

УДК 614.841

В.Д. Халиков, УГНТУ, В.В. Кокорин, к.т.н., УрИ ГПС МЧС России,
Е.А. Контобойцев, к.пед.н., доц., УрИ ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ПРОЛИВА ЖИДКОСТИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Определена в случае разрушения аппарата площадь пролива бензина АИ-92 экспериментальным и расчетным методами. Установлено, что площадь напрямую зависит от коэффициента разлития. Представлена интенсивность теплового излучения, позволяющая определить пороговые значения безопасные для человека. Приведены основные аварии технологических трубопроводов.

Ключевые слова: интенсивность теплового излучения, площадь пролива, коэффициент разлития, причины аварий, подготовленный грунт, степень поражения.

Постановка проблемы. За время развития нефтедобывающей промышленности нашей страны совершенствовались и технические способы добычи нефти. Однако этот процесс был значительно замедлен из-за экстенсивного пути, пути истощения природных ресурсов, по которому пошла нефтяная промышленность, когда увеличение объемов добычи достигалась в основном не автоматизацией производства и внедрением современных эффективных методов, а разработкой новых месторождений [1]. Такое развитие обусловило старение технологий, что является общей причиной аварий технологических трубопроводов. Результаты статистического анализа аварий технологических трубопроводов в период с 2004 по 2013 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Процентное отношение объёмов разлитой нефти

Наименование причин	% от общего числа аварий									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Разрыв нефтепровода	9	0	1	53	83	71	4	14	66	82
Проведения ремонтных работ	37	49	1	13	9	25	93	22	22	4
Срабатывания взрывных устройств	18	10	0	8	4	1	1	28	5	6
Коррозия	16	4	98	26	4	3	2	36	9	8

Из таблицы 1 видно, что основными причинами аварий являются: проведение ремонтных работ и коррозия.

Проведение ремонтных работ – это комплекс технических мероприятий связанных с проведением пневматических испытаний давлением, выявления дефектов (микротрещин, протечки и так далее), техническое освидетельствование, восстановление целостности, врезка дополнительной арматуры, обезжиривание, а коррозия – разрушение металла под действием химического, электрохимического и механического воздействий внешней среды. Как правило, одна причина всегда способствует появлению другой.

Это наглядно видно на примере аварии крупнейшего в Азиатско-Тихоокеанском регионе технологического трубопровода, произошедшей 16 июля 2010 г. Трубопровод находился в порту Далянь, на севере Китая [2].



Рисунок 1 – Разлив нефти в Китайском порту Далянь.

Постановка задачи. Для уменьшения количества чрезвычайных ситуаций связанных с разливом нефти и нефтепродуктов проводится оценка их пожарной опасности, которая позволяет определить интенсивность теплового излучения в случаях пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ [3]. Степень поражения человека в зависимости от интенсивности теплового излучения представлена в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Предельно допустимая интенсивность теплового излучения пожаров приливов ЛВЖ и ГЖ

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени Безопасно для человека в брезентовой одежде	1,4 4,2
Непереносимая боль через 20–30 с Ожог 1-й степени через 15–20 с Ожог 2-й степени через 30–40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3–5 с Ожог 1-й степени через 6–8 с Ожог 2-й степени через 12–16 с	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры	17,0

При определении интенсивности теплового излучения в расчете используется такой показатель как площадь пролива, который в свою очередь может быть найден как расчетными, так и экспериментальными методами.

Изложение основного материала исследования с полным описанием полученных результатов. На кафедре «Пожарной безопасности технологических процессов» Уральского института ГПС МЧС России проведен ряд экспериментов, по определению площади пролива

жидкости [5]. В качестве модельной жидкости использовали бензин марки АИ-92, а в качестве исследуемой поверхности – подготовленный грунт.

Эксперимент проводился в следующей последовательности [6]:

- 1) регулировка всех элементов экспериментальной установки (выравнивается испытательный стол, определяется угол наклона разделительного стекла);
- 2) подготовка поверхности и модельной жидкости;
- 3) подготовка журнала для описания результатов эксперимента;
- 4) проведение исследований;
- 5) описание результатов и выводов.

