

В роботі наведена модель раціонального розміщення постів моніторингу для своєчасного виявлення повеней, а також розглянуто підхід до побудови поверхні, що описує рівень підйому води в межах заданої області

Ключові слова: повинь, раціональне розміщення постів моніторингу, модель

Chaplya Yu.S., Sobol A.N., Volkov S.V.

The model of rational placement of monitoring posts for timely discovering the floods

In this paper the model of rational placement of monitoring posts for timely discovering the floods is given. Also, the method of construction surface for describing level of growth water in frontiers of area is shown.

Key words: flood, rational placement of monitoring posts, model

УДК 504.5:665.6

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

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТИ ПРИ АВАРИЯХ
НА ТРУБОПРОВОДАХ**

(представлено д-ром техн. наук Соловьем В.В.)

Определяется зависимость потерь на фильтрацию в грунт при аварийном разливе нефти с различными значениями ее вязкости

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, потери нефти на фильтрацию в грунт, вязкость нефти

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации (ЧС), связанных с аварийными разливами нефти (АРН), приводят, как правило, к тяжелым экологическим последствиям и значительным экономическим потерям. Успешной ликвидации таких ЧС препятствует недостаточная разработка эффективных методов оценки параметров АРН и расчета ущерба от них. Решение указанных проблем возможно на основе применения математического моделирования и современных информационных технологий. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на разработку математических моделей зоны загрязнения с учетом особенностей подстилающей поверхности, а также потерь нефти в зависимости от ее вязкости и свойств грунтов.

Анализ последних исследований и публикаций. Известен ряд публикаций [1–4], в которых рассматриваются различные вопросы анализа и моделирования ЧС с аварийными разливами нефти (АРН) на суше. Недостатками указанных подходов является общий характер рекомендаций, не учитывающих физические характеристики нефти, свойства подстилающих поверхностей, влияющие на особенности формирования и динамики нефтяного пятна и уровень потерь нефти при авариях.

Постановка задачи и ее решение. В соответствии с вышесказанным, *целью статьи* является моделирование величины потерь при АРН с учетом процессов фильтрации нефти в грунт и сбора разлившейся нефти в зависимости от характеристик нефти и свойств грунта. Для упрощения анализа рассматривается случай истечения нефти на горизонтальный участок, однако результаты моделирования справедливы и для областей с рельефом.

Пусть на производственном объекте произошла авария, связанная с частичным разрушением нефтепровода (прокол), сопровождающаяся непрерывным истечением нефти на сушу и возникновением области загрязнения, размеры и форма которой определяются площадью отверстия, параметрами перекачки и характеристиками подстилающей поверхности. Способы определения объемов аварийного истечения нефти из трубопровода при различных режимах были проанализированы в работе [5]

Необходимо оценить суммарные потери нефти с учетом инфильтрации в грунт и сбора разлившейся нефти при различных значениях ее вязкости. Моделировалось истечение нефти из отверстия с постоянным объемным расходом $Q = \text{const}$, однако результаты моделирования допускают распространение на случай $Q = Q(t)$.

Как показано в [6], при разливе нефти по горизонтальной твердой подстилающей поверхности зона загрязнения имеет форму, близкую к круговой. Формула для вычисления радиуса R нефтяного пятна на момент времени t после аварии при непрерывном истечении с объемным расходом $Q = \text{const}$ имеет вид

$$R = 2.358 K_{II} Q^{0.333} \nu^{-0.155} t^{0.519}. \quad (1)$$

где Q – объемная скорость истечения нефтепродукта, м³/с; K_{II} – коэффициент поверхности растекания, определяющий соотношение фактического радиуса растекания по реальной поверхности и ра-

диуса растекания по идеальной поверхности; ν – коэффициент кинематической вязкости нефти, Ст; t – время растекания нефтяного пятна, с. Здесь время растекания равно промежутку времени с момента прорыва до ликвидации течи в трубопроводе.

