

Филиппов Н.С.,
студент
2 курс, кафедра «Техносферная безопасность»
Институт Сервиса и отраслевого управления
Россия, г. Тюмень

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Аннотация: *Статья посвящена методике проведения анализа последствий аварий на подводных переходах магистральных нефтепроводов. Рассмотрены основные причины возникновения аварий на подводном переходе магистрального нефтепровода. Рассмотрена математическая модель разбавления загрязненных вод в проточных водных объектах.*

Ключевые слова: *Подводный переход магистрального нефтепровода; Математическая модель.*

Annotation: *the article is devoted to the methodology of analyzing the consequences of accidents at underwater crossings of oil trunk pipelines. The main causes of accidents at the Underwater crossing of the main pipeline are considered. A mathematical model of dilution of polluted water in flowing water bodies is considered.*

Key words: *Underwater crossing of the main pipeline; Mathematic model.*

Причинами аварий на таких опасных производственных объектах являются проблемы, возникающие на этапе проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов, которые находятся в специфических экологических условиях, зачастую накладывая свои отрицательные характеристики на технологический процесс.

Последствия аварий, произошедших на подводных переходах магистрального нефтепровода, гораздо критичнее и опаснее аналогичных случаев на его линейной части. Это накладывает особый отпечаток на организацию технологического процесса на площадке и обеспечение на ней промышленной безопасности, предъявляет высокие требования к надежности основного и вспомогательного оборудования, а также профессиональной подготовке персонала, эксплуатирующего объект [1, с. 29].

При этом ремонтно-восстановительные работы по устранению причин, влияющих на выход из строя оборудования ППНМ, по продолжительности и стоимости в несколько раз больше, чем аналогичные действия в отношении технических элементов сухопутной части опасного производственного объекта.

Именно поэтому специалистам, начинающим строительство подводных переходов магистрального нефтепровода, в первую очередь необходимо просчитать возможные варианты аварий и аварий на планируемом объекте, и в конечном итоге должен быть подготовлен обстоятельный документ (на стадии проектирования), оценивающий возможные риски гипотетических инцидентов на ППМН.

Имеющиеся источники литературы содержат разрозненные данные, связанные с анализом последствий разрушения подводных переходов нефтепроводов и их влияния на экологическое состояние водотоков. В частности, ряд работ посвящен определению причин разрыва стен трубопровода и оценке объема залповых выбросов нефтепродуктов.

В ряде работ предпринимаются попытки количественного определения содержания нефтепродуктов в речной воде в аварийных ситуациях. Наиболее полная оценка влияния разбавления загрязняющих веществ водами природных объектов производится в источниках, посвященных расчету разбавления сточных вод промышленных предприятий.

Исследования процессов распространения загрязнения в водных потоках должны проводиться на основе системного подхода, при котором параметры оцениваются во взаимодействии друг с другом с учетом их изменения во времени [2, с. 4].

В связи с этим следует создать реализованные в прикладной программной среде математические модели, которые основаны на использовании эффективных численных методов решения дифференциальных уравнений. При этом численные значения исходных параметров для расчета должны соответствовать нормативным и экспериментальным данным, а также учитывать правила охраны окружающей среды при транспортировке нефти.

При одномерном приближении распространение загрязнения вдоль потока под влиянием турбулентного перемешивания описывается уравнением турбулентной диффузии [5, с. 597]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} - V_i \frac{\partial C}{\partial l} - D_i \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} = 0$$

Стационарное уравнение турбулентной диффузии имеет вид:

$$V_l \frac{\partial C}{\partial l} + D_i \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} = 0$$

где концентрация C - функция продольной координаты потока, поэтому

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0$$

Уравнение (2) может быть преобразовано к виду

$$p \frac{\partial C}{\partial l} + \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} = 0$$

При постоянном параметре $p = \frac{V_i}{D_i}$

Будем искать решение в виде $C=e^{kl}$

где $k=\text{const}$

$$\text{тогда } \frac{\partial C}{\partial l} = k e^{kl}; \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} = k^2 e^{kl}$$

Подставляя полученные выражения производных в уравнение (3), находим: $e^{k_1 l} (k^2 + pk) = 0$

Так как $e^{k_1 l} \neq 0$, то $k^2 + pk = 0$

Из характеристического уравнения (7) находим два корня

$$k_1 = 0; k_2 = -p = -\frac{V_i}{D_i}$$

Корни характеристического уравнения действительны и различны: $k_1 \neq k_2$. В этом случае частными решениями будут функции

$$C_1 = e^{k_1 l} = 1$$

$$C_2 = e^{k_2 l} = e^{-\frac{V_i l}{D_i}}$$

Эти решения линейно независимы, так как

$$\frac{C_2}{C_1} = e^{-\frac{V_i l}{D_i}} \neq const$$

Следовательно, общий интеграл имеет вид

$$C = C_p + C_{ст} e^{-\frac{V_i l}{D_i}}$$

Величина $C_{ст}$ определяет концентрацию загрязнения в створе выброса. Характер изменения концентрации загрязнения в зависимости от расстояния от створа выброса вниз по потоку вычислен в среде MathCad (рис.1) [3, с. 81].

При необходимости расчет может быть выполнен для конкретных значений параметров, полученных в результате натурных измерений.

