

МАССОПЕРЕНОС МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ ПРИ ВЫБРОСЕ ИЗ ЗОНЫ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

А.С. Зварыгин, Д.Н. Гончиков

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Современные задачи классической термодинамики подразумевают использование законов диффузионного распространения вещества в среде. Основные механизмы распространения вещества в атмосфере при выбросе под давлением заслуживают особого внимания в нефтегазовой отрасли как способы повышения пожаро- и взрывобезопасности производственных помещений. В случае ламинарного режима изменения концентрации вещества происходит постепенное синхронное движение равных объёмов (изоконцентраций). Данное явление справедливо для макроскопического уровня, в то время как на микроскопическом это изменение проходит более плавно. Значение концентрации газообразного вещества в атмосфере изменяется. Процесс перемешивания частиц на молекулярном уровне происходит из-за броуновского теплового движения, которое обуславливает постоянное столкновение молекул во всём исследуемом объёме, поэтому на данном уровне рассмотрения стратификация концентрационных зон неприемлема [3]. Заметим, что по прогнозированию и моделированию последствий аварийных выбросов метана в атмосферу при транспортировке природного газа по магистральным трубопроводам большого диаметра происходит при турбулентном течении [4].

Большой вклад в решение вопросов выброса газо-воздушных смесей и взрывобезопасности внесли: Я.Б. Зельдович, В.П. Карпов, Д.А. Франк-Каменецкий, В.В. Азатян, В.С. Бабкин, Г.И. Баренблатт, А.А. Григорян, Б.Е. Гельфанд, В.М. Шмелев, Н.А. Стрельчук и другие.

Основной методикой данной работы является расчёт избыточного давления взрыва метановоздушной смеси, выброшенной под давлением в атмосферу. На сегодняшний день для определения горения используются методика с допущениями: не учитывается время с момента начала утечки; параметры, изменяющие степень турбулизации. Вышеперечисленные ограничения могут усложнять или снижать точность ответов на вопросы распространения газа при авариях и промышленной безопасности, что подтверждает актуальность темы.

Исследование задачи диффузии вещества в смеси проводится в рамках пространственного уравнения закона сохранения массы индивидуальной компоненты с механизмами конвекции-диффузии, причем для потока массы вещества используется закон Фика [1-5]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v_x \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \frac{\partial C}{\partial y} + v_z \frac{\partial C}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

где, v_x, v_y, v_z – скорости относительно каждой из осей 3-мерного пространства, м/с.

В программном продукте Autodesk Inventor был смоделирован пробой трубы под давлением 4 МПа. (рис. 1). В качестве материала использован программный аналог стали 17Г2ФБЮ. Ситуация справедлива для газокompрессорных станций, узлов и крановых обвязок, содержащих соединения и работающие с природным газом под давлением. Анализ результатов производился на базе экспериментальной области с указанными размерами. Минимальный размер ячейки составил 1 м, а коэффициенты диффузии одинаковые по 3 направлениям $D_x = D_y = D_z = 0.025$ м/с. Пробой привёл к кратковременному выбросу 220 м³ газообразного вещества из трубы по центру (рис. 1).

