

В.В. Кокорин, Р.С. Сатюков, С.В. Субачев, В.Д. Халиков
(УрИ ГПС МЧС России; e-mail: sergeyvsbachev@gmail.com)

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Анализируются экспериментальные и расчётные методы определения площади пролива нефтепродуктов на подготовленное грунтовое покрытие. Приведены основные причины аварий трубопроводов и аппаратов с нефтепродуктами, приведены их примеры.

Ключевые слова: нефтепродукты, площадь пролива.

V.V. Kokorin, R.S. Satjukov, S.V. Subachev, V.D. Halikov

METHODS FOR DETERMINING THE OIL SPILL AREA ON A HORIZONTAL SURFACE

The experimental and calculated methods for determining the area of the spill of oil products to the prepared soil cover are analyzed. The main causes of emergency on pipelines and apparatus with petroleum products are given. Their examples are given.

Key words: oil products, area of the spill.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 4 апреля 2017 г.

По итогам 2015, 2016 гг., Россия является одним из лидеров нефтяного рынка в мире (534 млн тонн). Так как крупные, средние и малые месторождения нефти расположены на многих территориях России, то их эксплуатация малоэффективна без надёжной системы транспортировки нефтепродуктов. Существует четыре основных вида транспортировки нефтепродуктов: железнодорожный, водный, автомобильный и трубопроводный. Выбранный вид транспорта должен обеспечить постоянные поставки, независимо от сезонных и прочих факторов, поскольку добычу на многих месторождениях нельзя останавливать. Поэтому, трубопроводный транспорт для нефтепродуктов всегда был самым востребованным в России [1].

По результатам анализа данных Ростехнадзора [2], установлены основные причины аварийности магистральных нефтепроводов на территории России [3] (рис. 1).

Полученные результаты подтверждаются крупными авариями на нефтепроводах, произошедшими за пределами России:

1998 г. Авария на подводном трубопроводе компании ExxonMobil в Нигерии. В результате аварии в Атлантический океан попало 14 тыс. тонн нефти. Вода покрылась черной нефтяной пленкой на 200 км вдоль берегов штата Аква-Ибом. Урон был нанесен морской фауне этого региона, загрязнены десятки квадратных километров сельскохозяйственных земель. Для ликвидации катастрофы использовались самолёты, вертолёты, корабли и привлекались специалисты из Великобритании и США. Причиной аварии явилась коррозия трубопровода.

2000 г. Авария на трубопроводе компании Petrobras в Бразилии. В результате в воду вылилось около 8 *тыс.* баррелей нефти. Это самая крупная экологическая катастрофа за последние 25 лет в Бразилии. Причиной аварии явился брак при строительном-монтажных работах на трубопроводе.

2013 г. Авария на нефтепроводе компании Tesoro Logistics в Северной Дакоте в США. В результате аварии вылилось около 20 *тыс.* баррелей нефти на территории 47 *тыс.* м². Данный разлив стал крупнейшим в американской истории, произошедшим на суше. Причиной аварии явилась коррозия трубопровода.

2014 г. Авария на нефтепроводе Ашкелон-Эйлат в Израиле (Пустыня Арава). В результате аварии в пустыню вылилось около 22 *тыс.* баррелей нефти. Экологи отметили, что это самая крупная авария за всю историю Израиля и одна из самых тяжелых аварий в мире. Причиной аварии явилось нарушение правил безопасности при проведении земляных (ремонтных) работ.

