

М. Э. Шарапов, В. А. Алексеев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИВА ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДА

Ключевые слова: разлив жидкости, дефект, карта разлива.

Исследован разлив жидкости, возникающий вследствие появления дефектов на магистральных нефтепроводах, который был смоделирован на пакете прикладных программ «Fluent». Были проведены эксперименты с различным диаметром отверстия, имитирующего дефекты и различными углами наклона подстилающей поверхности. С помощью пакета «Fluent» получены карты разливов и оценено влияние на них характеристик дефектных отверстий и поверхности по которой происходит разлив.

Keywords: defect, a software package «Fluent», map of the spill.

There was investigated the spill that occurs due to the appearance of defects on the main oil, which was modeled on the application package «Fluent». Experiments were performed with different diameter holes, simulating defects from different angles. It was found that when a large diameter and high angle, spilling over, as evidenced by flood maps produced by the package «Fluent»

Введение

Трубопроводные конструкции и системы находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности. Трубопроводы относятся к категории энергонапряженных объектов, отказ которых сопряжены со значительным материальным и экологическим ущербом. Многочисленные отказы на технологических трубопроводах, транспортирующих пожаровзрывоопасные продукты, ядовитые компоненты и токсичные среды, приводит к локальным и общим загрязнениям окружающей среды, создают повышенный риск возникновения опасности для персонала и населения. Таким образом, обеспечение безопасности эксплуатации трубопроводов является важной задачей.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют магистральные нефтегазопроводы. [1]

Как правило, причины потерь перекачиваемых нефти и нефтепродуктов связаны с возникновением и развитием дефектов, обусловленных множеством причин конструктивного, технологического и эксплуатационного характера, а также несанкционированными врезками в трубопроводах [2].

Повреждения магистральных нефтепроводов вызываются действием двух групп факторов. Первая группа связана со снижением несущей способности нефтепровода, вторая - с увеличением нагрузок и воздействий [3].

Объем утечек нефти при авариях на нефтепроводах зависит от места и размеров повреждения, а также от времени его обнаружения и устранения. Объем вытекшей нефти может оказаться значительным даже при относительно небольших повреждениях, если они остаются незамеченными в течение длительного времени [4]. Вследствие этих причин прогнозирование последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов является актуальной задачей.

В представленной работе приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных на установке по исследованию разливов нефти, нефтепродуктов и других опасных жидкостей на грунте или непроницаемой поверхности, смоделированной в пакете прикладных программ «FLUENT».

Описание экспериментальной установки

Для исследования процесса разлива жидкости при разгерметизации трубопроводов, была спроектирована экспериментальная установка, имитирующая гильотинный разрыв трубопровода. Установка позволяет исследовать разливы жидкостей на твердой непроницаемой поверхности (бетон). Схема установки представлена на рис. 1. Основным элементом установки является емкость, где непосредственно выполняются разливы жидкостей. Емкость ограничена твердой поверхностью (бетон) 1, на которой осуществляется разлив; стенками 4 и плоскостью симметрии 3. На установке разливы можно производить как на горизонтальной плоскости, так и на наклонной. Подача разливаемой жидкости осуществляется через отверстие 2. Можно задавать различный диаметр, тем самым изучая влияние размера отверстия на площадь разлива.

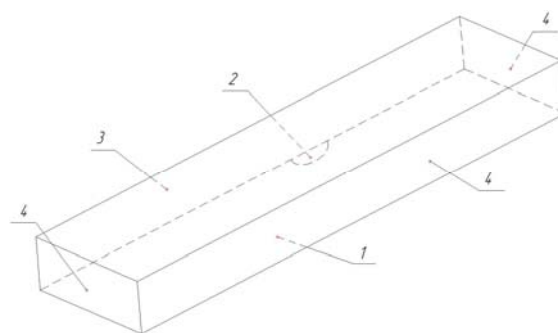


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

Внутри установки находятся воздух со следующими свойствами: вязкость $1,7894 \cdot 10^{-5}$ кг/(м·с), плотность $1,225$ кг/м³. В качестве рабочих жидкостей использовалась вода: вязкость $0,0008$ кг/(м·с), плотность 1000 кг/м³.

Экспериментальная часть

Для проведения расчетов течений жидкости и газа по программе FLUENT предварительно задавалась геометрия расчетной области и строилась разностная сетка. Эта задача решается с помощью препроцессора GAMBIT.

Задача симметричная, поэтому строим только половину установки, другую половину отображаем симметрично. Для построения геометрии в группы кнопок «Geometry» выбираем группу «Volume» с операциями над объемами, задаем параллелепипед с ребрами, параллельными осям некоторой системы координат, затем эллиптический цилиндр, объединяем поверхности. Затем выбираем группу кнопок «Mesh» – «Volume». Создание трехмерной сетки в заданном объеме. Введем 0.5 в текстовое поле напротив Ratio, тем самым, задавая размер ячейки. Выбираем кнопку в группе «Zones», которая служат для задания типа граничных условий и типа подобластей внутри расчетной области соответственно. Определим входные границы. Выберем «MASS_FLOW_INLET» в списке «Type». Определим симметричную плоскость. Выберем «SYMMETRY» в списке «Type». Определим поверхность разлива. Сохраним построенную геометрию и сетку во внешний файл: «File» → «Export» → «Mesh».

Можно задать различный угол наклона поверхности с помощью команды перемещения → копирование или перемещение со сменой их положения и (или) ориентации.

Открываем сохраненную сетку во «Fluent 6.3.26». Проверяем сетку. Следует контролировать, что минимальный объем ячеек не отрицателен, так как в этом случае FLUENT не будет проводить расчёты. Задаем материал. Помним, что в задаче две среды. Определение свойств нового материала под названием «вода» (water). Заходим в «Models» → «Multiphase». Задаем число фаз 2. Таким образом, задачи становятся двух фазной и сводиться к определению содержания той или иной фазы в ячейке. Определяем, что «phase-1» - «water», а «phase-2» - «air». Задание граничных условий для жидкости (fluid) в «Define» → «Boundary conditions...» Зададим граничные условия на входном отверстии основного канала (mass_flow_inlet.2). Инициализация поля скорости производится с использованием граничных условий на входной границе в качестве начального приближения: «Solve» → «Initialize» → «Initialize...» Представим контур распределение фаз в плоскости: «Display» → «Contours...» → «Phase...».

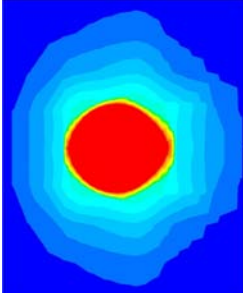
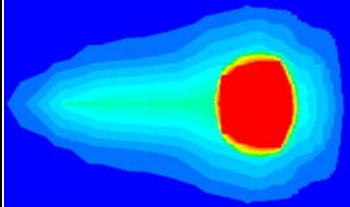
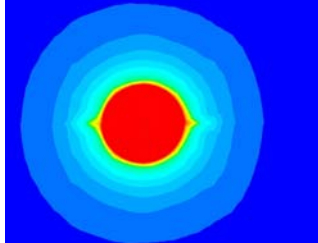
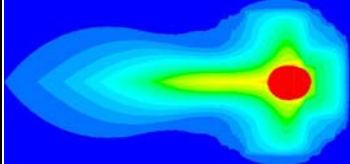
Ход эксперимента

Как мы уже указали, имеем две фазы. В установке находится воздух и первоначально занимает все пространство. Далее мы подаем жидкость – воду. Задали постоянный расход жидкости 0,02 кг/с. Задали время истечения 10 с. В каждой из ячеек содержится определенной количество той или иной среды в процентах, выраженная в долях, то есть минимальной содержание 0, максимальное 1. Соответственно, получили карту разлива.

Результаты эксперимента

Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты экспериментов

Условие эксперимента		Карта разлива
Диаметр отверстия, мм	Угол наклона, град.	
5	0	
5	15	
8	0	
8	15	

Выводы

В ходе экспериментов было установлено, что чем больше диаметр цилиндра (имитирующий повреждение), тем больше площадь распространению жидкости. С увеличением угла наклона увеличивается линейные размеры разлива.

Литература

1. Шапошникова Ю.Н. Проблема экологической безопасности трубопроводов для транспортировки нефти, газа и нефтегазопродуктов / Ю. Н. Шапошникова // Интернет-журнал «Технологии технической безопасности». - 2010. - № 1 (29). (<http://ipb.mos.ru/ttb>).

2. Гольянов А.А. Анализ методов обнаружения утечек на трубопроводах / А. А. Гольянов // Транспорт и хранение нефтепродуктов. - 2002. - №10-11. – С. 5-14.
3. Гумеров А.Г. Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов / А.Г. Гумеров, Х.А. Ахметов, Р.С. Гумеров, М.Г. Векштейн. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 1998.
4. Алексеев В.А., Моделирование процесса разлива нефти и нефтепродуктов при разгерметизации на подводных переходах магистральных нефтепродуктопроводов / В.А. Алексеев, А.Н. Миннегалеев, С.В. Алексеев, Р.Р. Ахметов // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. - № 8.

© **М. Э. Шарапов** – студ. КНИТУ; **В. А. Алексеев** – канд. техн. наук, доц. каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ, alekseev_v_a@mail.ru.