Для более достоверного результата все исследования проводились не менее трех раз с определением среднего значения. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные, полученные экспериментальным путем

Параметры аварийного разлива жидкости	Номера экспериментов				
	1	2	3	4	5
Объем жидкости, м ³	1·10 ⁻⁶	2·10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁶	4·10 ⁻⁶	5·10 ⁻⁶
Площадь растекания, м ²	0,00052	0,00063	0,00075	0,00093	0,00115

Расчетным методом площадь пролива жидкости определяется по формуле:

$$F_{ПР} = f_P V_{Ж} \tag{1}$$

где f_P – коэффициент разлития, м⁻¹; $V_{Ж}$ – объем жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации аппарата, м³.

Коэффициент разлития приводится в следующих источниках:

1) Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» – при проливе жидкости на спланированную грунтовую поверхность – 5 м⁻¹, при проливе на спланированное грунтовое покрытие – 20 м⁻¹, при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие – 150 м⁻¹ [7].

2) ГОСТ Р 12.3.047–2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» – при содержании в жидкости 70% и менее (по массе) растворителей 1 л смесей и растворов разливается на площади – 0,1 м², а жидкость содержащая более 70% – на 0,15 м² [4].

Результаты площади пролива жидкости, полученные расчетным путём, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные, полученные расчетным путём

№ п/п	Площадь пролива, м ²	Объём жидкости (бензин АИ-92), м ³				
		1·10 ⁻⁶	2·10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁶	4·10 ⁻⁶	5·10 ⁻⁶
1.	По Приказу №404	0,00002	0,00004	0,00006	0,00008	0,0001
2.	По ГОСТ Р 12.3.047–2012	0,00015	0,0003	0,00045	0,0006	0,00075

В качестве сравнения на рисунке 2 представлены данные о площади пролива, полученные экспериментальным и расчетным методами.

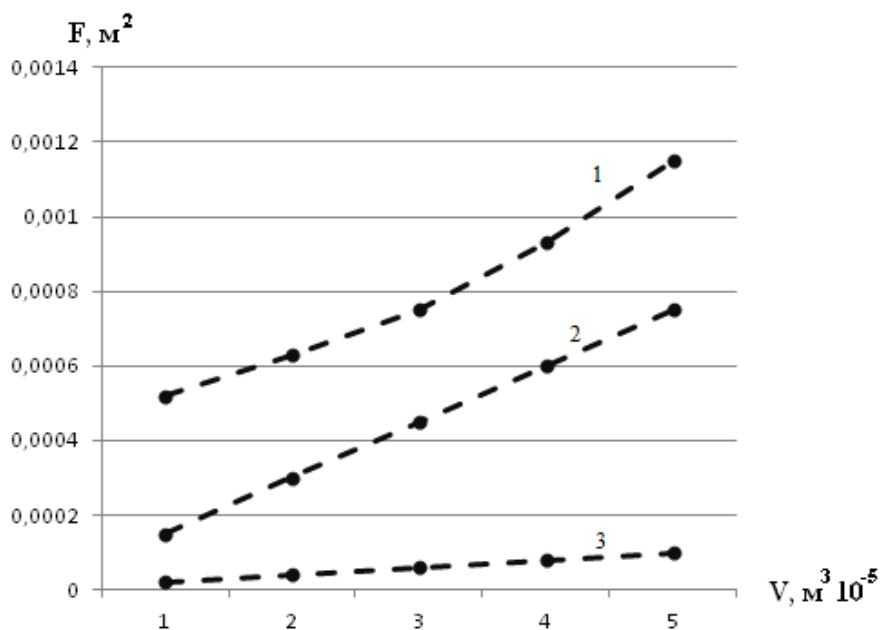


Рисунок 2 – Площа проливу бензину по експериментальним і розчетним методам:

- 1 – по експериментальним даним;
- 2 – по ГОСТ Р 12.3.047–2012;
- 3 – по Приказу МЧС РФ № 404.