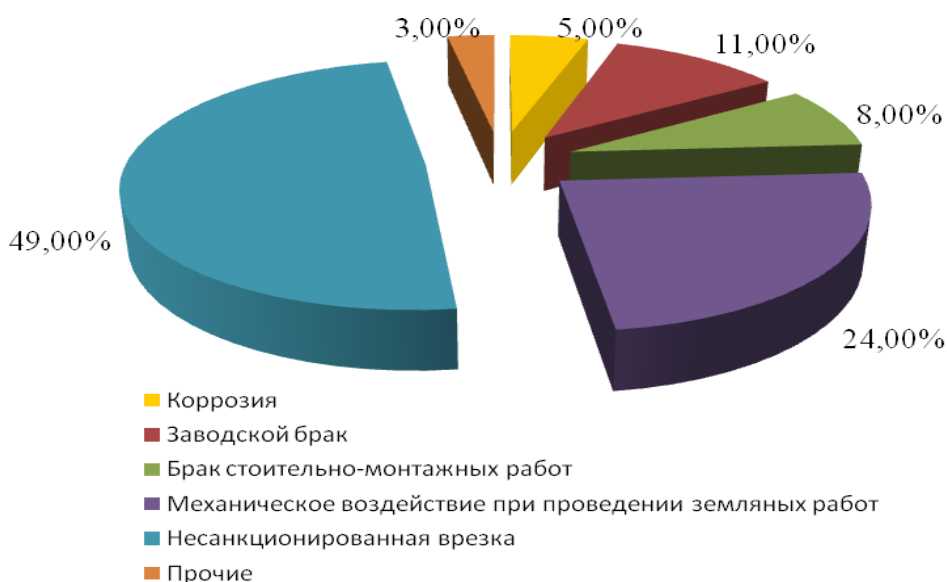


Рис. 1. Причины аварий на магистральных нефтепроводах

Несвоевременное принятие мер по предупреждению возможных аварий на нефтепроводах приводит к глобальным последствиям. Поэтому вопросы прогнозирования этих аварий и их последствий приобретают первоочередное значение.

Одним из основных критериев прогнозирования последствий аварий на нефтепроводах является площадь пролива нефтепродукта на горизонтальные поверхности, определяемая по формуле:

$$F_{\text{ПР}} = f_P \cdot V_{\text{Ж}},$$

где f_P – коэффициент разлития, м⁻¹;

$V_{\text{Ж}}$ – объем нефтепродукта, пролившегося при разгерметизации нефтепровода, м³.

Коэффициент разлития нефтепродукта будет зависеть от следующих условий:

1) по ГОСТ Р 12.3.047-2012 [5] – от количества растворителей: при содержании в жидкости 70 % и менее (по массе) растворителей 1 л смесей и растворов разливается на площади – $0,1 \text{ м}^2$, а жидкость, содержащая более 70 % – на $0,15 \text{ м}^2$;

2) по Приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 [6] – от свойств поверхности: при проливе 1 м^3 жидкости на неспланированную грунтовую поверхность (НГП) – 5 м^{-1} , при проливе на спланированное грунтовое покрытие (СГП) – 20 м^{-1} , при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие (БиАП) – 150 м^{-1} .

Площади пролива очищенной нефти ТНК-Нижевартовск [6-8], полученные расчётным методом, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчётные значения площади пролива очищенной нефти

Нормативные документы	Условия пролива	Объём нефти, м^3				
		$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Приказ № 404	НГП	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025
	СГП	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
	БиАП	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75
ГОСТ Р 12.3.047-2012	$\leq 70 \%$	0,075	0,15	0,225	0,3	0,375
	$> 70 \%$	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75

Из табл. 1 видно, что результаты, полученные расчётным путём, разнятся значительно. В связи с этим для определения более достоверных значений площадей проливов нефтепродуктов на горизонтальные поверхности требуется проведение экспериментальных исследований.

На основании вышесказанного сотрудниками Уральского института ГПС МЧС России был проведен ряд экспериментов. Эксперименты проводились следующим образом: модельную жидкость – очищенную нефть ТНК-Нижевартовск (содержит более 70 % растворителей) проливали на заранее подготовленное грунтовое покрытие. Результаты пролива фиксировали цифровым фотоаппаратом и обрабатывали по программе для ЭВМ [9]. Для более достоверного результата каждое исследование проводилось не менее трёх раз. Средние значения площади пролива очищенной нефти представлены в табл. 2.

Таблица 2

Площадь пролива очищенной нефти, определённая экспериментальным методом

Нормативные документы	Объём нефти, м^3				
	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Площадь пролива, м^2	0,52	0,63	0,75	0,93	1,15

На основании экспериментального метода определяем коэффициент разлития f_P жидкости, содержащей более 70 % растворителей, на подготовленном грунтовом покрытии, равный 310 м^{-1} . Площади проливов нефти, определённые расчётными и экспериментальными методами, представлены на рис. 2.

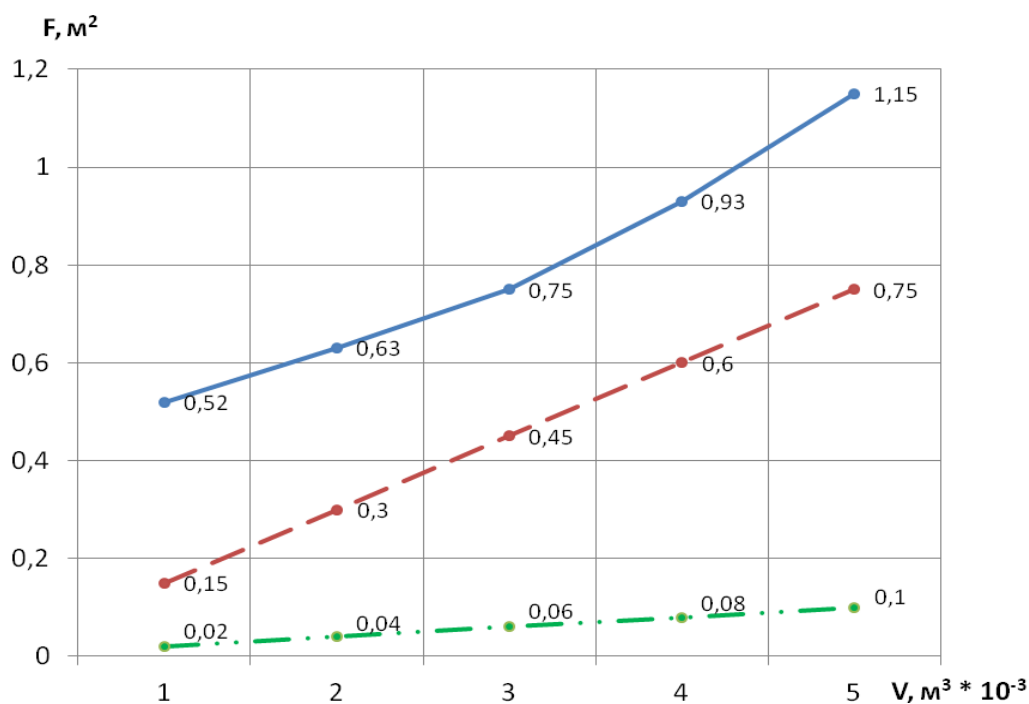


Рис. 2. Площади проливов очищенной нефти, определённые различными методами:

- экспериментальным;
- - - расчётным по Р 12.3.047-2012;
- . . . расчётным по приказу № 404

Как видно из рисунка, экспериментальные результаты значительно превышают расчётные. Это связано с тем, что существующие расчётные методы учитывают не совокупность нескольких факторов, влияющих на площади пролива, а только либо свойства поверхности, либо свойства нефти. Поэтому при прогнозировании последствий возможных разрушений трубопроводов и аппаратов площади проливов могут быть оценены не в полной мере [10].