Площадь разлива $S_{РАЗЛ}$ в этом случае равна площади круга с радиусом R

$$S_{РАЗЛ} = \pi R^2. \quad (2)$$

В статье [4] были определены потери нефти на инфильтрацию в грунт. Объем нефти V_G , которая впиталась в грунт, определяется свойствами грунта, размерами пятна, временем фильтрации и вычисляется по формуле

$$V_G = \frac{k_H h k \nu}{l \rho} S_{РАЗЛ} t_\phi. \quad (3)$$

где k_H – нефтеемкость грунта, %; h – высота слоя нефти на поверхности грунта, м; l – толщина пропитки грунта нефтью в направлении фильтрации ($l = 0.4$ м [3]); k – коэффициент фильтрации грунта, м/с; ν – кинематический коэффициент вязкости нефти, м²/с; ρ – плотность нефти; t_ϕ – время фильтрации, с.

Для различных участков пятна разлива время фильтрации различно и определяется общим временем растекания t и временем достижения и покрытия $t_{ДОСТ}$ нефтяным потоком данного участка

$$t_\phi = t - t_{ДОСТ}, \quad (4)$$

Для определения величины $t_{ДОСТ}$ разобьем нефтяное пятно на элементарные площадки S_i (рис. 1), соответствующие дискретным моментам времени Δt .

В этом случае времен фильтрации $t_{i\phi}$ для i -ой элементарной площадки равно

$$t_{i\phi} = t - i\Delta t. \quad (5)$$

Площадь S_i i -ой элементарной площадки определяется по формуле

$$S_i = \pi R_i^2 - \pi R_{i-1}^2 = \pi(R_i^2 - R_{i-1}^2). \quad (6)$$

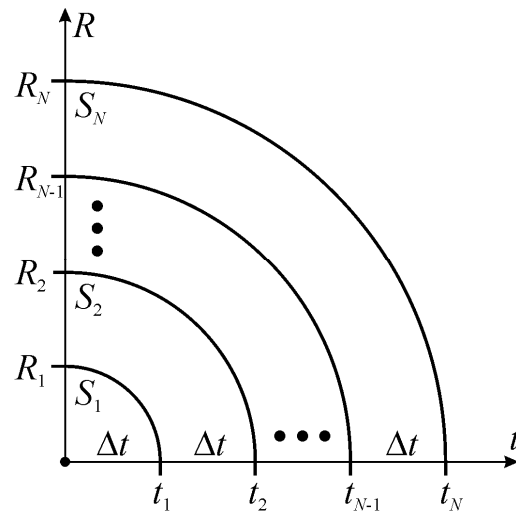


Рис. 1 – Разбиение нефтяного пятна на элементарные площадки

Толщина слоя нефти на поверхности грунта может быть оценена, исходя из соотношения

$$h = \frac{V}{S_{\text{РАЗЛ}}} = \frac{Q}{S_{\text{РАЗЛ}}} t, \quad (7)$$

где V – общий объем нефти, вытекшей из аварийного трубопровода, м^3 .

Исходя из формул (1)–(7), определим объем нефти V_i , впитавшейся в грунт на каждой из элементарных площадок

$$V_{i\Gamma} = \frac{k_H h k v}{l \rho} S_i t_{i\phi}. \quad (8)$$

Тогда оценка общего объема V_Γ впитавшейся в грунт нефти имеет вид

$$V_\Gamma = \sum_{i=1}^N V_{i\Gamma}, \quad (9)$$

Как видно из формул (8), (9), величина V_Γ зависит от времени растекания t , характеристик нефти (кинематический коэффициент

ент вязкости ν), свойств грунта (нефтеёмкость k_H и коэффициент фильтрации k).

После обнаружения утечки нефти из трубопровода и прибытия к месту АРН аварийно-ремонтной бригады выполняются работы по устранению течи (конкретизация времени разлива t) и локализации разлива (конкретизация $S_{РАЗЛ}$). В результате локализации реальная площадь нефтяного пятна может быть меньше, чем $S_{РАЗЛ}$, определенная по формуле (2).