$C_p \equiv 2.0 \cdot 10^{-4}$	- фоновая концентрация загрязнения в одного объекта, $кг/м^3$	
$C_{ст} \equiv 10$	- концентрация загрязнения в створе выброса нефти, $кг/м^3$	
$V_i \equiv 0.5$	- продольная скорость водного потока, $м/с$	
$n \equiv 100$	- шаг итераций	
$D_i \equiv 10$	- продольный коэффициент турбулентной диффузии, $м^2/с$	
$l \equiv 0,0 + \frac{1}{n} \dots 100$	- продольная координата потока, $м$	
$C(l) := C_p + C_{ст} \cdot e^{-\frac{V_i l}{D_i}}$	- концентрация загрязнения в расчетном створе, $кг/м^3$	

Рисунок 1 - Вычислительная процедура и график функции концентрации загрязнения в зависимости от расстояния до створа выброса вниз по потоку

Аналогичный результат можно получить в системе MathCad, используя встроенную функцию Odesolve (рис. 2).

Очень странно, что в литературе по изучению распределения концентрации загрязнения водных потоков в разливах нефти и сбросах сточных вод [2, 4-6] рассматривается только стационарное уравнение турбулентной диффузии.

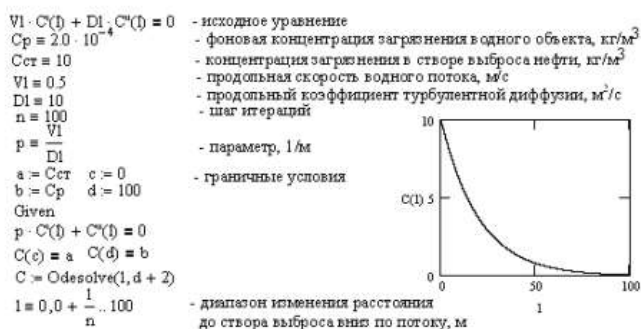


Рис. 2. Решение дифференциального уравнения турбулентной диффузии загрязнения с помощью функции Odesolve

Одномерное уравнение математической физики параболического типа можно решить численно, например, методом конечных разностей (рис. 3). Исходные данные для решения уравнения соответствуют данным, использованным выше (рис. 1 и 2).

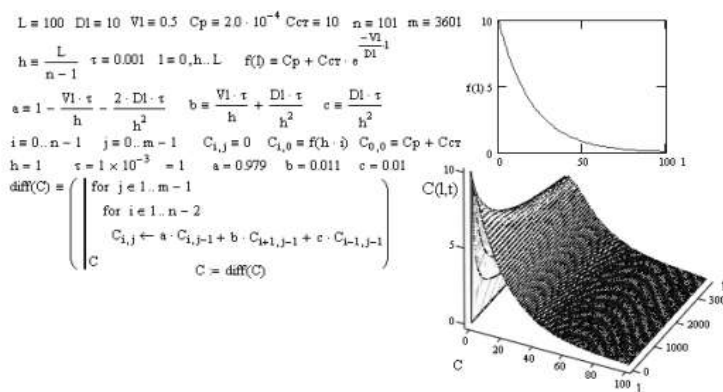


Рис. 3. Решение в программной среде MathCad дифференциального уравнения нестационарной турбулентной диффузии загрязнения

В модели баланса системы вводятся понятия уровня накопления веществ и расхода, представляющие расход этого вещества [4, с. 33].

Построим балансовую модель изучаемого процесса на основе

системной диаграммы распространения нефтяного загрязнения в водном потоке.

На основе 2

$$C = C + D1(GC - RC - DC)$$

$$GC = KG * C; RC = KR * C; DC = KD * C; C_p = PDK$$

Программа и результаты расчета показателей распространения загрязнения в водном потоке в графической форме реализованы в среде MathCad (рис. 4).

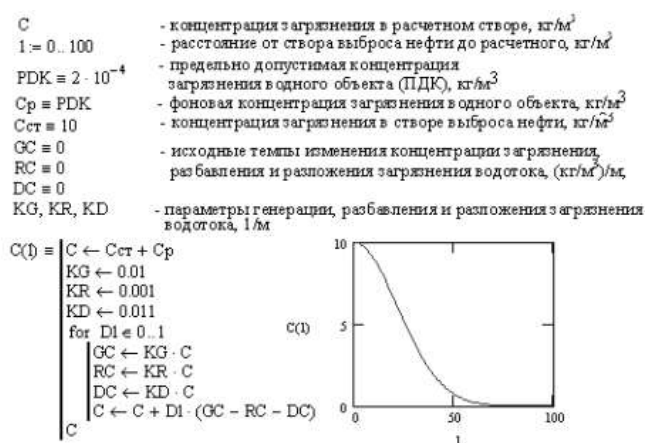


Рис. 4. Программа и результаты расчета зависимости концентрации нефтяного загрязнения от расстояния до створа выброса нефти

Использованные источники:

1. Методика определения ущерба, причиненного окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. – М.: Минтопэнерго РФ, 1996. – 68 с.

2. Gross, S.A. Determination of the flow rate and time of liquid flow out of the slot when the pipeline wall breaks/S.A. Gross, B.G. Yanov//Transportation and storage of oil and oil products. - 1982. - No. 11. - S. 9-10

3. Karashev, A.V. Practical recommendations for calculating wastewater dilution in rivers, lakes, reservoirs/A.V. Karashev, A.Ya. Shvartsman, M.A. Priceless. - L.: GGI, 1973. - 101 p.

4. Rodziller, I.D. Scientific and engineering foundations for forecasting the water quality of reservoirs and their protection from pollution by waste water/I.D. Rodziller. - М.: Science, 1976. - 247 s. Спиридонов, В.П. Технические средства предотвращения загрязнения водоемов нефтью / В.П. Спиридонов, И.Д. Черкасов. – М.: ЦБНИТИ Минречфлота, 1983. – 48 с.

5. Concentration of the ring-Ning Feng optical field in waveguides with a low refractive index / Ning-ning Feng, Jurgen Michel and Lionel K. Kimerling // Letters on optics. - 2007. - Volume. 32. - Issue 10. - P. 1250-1252.