

## **АВАРИЙНЫЕ РАЗЛИВЫ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА: ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИВОВ И МЕРЫ ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ.**

**Ткаченко Виктор Александрович**

студент, Институт нефти и газа СКФУ, РФ, г Ставрополь

Сжиженный природный газ (СПГ) - это природный газ, охлажденный до температуры около  $-162^{\circ}\text{C}$ . При охлаждении газ переходит в жидкое состояние, что ведет к уменьшению его объема в 600 раз. Это позволяет более экономично осуществлять хранение и транспортировку газа без необходимости строительства дополнительных соединительных газопроводов.

При хранении, перекачке и транспортировке сжиженного природного газа в условиях нарушения технологических условий данных операций, а также при нештатных (аварийных) ситуациях, возможны случаи разлива СПГ. Это в первую очередь происходит при износе соединительных узлов, клапанов или насосов - даже небольшие трещины в оборудовании характеризуются повреждением теплоизолирующего слоя, что ведет к локальному нагреву СПГ, что в свою очередь может привести к образованию газовой фазы с резким повышением давления, вплоть до разрушения оболочки оборудования [1, с. 9]. Для перекачки СПГ для предотвращения пропусков продукции через уплотнения следует применять центробежные герметичные (бессальниковые) насосы или центробежные насосы с двойным торцевым уплотнением [2, с. 8-9].

Отдельно стоит отметить возможность взрывного испарения кипящего СПГ, возникающую при резком падении давления в системе - в таком случае сжиженный газ с температурой, близкой к точке кипения, начнет чрезвычайно быстро испаряться, что нередко ведет к разрыву ёмкости или трубопровода.

При разливе даже небольшого количества СПГ жидкость при испарении образует большой объем природного газа (при нормальных условиях один объем жидкости равен в среднем 600 объемам газа).

Разлив СПГ на землю сопровождается краткосрочным периодом интенсивного кипения (с активным охлаждением поверхности земли и окружающего воздуха до отрицательных температур), после чего скорость испарения СПГ быстро падает до постоянного значения, определяющегося тепловыми свойствами грунта и притоком тепла из окружающего воздуха.

Первоначально газ, образующийся в результате испарения СПГ, имеет почти такую же температуру, как и сам СПГ и является более плотным, чем окружающий воздух.

Такой газ будет в первую очередь находиться вблизи поверхности земли, пока не нагреется, поглощая тепло из окружающего воздуха. Когда температура в облаке поднимается до  $-113^{\circ}\text{C}$  для чистого метана или приблизительно до  $-80^{\circ}\text{C}$  для СПГ (в зависимости от компонентного состава), он становится менее плотным, чем окружающий воздух.

Смесь газа с воздухом будет подниматься при повышении ее температуры, поскольку эта смесь имеет плотность меньшую, чем окружающий воздух.

Получившаяся газоздушная смесь может воспламениться, когда объемная концентрация паров СПГ находится в диапазоне от 4,4 % до 17 %.

Разлива СПГ также характеризуется образованием облаков «тумана», вызванных

конденсацией охлажденного водяного пара в атмосфере. Непосредственная видимость «тумана» (днем и в отсутствие естественного природного тумана) – полезный показатель направления перемещения облака испаренного газа, что позволяет оценить опасность воспламенения смеси газа и воздуха.

В случае утечки из резервуаров, работающих под давлением или трубопроводов, СПГ будет распыляться в виде струйных потоков в атмосфере с одновременным дросселированием и испарением.

Этот процесс сопровождается интенсивным перемешиванием с окружающим воздухом. Большая часть СПГ будет содержаться в газовом облаке, первоначально пребывающем в виде аэрозоля.

Это приведет в конечном итоге к испарению мелких капель жидкости при дальнейшем перемешивании с воздухом.

Скорость испарения СПГ при разливах на земле может быть существенно снижена за счет использования теплоизолированных поверхностей в местах возможных утечек. Данные по скорости испарения СПГ с поверхностей различных материалов, приведены в [1, с. 6-7] и представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Скорость испарения СПГ**

<b>Материал</b>	<b>Скорость испарения СПГ с единицы поверхности, кг/(м<sup>2</sup> ·ч)</b>
Композит	480
Мокрый песок	240
Сухой песок	195
Вода	190
Стандартный бетон	130
Легкий коллоидный бетон	65

При разливе СПГ на теплую поверхность (например, на поверхность воды) конвекция на ней будет настолько высока, что скорость испарения, отнесенная к площади поверхности, остается постоянной. Площадь разлива СПГ будет продолжать увеличиваться до тех пор, пока скорость испарения жидкости не станет равна скорости притока жидкости, прибывающей в

## результате утечки.

При морских перевозках СПГ потенциально опасным с точки зрения техники безопасности и экологии является быстрый фазовый переход (БФП), который может произойти при особо интенсивном аварийном проливе СПГ на поверхность воды. Перенос тепла от воды к пролитому СПГ приводит к моментальному переходу СПГ из жидкого состояния в газообразное. Высвобождение в процессе БФП большого количества энергии может вызвать физический взрыв, не сопровождающийся горением или химической реакцией. Потенциальная опасность быстрых фазовых переходов может быть высокой, но, как правило, опасная зона ограничена районом разлива.

В целях предотвращения аварийных разливов СПГ и устранения их последствий рекомендуется принимать следующие меры:

- Своевременное проведение оценок риска разлива для объектов и сопутствующих операций по перекачке и транспортировке СПГ;
- Разработка официального плана мероприятий по предотвращению и ликвидации аварийных разливов, учитывающего основные модели и масштабы разливов. План должен быть подкреплен наличием необходимых ресурсов и подготовленного персонала. Следует обеспечить наличие и удобное размещение специального оборудования, необходимого для ликвидации любых разливов, в том числе и небольших;
- Оснащение промысловых и перевалочных объектов системами раннего обнаружения утечек газа, предназначенными для выявления утечки газа и облегчения поиска источника выброса;
- Проверка наличия надлежащей вторичной защитной оболочки трубопроводов и наземных резервуаров СПГ и её целостности;
- Подбор материалов для труб и оборудования, подвергающегося воздействию сверхнизких температур, необходимо проводить исходя из международных стандартов проектирования и эксплуатации объектов, связанных с СПГ [1, с. 12-15].

В случае выброса газа следует обеспечить возможность его безопасного рассеивания, для чего обеспечить максимально эффективную вентиляцию участка, где произошел выброс, и свести к минимуму возможность накопления газа в закрытых или частично закрытых помещениях.

В случае разлива СПГ ему следует дать возможность испариться, по возможности, понижая интенсивность испарения, например, за счет его покрытия расширяющейся пеной.

### Список литературы:

1. ГОСТ Р EN 1160-201\_ СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ Общая характеристика (проект, первая редакция) ;
2. ГОСТ Р 56352-2015 Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности.