1 м, а концентрация на его границе около 100 %.