Литература

1. Мокроусов В. И. К вопросу об авариях магистральных нефтепроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. М.: Научное издательство "Институт стратегических исследований". №11-1. 2015. 175-180 с.
2. Лебедев М. И., Богданов А. В., Колесников Ю. Ю. Аналитический обзор статистических данных по пожарам, взрывам и аварийным выбросам опасных веществ на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2010-2014 гг. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.
3. Проблемы сбора информации о пожарах и авариях на производственных объектах: пути их решения / Кокорин В. В., Халиков В. Д., Удилова И. Я., Шевцов С. А. // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. Вып. 1 (10). 2014. С. 21-25. <http://www.ntp-vigps.ru/arkhiv-vypuskov/vypusk-1-10-2014/>
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
5. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах".
6. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Издательство стандартов, 1991.
7. Дриацкая З. В., Мхчиан М. А., Жмыхова Н. М. Нефти СССР. Справочник в 4-х т. М.: Химия, 1971-1975.
8. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х т. / Под ред. А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко. М.: Химия, 1990.
9. Кокорин В. В., Субачев С. В., Халиков В. Д. Исследование геометрических параметров разлива жидкостей на горизонтальных поверхностях / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610352 от 09.01.2014. Роспатент, 2014.
10. Исследование растекаемости огнеопасных жидкостей по твёрдым поверхностям / Алексеев М. В., Чаусов Ю. П., Вильданов Р. В., Карамов И. Г. // Противопожарная техника и безопасность: сб. науч. тр. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1978. Вып. 4. С. 31-36.

References

1. Mokrousov V. I. K voprosu ob avarijah magistral'nyh nefteprovodov (To the question about accidents of oil pipelines) // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. M.: Nauchnoe izdatel'stvo "Institut strategicheskikh issledovanij". No11-1. 2015. 175-180 p.
2. Lebedev M. I., Bogdanov A. V., Kolesnikov Ju. Ju. Analiticheskij obzor statisticheskikh dannyh po pozharah, vzryvam i avarijnym vybrosam opasnyh veshhestv na obektah neftepererabatyvajushhej i neftehimicheskoj promyshlennosti za 2010-2014 gg. (Analytical review of statistical data on fires, explosions and accidental releases of hazardous substances on objects of oil refining and petrochemical industry for 2010-2014). M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2014.
3. Problemy sbora informacii o pozharah i avarijah na proizvodstvennyh obektah: puti ih reshenija (The problem of collecting information about fires and accidents at industrial facilities: ways of their solution) / Kokorin V. V., Halikov V. D., Udilova I. Ja., Shevcov S. A. // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. Vyp. 1 (10). 2014. Pp. 21-25. <http://www.ntp-vigps.ru/arkhiv-vypuskov/vypusk-1-10-2014/>
4. GOST R 12.3.047-2012. Pozharnaja bezopasnost' tehnologicheskikh processov. Obshhie trebovaniya. Metody kontrolja.
5. Prikaz MChS Rossii ot 10 ijulja 2009 g. No 404 "Ob utverzhdanii metodiki opredelenija raschjotnyh velichin pozhnogo riska na proizvodstvennyh obektah".
6. GOST 12.1.044-89. SSBT. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelej i metody ih opredelenija. M.: Izdatel'stvo standartov, 1991.
7. Driackaja Z. V., Mhchijan M. A., Zhmyhova N. M. Nefti SSSR (Oil of the USSR). Spravochnik v 4-h t. M.: Himija, 1971-1975.
8. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ih tushenija (Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their suppression). Spravochnik v 2-h t. / Pod red. A. N. Baratova i A. Ja. Korol'chenko. M.: Himija, 1990.
9. Kokorin V. V., Subachev S. V., Halikov V. D. Issledovanie geometricheskikh parametrov razliva zhidkostej na gorizonta'lnyh poverhnostjakh (Investigation of geometrical parameters spill liquids on horizontal surfaces) / Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM No 2014610352 ot 09.01.2014. Rospatent, 2014.
10. Issledovanie rastekaemosti ogneopasnyh zhidkostej po tvjordym poverhnostjam (Study of spreadability of flammable liquids on solid surfaces) / Alekseev M. V., Chausov Ju. P., Vil'danov R. V., Karamov I. G. // Protivopozharnaja tehnika i bezopasnost': sb. nauch. tr. M.: VIPTSh MVD SSSR, 1978. Vyp. 4. Pp. 31-36.