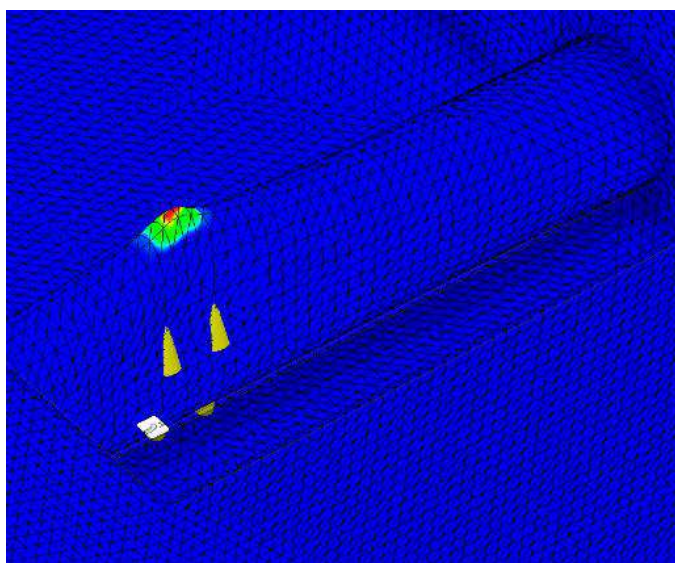


Рис.1 Моделирование пробоя в Inventor

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

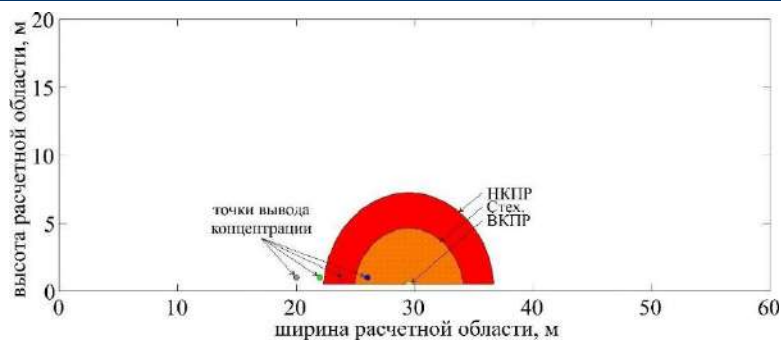


Рис.2 Сечение изоконцентраций спустя 2600 с.

Методика расчёта концентраций, представленная в данной работе, позволяет оценить поля равной концентрации метана после выброса. В ходе работы были получены сечение облака для наглядного отображения. Начальная концентрация и точки её замера изображены на рисунке 2. Рассмотрены теоретические основы диффузионных процессов. Установлены возможности практического применения законов диффузии к процессам массопереноса метана в атмосфере из зон повышенного давления. Создана геометрия производственного объекта на базе, которого ведётся моделирование. Методика решения диффузионных задач в одномерной, двумерной и трёхмерной постановке позволяет оценить не только особенности распространения примеси, изменения концентраций по пространству, но и актуальные вопросы в промышленной безопасности. [1-6].

Литература

1. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй [Текст] / Г.Н. Абрамович. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 720с.
2. Винниченко, Н.К. и др. Турбулентность в свободной атмосфере [Текст] / Н. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – 288с.
3. Загуменников Р. А. Параметры формирования взрывоопасных метано-воздушных смесей в производственных помещениях – диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва – 2016.
4. Кафаров, В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств [Текст] / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М.: Высш. шк., 1991. – 400с.
5. Юдин, М.И. Вопросы теории турбулентности и структуры ветра в свободной атмосфере с приложением к задаче о колебаниях самолёта [Текст]: дис. доктор физ.-мат. наук: 05.22.14 / Юдин М.И. – Ленинград, 1946. – 137с.
6. Glastone S., Textbook of Physical Chemistry, D. Van Nostrand Company, New-York-London

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И УГЛА УСТАНОВКИ ДИФFUЗОРА НА КОЛЕБАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ

А.А. Кегелик

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель. В работе дан анализ по данным эксперимента [4] деталей математического моделирования больших вихрей на центробежном насосе, чтобы исследовать влияние на флуктуации давления во вращающихся и стационарных каналах как в зависимости от скорости потока, так и ориентации лопатки диффузора.

Введение. Колебания давления в насосах являются серьезной проблемой, особенно в нестандартных условиях труда, из-за структурного напряжения, которое они производят на насос и другие элементы системы, где насос работает, вызывая также вибрации, шум и усталость. Многие экспериментальные исследования [2,3,5] были посвящены нестационарным сигналам давления, генерируемым в центробежных и смешанных насосах, в результате которых предлагались дизайнерские решения, направленные на уменьшение неустойчивых особенностей поля давления.

На рисунке 1[4] представлена схема моделируемого в эксперименте [4] центробежного насоса: меридиан отсечки всасывающей трубы (А); шесть лопастей рабочего колеса (В); концентратор (С); срез меридиана кожуха рабочего колеса (D); семь лопастей диффузора (Е); стенка диффузора со стороны ступицы (F); завиток и корпус на стороне ступицы (G). Также показаны места притока и оттока: