

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ЗОНЫ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАЗЛИВОМ НЕФТИ ИЛИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Т.А. Волкова
С.В. Маценко канд. техн. наук

В соответствии с требованиями Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации (утв. приказом МЧС России от 28 декабря 2004 г. № 621), при разработке ситуационных моделей наиболее опасных разливов и их социально-экономических последствий для персонала, населения и окружающей среды прилегающей территории, необходимо определять границы зоны чрезвычайной ситуации, обусловленной разливом нефти и нефтепродуктов (далее – ЧС(Н)). В настоящее время граница зоны ЧС(Н) определяется как внешний контур нефтяного пятна. Однако, определение границ должно осуществляться с учетом всех неблагоприятных факторов, имеющих место при разливах нефти и нефтепродуктов. Для этого авторы статьи предлагают использовать существующие подходы учета летучести нефти и теплового воздействия при горении.

Одним из отрицательных факторов является загазованность в районе разлива, обусловленная быстрым испарением легких фракций нефти. Однако, в настоящее время отсутствуют специальные методики для определения границ распространения паров нефти и учета воздействия на участвующий в работах персонал. В связи с этим, в целях анализа степени опасности воздействия испаряющегося нефтепродукта на параметры воздуха рабочей зоны в районе аварии, авторами **применена** существующая методика ОНД-86 [1], которая традиционно использовалась для оценки качества атмосферного воздуха населенных мест, т.е. мест постоянного проживания людей.

Нефть и нефтепродукты, а также их пары относятся к малотоксичным веществам IV класса опасности [2]. Поэтому, допустимое содержание вредных веществ оценивается, в первую очередь, в воздухе рабочей зоны людей, занятых в ликвидации аварийного разлива.

Оценка влияния разлива нефти и нефтепродуктов выполняется, исходя из условия, что содержание углеводородов нефтепродуктов в воздухе рабочей зоны для людей, занятых в ликвидации разлива, не должно превышать предельно допустимой концентрации:

$$\frac{C}{ПДК_{PЗ}} \leq 1$$

где C — концентрация загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны, $мг/м^3$; $ПДК_{PЗ}$ — предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, установленная для воздуха рабочей зоны, $мг/м^3$.

Расчет концентраций загрязняющих веществ выполняется по унифицированной программе “Эколог”, разработанной фирмой “Интеграл” и реализующей расчетную схему нормативной методики ОНД-86.

Ниже, в качестве примера, приводятся исходные данные для расчетов, позволяющих оценить степень воздействия углеводородов на воздух рабочей зоны при разливе дизельного топлива в количестве $1178 м^3$ на внутренней акватории морского порта Ейск.

1. Расчет проводится по веществам:

Наименование вещества	Вид продукта	ПДК _{PЗ} , мг/м ³ [2]
Углеводороды нефтепродуктов	Дизельное топливо	300
	Мазут	300

2. Используется расчетная площадка размером 3500 м на 3000 м (см. рис.1):

Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)		Высота, (м)
Координаты середины 1-й стороны (м)		Координаты середины 2-й стороны (м)			X	Y	
X	Y	X	Y				
-1475	-750	2000	-750	3500	100	100	2

3. Параметры, определяющие рассеивание веществ в атмосфере:

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24 °С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	200

Коэффициент рельефа	1,0
---------------------	-----

4. Определяется площадь разлива в соответствии с данными о растекании нефтепродукта по поверхности воды. Время воздействия принимается равным 4 часа – нормативное время локализации нефтяного разлива в соответствии с п. 5 Основных требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (утв. постановлением Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 с изменениями от 15 апреля 2002 г.).

5. Расчет количества выбросов загрязняющих веществ, испаряющихся со свободной поверхности нефтепродукта, выполняется по формулам, изложенным в [3, 4]. Исходные данные и результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета массы веществ, выделяющихся при испарении дизельного топлива

Определяемые параметры и их значения		ДТ
Температура наружной среды	$t, ^\circ\text{C}$	24
Плотность нефтепродукта	$\rho, \text{т/м}^3$	0,86
Относительная молекулярная масса вещества	$M, \text{кг/кмоль}$	224,06
Температура нефтепродукта	$t_{н.п.}, ^\circ\text{C}$	28,00
Температура вспышки в закрытом тигле	$t_{всп.}, ^\circ\text{C}$	62,00
Давление насыщенных паров компонентов	$p^H, \text{кПа}$	0,204
Площадь разлива (через 4 часа)	$F, \text{м}^2$	377942
Масса веществ (суммарно), выделяющаяся в атмосферу в единицу времени	$M, \text{г/с}$	3487,2335

6. Выполняется расчет максимальной приземной концентрации углеводородов (таблица 2) и приземной концентрации углеводородов в расчетных точках на жилой зоне (таблица 3) по унифицированной программе “Эколог” для разлива дизельного топлива в количестве 1178 м³ на внутренней акватории морского порта Ейск.

Таблица 2. Пример расчета для углеводородов нефтепродуктов (ДТ)

Н/П	№ ист.	Тип ¹	Учет ²	Выброс (г/с)	Лето			Зима		
					$C_m/\text{ПДК}_{\text{РЗ}}$	X_m	U_m (м/с)	$C_m/\text{ПДК}_{\text{РЗ}}$	X_m	U_m (м/с)
ДТ	6001	3	+	3478,2335	414,1014	11,40	0,5	414,1014	11,40	0,5

Таблица 3. Пример расчета по веществам в расчетных точках

№	Коорд X (м)	Коорд Y (м)	Высота (м)	Концентр. (мг/м ³)	Скор. ветра	Тип точки ³
2	375	-775	2	646,4870	0,50	4
1	150	-975	2	482,3076	0,74	4
3	550	-1000	2	446,1297	0,50	4
6	1100	-925	2	362,7941	0,50	4
4	750	-1175	2	356,6437	0,50	4
7	1375	-925	2	311,8628	0,50	4
5	1025	-1300	2	296,8407	0,74	4

Следует отметить, что нормативом качества является предельно допустимая концентрация воздуха рабочей зоны.

7. Расчеты представляются в графическом виде (рис.1).

¹ 3 – неорганизованный;

² “+” - источник учитывается

³ 4 – расчетная точка на границе жилой зоны

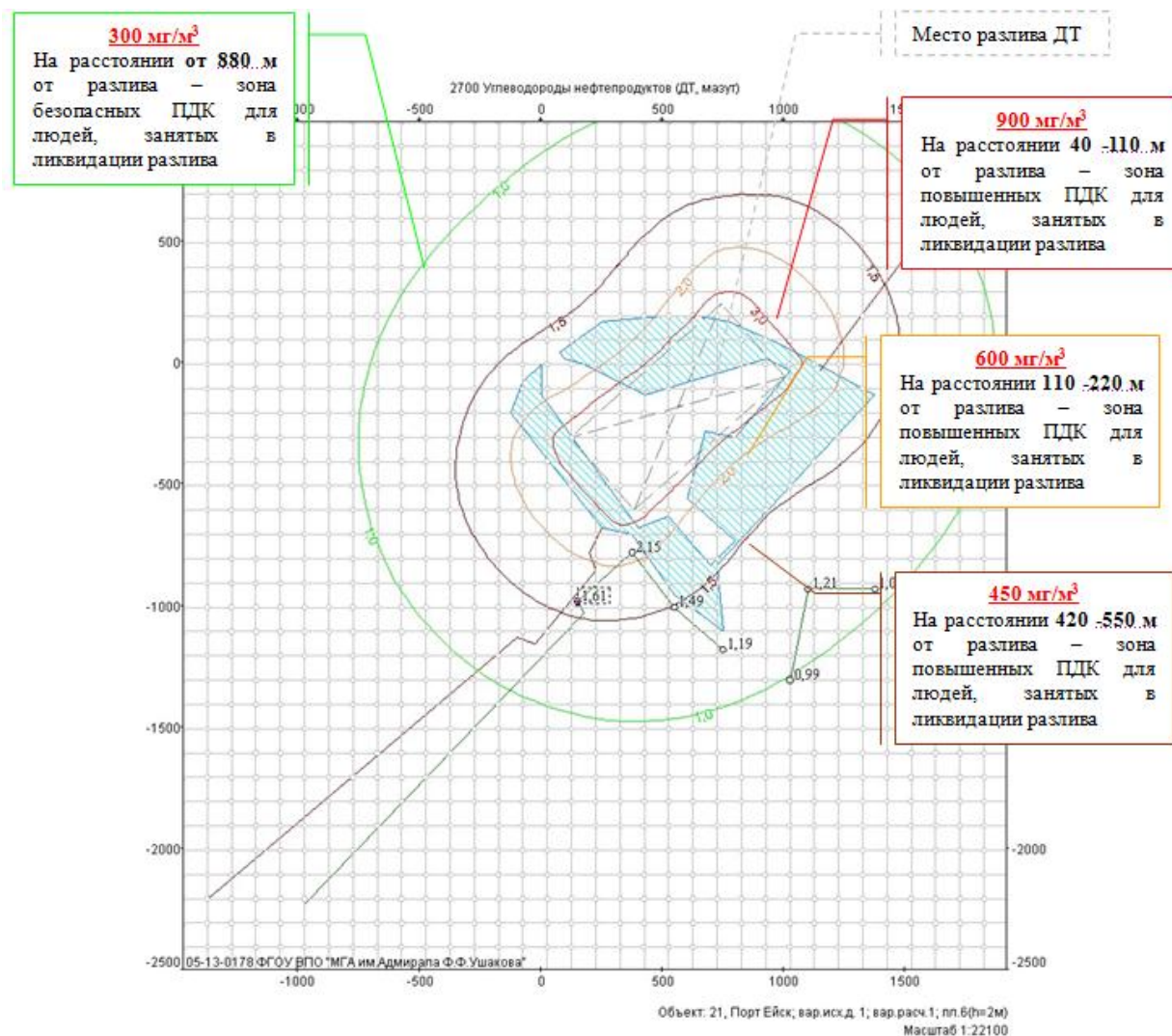


Рис.1. Пример результатов расчета поля максимальных концентраций углеводородов при разливе дизельного топлива на внутренней акватории морского порта Ейск

Выполненные расчеты позволяют видеть:

- максимальная приземная концентрация углеводородов при разливе дизельного топлива ($400 \text{ ПДК}_{\text{P3}}$) достигается на расстоянии 11,4 м (практически на границе разлива) при опасной скорости ветра 0,5 м/с (т.е. при штилевой погоде);
- приземные концентрации углеводородов в расчетных точках на жилой зоне превысят ПДК_{P3} в 1,5 – 2 раза;
- концентрация углеводородов будет находиться на уровне 1 ПДК_{P3} на расстоянии более 880 м от края разлива.

Анализ полученных результатов позволяет рекомендовать:

- контроль воздуха рабочей зоны и использование СИЗ для сил, занятых в ликвидации разлива;
- контроль воздуха во всей зоне разлива, включая прилегающую береговую полосу и места проживания людей.

При разливе нефтепродуктов с последующим возгоранием, мероприятия по локализации разлива и его ликвидации должны проводиться только по окончании тушения пожара. Границы зоны ЧС(Н), обусловленные растеканием нефтепродукта по поверхности воды определяются как зона, совпадающая с границами нефтяного пятна. Границы зоны ЧС(Н), обусловленные горением нефтепродукта, определены ниже.

При разливах нефтепродуктов с низкой температурой вспышки возможно воспламенение разлитого нефтяного пятна на поверхности воды или на береговой линии. Для оценки границы зоны чрезвычайной ситуации, обусловленной возгоранием разлитого нефтяного пятна, производится расчет возможного сценария разлива нефтепродукта (дизельного топлива) с последующим возгоранием. При этом учитывается, что мазут сгорает тогда, когда его влажность не превышает 0,7 % [5]. Результаты компьютерного моделирования растекания мазута с помощью программного комплекса PISCES II производства ЗАО

«Транзас» [6] и требования ГОСТ 10585-99 (влажность не более 1 %) позволяют считать возгорание мазута на поверхности воды событием маловероятным и не рассматривать при проведении расчетов.

В качестве поражающего фактора для людей, занятых в ликвидации тушения пожара, рассматривается тепловое излучение горящих разлитий.

Выделяются две зоны:

- зона горения – часть пространства, в которой образуется пламя из нефтепродуктов горения;
- зона теплового воздействия – часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой происходит воспламенение или изменение состояния материалов и конструкций, растительности, поражающее действие на людей.

В зоне горения (которая совпадает с площадью разлития нефтепродуктов) происходит сгорание материалов, растительности, 100 % поражение животных, в атмосферный воздух выбрасываются токсичные продукты горения. Зона теплового воздействия ограничивается дальностью, зависящей от порогового уровня теплового излучения.

В качестве примера (таблица 5) приводятся пороговые уровни теплового излучения, определенные для возгорания разлития дизельного топлива в количестве 1178 м³ на поверхности воды, и выполненные по нижеприведенной схеме.

Плотность потока теплового излучения (q , кВт/м²) на границе зоны при горении нефтепродукта на площади разлива определяется по формуле [3]:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau,$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения, кВт/м², (таблица В.1 [3]); F_q – угловой коэффициент облученности; τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Определяют угловой коэффициент облученности F_q по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}$$

где

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S_1} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S_1^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S_1} \cdot \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S_1 - 1}{S_1 + 1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A + 1) \cdot (S_1 - 1)}{(A - 1) \cdot (S_1 + 1)}} \right) \right\} \right],$$

где $A = \frac{(h^2 + S_1^2 + 1)}{2 \cdot S_1}$, $S_1 = \frac{2 \cdot r}{d}$ (r – расстояние от геометрического центра разлива до облучаемого

объекта, м); $h = \frac{2 \cdot H}{d}$ (d – диаметр зоны разлива, м; H – высота факела пламени, м);

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{(B - 1/S_1)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B + 1)(S_1 - 1)}{(B - 1)(S_1 + 1)}} \right) - \frac{(A - 1/S_1)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A + 1)(S_1 - 1)}{(A - 1)(S_1 + 1)}} \right) \right],$$

где $B = \frac{(1 + S^2)}{2 \cdot S}$; S – площадь разлива, м.

Определяют коэффициент пропускания атмосферы τ по формуле:

$$\tau = e^{[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)]}$$

Рассчитывают высоту пламени, м, по формуле:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_e \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}$$

где m – удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м² с), (таблица В.1 [3]); ρ_e – плотность окружающего воздуха, кг/м³ (при отсутствии справочных данных допускается принимать $\rho_e = 1,2$ кг/м³); g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Исходные данные для расчета (дизельное топливо) и результаты расчета по вышеприведенным формулам приведены в таблицах 4, 5.

Таблица 4. Исходные данные для расчетов и результаты расчетов

Параметры	Обозначение	Ед. измер.	Значение параметра
Диаметр зоны разлива	d	м	440
Площадь зоны разлива (по результатам математического моделирования)	S	м ²	152486
Радиус зоны разлива	R	м	220
Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени [3]	E_f	кВт/м ²	18
Удельная массовая скорость выгорания н/п [3]	m	кг/м ² ·с	0,04
Высота пламени	H	м	180,91

Таблица 5. К результатам определения границы зоны ЧС(Н) при горении нефтепродуктов (ДТ)

Расстояние от границы разлива, R' , м	5	25	45	65	85	105	125	145	165	185
Интенсивность теплового излучения, q , кВт/м ²	9,86	6,57	5,00	4,00	3,28	2,72	2,27	1,92	1,62	1,38

В соответствии с принятыми данными [3] и результатами расчетов, тепловое воздействие от горящего разлива:

- до 65 м – ожоги различной степени тяжести;
- от 65 до 185 м – безопасно для людей в брезентовой одежде;
- далее 185 м – без негативных последствий в течение длительного времени.

Таким образом, для определения границ зон чрезвычайной ситуации, обусловленной разливами нефти и нефтепродуктов, авторами адаптированы имеющиеся подходы [3, 4] и методики [1], позволяющие решать задачи прогнозирования негативных последствий аварийных ситуаций на море, а также учитывать отрицательные факторы нефти и нефтепродуктов при планировании аварийно-спасательных операций.

Литература:

1. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. // Л.: Гидрометеиздат, - 1987.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ Р 12.3.047-98. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории.
5. Методика расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов (утв. приказом Государственного комитета РФ по охране окружающей среды от 5 марта 1997 г. № 90).
6. PISCES II. Описание математических моделей программного продукта. ЗАО «Транзас», 2003. – 40 с.