Как видно из графика, экспериментальные результаты значительно превосходят расчетные. Это связано с тем, что коэффициент разлития, приведенный в Приказе МЧС РФ № 404 и ГОСТ Р 12.3.047–2012, не учитывает одновременно и свойства поверхности и свойства жидкости. Тем самым при прогнозировании аварий возможно ошибочное определение размеров разлившейся жидкости, т.е. пороговые значения безопасные для человека могут быть достигнуты намного раньше. А это является не допустимым.

Данные результаты наиболее наглядно можно продемонстрировать, определив интенсивность теплового излучения. Предположим, что произошла авария технологического трубопровода, где суммарный объём вылившегося бензина АИ-92 составит 1000 л. Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета интенсивности теплового излучения в зависимости от метода определения площади пролива

Методика	Данные для расчета интенсивности			Результаты
	объём жидкости, $V, м^3$	площадь пролива, $F, м^2$	расстояние от геометрического центра пролива, $L, м$	интенсивность теплового излучения, $q, кВт/м^2$
<i>По эксперименту</i>	1	192	10	19,8
			20	9,5
			30	5,4
			40	3,4
			50	2,4
			60	1,7

Продолжение таблицы 5

Методика	Данные для расчета интенсивности			Результаты
	объем жидкости, $V, м^3$	площадь пролива, $F, м^2$	расстояние от геометрического центра пролива, $r, м$	интенсивность теплового излучения, $q, кВт/м^2$
<i>По ГОСТ Р 12.3.047–2012</i>	1	150	10	17,5
			20	8,2
			30	4,6
			40	2,9
			50	2
			60	1,5
<i>По Приказу №404</i>	1	20	10	6,2
			20	2,25
			30	1,2
			40	0,75
			50	0,53
			60	0,4



– не безопасно для человека;



– безопасно для человека в брезентовой одежде;



– безопасно для человека;

На основании выше изложенного, результаты, полученные экспериментальным путем, можно считать наиболее достоверными.

Выводы. В ходе проведенных расчетов площади пролива, а так же определения площади пролива экспериментальным методом можно сделать вывод, что имеющиеся методики расчета не учитывают свойства жидкости и свойства поверхности одновременно.

Перспективы дальнейших исследований.

На данный момент проблема снижения количества аварий технологических трубопроводов, а так же их последствий до конца не решена. Причиной может послужить расхождение методик определения площади пролива жидкости, при аварии. Одним из направлений решения данной проблемы является дальнейшее изучение взаимодействия жидкости и поверхности разлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин В.В. Проблемы сбора информации о пожарах и авариях на производственных объектах: пути их решения / В.В. Кокорин, В. Д. Халиков, И. Я. Удилова, С. А. Шевцов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – Воронеж: Выпуск 1 (10), 2014. С.21-25 URL: <http://www.ntp-vigps.ru/arkhiv-vypuskov/vypusk-1-10-2014/>
2. В Китае взорвался нефтепровод. Фото. // Великая Эпоха (The Epoch Times) – URL: <http://www.epochtimes.com.ua/ru/china/incidents/v-kytae-vzorvalsja-nefteprovod-foto-93506.html>
3. Кокорин В.В. Актуальные вопросы обеспечения безопасности процессов транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов / В.В. Кокорин, Е.А. Контобойцев, М.Г. Контобойцева, Ф.Ш. Хафизов // Безопасность жизнедеятельности. – Москва: №4, 2013. С.13-16 – URL: <http://www.novtex.ru/bjd/bgd2013/number04.html>
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» – М.: 2012. – 66 с.

5. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков – М.: АГПС МЧС РФ. – 2009. – 89 с.

6. Халиков В.Д. Экспериментальное исследование пожара пролива нефтепродукта при разгерметизации технологических трубопроводов / Халиков В.Д., Хафизов Ф.Ш., Халикова О.Д. // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной конференции молодых ученых. Минск: УП «Промбытсервис». – 2013. – 230 с.

7. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» – М.: 2009. – 39 с.