

*Неронов А.А., нач. отделения, НУГЗУ,
Чуб И.А., д-р техн. наук, нач. каф., НУГЗУ*

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА СУШЕ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

Приводятся результаты статистических исследований различных методик определения площади разлива нефти на грунт

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, статистические исследования, методика определения площади разлива нефти на грунт

Постановка проблемы. Одним из основных параметров, влияющих на распределение сил и средств для локализации и ликвидации аварийных разливов нефти (АРН) является площадь разлива. Непосредственное определение величины реальной площади АРН сопряжено с рядом трудностей. Поэтому, как правило, выполняется ее оценка с использованием расчетных методик для вычисления площади разлива пожароопасных жидкостей. Широкий спектр таких веществ, обладающих различными физико-химическими свойствами, и наличие нескольких отечественных и зарубежных методик затрудняет выбор конкретной из них для оценки площади разлива нефти или нефтепродуктов.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время существует семь расчетных методик для определения площади разливов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на горизонтальных твердых поверхностях [1–6] без учета испарения и впитывания, которые могут быть использованы для оценки площади АРН. Они основаны на эмпирических зависимостях радиуса разлива от времени, объема вытекшего нефтепродукта, его вязкости и характеристик подстилающей поверхности при допущении, что форма зеркала разлива близка к круговой.

Как показывает анализ использования методик [1–6] для количественного описания последствий АРН, величины радиуса растекания нефтепродукта, оцененные по различным методикам, отличаются в (2.5–3.5) раза, что соответствует отличию оценок

площади АРН в (6–12) раз. Поэтому есть необходимость в проведении статистических исследований результатов указанных методик для выяснения вопроса о целесообразности использования той или иной из них для определения приемлемой оценки площади АРН.

Постановка задачи и ее решение. В соответствии с вышесказанным, *целью статьи* является выполнение статистического анализа результатов применения методик [1–6] оценки радиуса разлива нефти (нефтепродукта).

В силу того, что все методики являются аппроксимацией реального процесса, их обобщение по среднестатистическим показателям допустимо. Результаты расчета площади разлива нефти по каждой конкретной методике для заданных объемов АРН приняты за случайную величину в выборке объемом $n = 7$. Вывод о приемлемости методик делается на основе проверки попадания значения математического ожидания радиуса зеркала разлива в заданный доверительный интервал.

1. Методика М1. Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций [1]. Оценка радиуса разлива определяется по формуле

$$R = \sqrt{\frac{25.5 \pi V}{4}},$$

где R – радиус разлива, м; V – объем вытекшего нефтепродукта, м³.

2. Методика М2. Методика донецкой испытательной пожарной лаборатории [2]

$$R = 3018 \cdot V^{0.393} \cdot \nu^{-0.116} \cdot t^{0.115} \cdot K_{II},$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, Ст; t – время растекания нефтяного пятна, с; K_{II} – коэффициент поверхности растекания, определяющий соотношение фактического радиуса растекания по реальной поверхности и радиуса растекания по идеальной поверхности.

3. Методика М3. Методика профессора А.С. Алексеева [3]

$$R = V^{\frac{1}{3}} \cdot 0.58 \cdot \left(\frac{V}{\nu^2}\right)^{0.08} \cdot \left(\frac{t^2}{V^{\frac{1}{3}}}\right)^{0.06} \cdot K_{II},$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, м /с.

4. Методика М4. Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03 [4]

$$R = \sqrt{\frac{0.15 \cdot V \cdot 10^3}{\pi}}.$$

5. Методика М5. Методика оценки степени риска эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов СО 11-04-АКТНП-006-2006 [5]

$$R = \frac{\sqrt{533 \cdot V}}{\pi}.$$

6. Методика М6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [6]

$$R = \sqrt{\frac{20 \cdot V}{\pi}},$$

где числовой коэффициент соответствует случаю разлива на грунт.

7. Методика М7. Формула Мэнсфилда и Линели [3]

$$R = \frac{1.05 \sqrt{\frac{V}{3.8 \cdot 10^{-3}}}}{2},$$

где числовые коэффициенты соответствует случаю разлива на грунт.

Из теории математической статистики [7] известно, что при недостаточном объеме выборки (число измерений менее 20) с вероятностью $W=y$ значение математического ожидания m входит в интервал $[L_1, L_2]$, границы которого зависят от квантилей распределения Стьюдента [8]

$$W \left(\bar{X} - \frac{S \cdot t_{1+y}(n-1)}{\sqrt{n-1}} < m < \bar{X} + \frac{S \cdot t_{1+y}(n-1)}{\sqrt{n-1}} \right) = W(L_1 < m < L_2) = y,$$

где n – объем выборки; y – вероятность попадания значения математического ожидания генеральной совокупности (площади разлива нефтепродукта) в обозначенный интервал; $t_{\frac{1+y}{2}}(n-1)$ –

квантиль распределения Стьюдента порядка $\frac{1+y}{2}$ с числом степеней свободы $(n-1)$; \bar{X} – среднее значение случайной величины по выборке, $\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$; S – среднее квадратичное отклонение