Одновременно с устранением течи и локализацией разлива осуществляется сбор нефти с грунта, что уменьшает ее потери. Эффективность этого процесса характеризуется коэффициентом сбора нефти [3]

$$K_{CB} = \frac{V - V_{ПОТ}}{V}, \quad (9)$$

где $V_{ПОТ}$ – общий объем потерь нефти.

Очевидно, что впитавшаяся в грунт нефть является безвозвратно потерянной, поэтому верхней оценкой K_{CB} (без учета потерь нефти на испарение) является величина

$$K_{CB}^* = \frac{V - V_{Г}}{V},$$

полученная в предположении, что вся не впитавшаяся нефть будет собрана. Величина K_{CB}^* зависит от вязкости нефти (табл. 1) и свойств грунта (табл. 2) и колеблется от 0.1 до 0.8.

Таблица 1 – Физические характеристики различных грунтов [7]

Грунт	Коэффициент фильтрации, м/с	Нефтеёмкость грунтов при влажности, %		
		20	40	60
Гравий	$2.75 \cdot 10^{-3}$	0.24	0.20	0.40
Песок	$1.10 \cdot 10^{-4}$	0.28	0.38	0.16
Торф	$1.20 \cdot 10^{-5}$	0.18	0.15	0.30
Супесь	$1.30 \cdot 10^{-5}$	0.21	0.28	0.12
Суглинок	$6.00 \cdot 10^{-6}$	0.12	0.10	0.20
Глина	$3.00 \cdot 10^{-6}$	0.14	0.18	0.08

Таблица 2 – Физические характеристики различных нефтей [8]

Нефть	Плотность, кг/м ³	Кинематическая вязкость, (м ² /с)·10 ⁻⁴ , при температуре, К			
		293	303	313	323
Мухановская	840	0,0765	0,0565	0,0443	0,0346
Приволжская	823	0,0835	0,0509	0,0346	0,0269
Яринская	824	0,0514	0,0428	0,0352	0,0287
Боткинская	921	1,633	0,8167	0,5227	0,2821
Арланская	892	0,397	0,26	0,176	0,135
Ромашкинская	862	0,1422	0,12	0,09	0,059

Тогда общие потери нефти при аварии равны

$$V_{\text{пот}} = V(1 - K_{\text{св}}). \quad (10)$$

Для нахождения зависимости $V_{\text{пот}}$ от вязкости нефти и типа грунта по формулам (7)–(10) определим потери нефти на глине и супеси для различных значений кинематического коэффициента вязкости: $\nu = (0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9)$, см²/с.

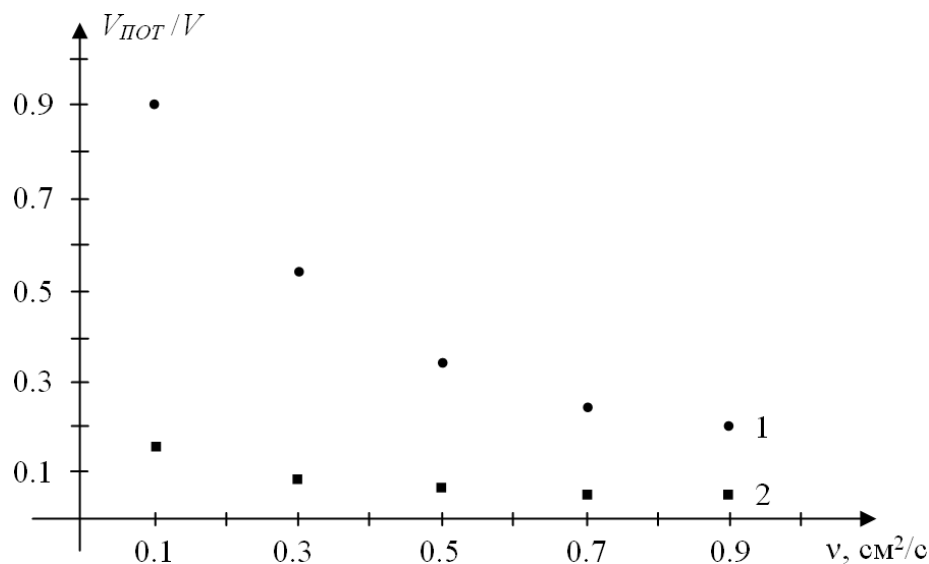


Рис. 2 – Зависимость $V_{\text{пот}}$ от вязкости нефти для различных грунтов: кривая 1 – супесь; кривая 2 – глина

Расчеты выполнялись со следующими исходными данными:

- расход нефти через дефектное отверстие 0.01 м³/с;
- время истечения нефти 1200 с;

• плотность нефти	840 кг/м ³ ;
• коэффициент фильтрации грунта	
глина	3.0·10 ⁻⁶ м/с
супесь	1.3·10 ⁻⁵ м/с
• нефтеемкость грунта	
глина	0.14
супесь	0.21
• часть собранной нефти	50%

Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Выводы. Таким образом, в статье определены величины потерь при аварийном разливе нефти с учетом инфильтрации в грунт и сбора разлившейся нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуб И.А. Количественная оценка масштабов аварийных разливов нефти при авариях на нефтепроводе / И.А. Чуб, А.А. Неронов, В.М. Попов // Збірник наукових праць ХУПС. – 2012. – Вып. 1(30). – С. 185-188.
2. Атнабаев А.Ф. Оценка последствий аварийных разливов нефти на магистральных нефтепроводах / А.Ф. Атнабаев, С.В. Павлов и др. // Нефтегазовое дело. – 2006. – №1. – С. 239-242.
3. Широков Г.В. Анализ рисков аварийных отказов магистральных трубопроводов: моделирование зон загрязнения при разливах нефти на суше / Г.В. Широков, В.И. Ларионов, Т.С. Сущев // Трубопроводный транспорт. – 2010. – №2 (18). – С. 20-24.
4. Неронов А.А. Моделирование влияния времени локализации и ликвидации аварийного разлива нефти на характеристики зоны загрязнения / А.А. Неронов, И.А. Чуб // Проблемы чрезвычайных ситуаций. – 2012. – Вып. 15. – С. 98-103.
5. Козлитин А.М. Количественный анализ риска возможных разливов нефти и нефтепродуктов / А.М. Козлитин, А.И. Попов, П.А. Козлитин // Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска: Междунар. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2005, С. 135-160.
6. 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.
7. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. — М. : Изд. МГУ, 1998. — 369 с. таблица

8. Поляков Л.П. Химический состав и свойства нефтей различных горизонтов / Л.П.Поляков, СИ. Джафаров. – Уфа: Реактив, 2001. – 124 с.

nuczu.edu.ua

Чуб І.А., Неронов О.А.

Моделювання втрат нафти при аваріях на трубопроводах

Визначається залежність втрат на фільтрацію в ґрунт при аварійному розливі нафти з різними значеннями її в'язкості

Ключові слова: аварійний розлив нафти, втрати нафти на фільтрацію в ґрунт, в'язкість нафти

Chub I.A., Neronov O.A.

Modelling of losses of oil at crash on pipelines

Dependence of losses on a filtration in soil is considered at a crash oil spill with various values of its viscosity

Key words: an crash oil spill, oil losses on a filtration in soil, viscosity of oil

УДК 351.861

Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ,

Тарадуда Д.В., наук. співр., НУЦЗУ,

Палюх В.В., магістр, НУЦЗУ

**АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЧНОЇ БАЗИ З ОЦІНКИ РИЗИКУ
ВИНИКНЕННЯ АВАРІЇ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ
ОБ'ЄКТАХ**

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Запропоновано алгоритм побудови методики оцінки ризику виникнення аварії на потенційно небезпечних об'єктах та у відповідності до нього проведено аналіз існуючої методологічної бази у сфері оцінки потенційної небезпеки об'єктів. За результатами аналізу виділено основну базу для створення ефективної методики оцінки ризику виникнення аварій.

Ключові слова: аміак, холодильна установка, оцінка ризику, потенційно небезпечний об'єкт

Постановка проблеми. Згідно останніх досліджень гостро стоїть питання забезпечення безпеки хімічно-небезпечних об'єктів в цілому та об'єктів, до складу яких входять аміачні холодильні