случайной величины по выборке, $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка методик расчета площади разлива нефти ($y=0,95$)

$V, \text{ м}^3$	Расчетные значения радиусов нефтяного пятна, м							L_1	L_2
	$M1$	$M2$	$M3$	$M4$	$M5$	$M6$	$M7$		
10	19.15	14.8	19.7	21.9	7.3	8.0	26.9	4.9	27.8
50	31.64	27.9	37	48.9	16.4	17.8	60.2	10.0	46.5
100	44.75	36.6	48.7	69.1	23.2	25.2	85.2	13.5	64.8
500	100.07	69.0	91.6	154.5	92.1	56.4	190.4	26.6	141.0
700	118.4	78.7	104.6	182.8	61.5	66.8	225.3	30.6	166.0
1000	141.5	90.6	120.4	218.5	73.5	79.8	269.3	35.5	197.5
2000	200.1	119.0	158.1	309.0	103.9	112.8	380.9	47.2	277.0
3000	245.1	170.5	226.7	488.6	164.3	178.4	602.2	68.4	434.0
5000	316.4	223.9	297.7	691.0	232.4	252.3	851.7	90.2	610,2
10000	447.5	284.4	348.1	788.3	299.1	302.5	992.6	126.2	839.5

Результаты расчетов, вышедшие за пределы доверительного интервала, выделены жирным шрифтом. Они выполнены по методике, приведенной в Нормах пожарной безопасности ($M4$), и в методике на основе формулы Мэнсфилда и Линели ($M7$).

Результаты расчета для более узкого доверительного интервала ($y=0,8$) приведены в таблице 2.

Полностью в более узкий доверительный интервал попали только расчеты, проведенные по методике донецкой испытательной пожарной лаборатории ($M2$).

Таблиця 2 – Оценка методик расчета площади разлива нефти ($\gamma=0,8$)

$V, \text{ м}^3$	Расчетные значения радиусов нефтяного пятна, м							L_1	L_2
	$M1$	$M2$	$M3$	$M4$	$M5$	$M6$	$M7$		
10	19.15	14.8	19.7	21.9	7.3	8.0	26.9	8,4	18,3
50	31.64	27.9	37	48.9	16.4	17.8	60.2	17,5	39,0
100	44.75	36.6	48.7	69.1	23.2	25.2	85.2	24,1	54,3
500	100.07	69.0	91.6	154.5	92.1	56.4	190.4	50,2	117,4
700	118.4	78.7	104.6	182.8	61.5	66.8	225.3	58,5	138,1
1000	141.5	90.6	120.4	218.5	73.5	79.8	269.3	68,8	164,1
2000	200.1	119.0	158.1	309.0	103.9	112.8	380.9	94,5	229,7
3000	245.1	170.5	226.7	488.6	164.3	178.4	602.2	113,7	279,7
5000	316.4	223.9	297.7	691.0	232.4	252.3	851.7	143,6	358,7
10000	447.5	284.4	348.1	788.3	299.1	302.5	992.6	197,2	503,2

Анализ данных табл. 1 и табл. 2 показывает, что для малых значений V при $\gamma=0,8$ в доверительный интервал попадают только результаты расчетов, произведенные по методике донецкой испытательной пожарной лаборатории. При значениях объема более 500 м^3 число значений, попадающих в доверительный интервал, возрастает. При увеличении γ , количество значений, попадающих в доверительный интервал, растет.

Выводы. Таким образом, в статье на основе статистических исследований результатов определения площади АРН с использованием различных методик показано, что наиболее предпочтительной методикой оценки разлива нефти на твердой горизонтальной поверхности является методика донецкой испытательной пожарной лаборатории [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций. – М.: Нефть, 1999. – 42с.
2. Чаусов Ю.П. Растекаемость особо опасных жидкостей на твердых поверхностях / Ю.П. Чаусов // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. – 1978. – Вып.4. – С. 37 – 46.

3. Яковлев В.В. Нефть. Газ. Последствия аварийных ситуаций: Монография / В.В. Яковлев. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 420 с.
4. НПБ 105-03. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности. – М.: Стандарт, 2003. – 124с.
5. СО 11-04-АКТНП-006-2006. Методика оценки степени риска эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов. – М.: Стандарт, 2006. – 86с.
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденная приказом МЧС РФ №404 от 10.07.2009 г.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
8. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 917 с.

Неронов О.А., Чуб І.А.

Аналіз методик визначення кількісних характеристик аварійних розливів нафти на суші

Наводиться результати статистичних досліджень різних методик визначення площі розливу нафти на ґрунт

Ключові слова: аварійний розлив нафти, статистичні дослідження, методика визначення площі розливу нафти на ґрунт

Neronov A.A., Chub I.A.

Analysis of the method of determining quantitative characteristics of emergency onshore oil spills

Results of statistical studies of various methods of determining the area of an oil spill on the ground are present

Key words: emergency spill, statistical research, the technique of determining the area of an oil spill on the ground