

ДВИЖЕНИЕ ТЯЖЕЛОГО ГАЗА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

М.Н.Новиков, А.С. Карсаков

Научный руководитель - профессор, доктор физ. –мат. наук Харламов С. Н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье критически анализируются современные известные сведения [1-4] о движении промышленных выбросов в приземном слое атмосферы на примере упрощенной модели тяжелого газа, которые могут составить предмет уточнений моделей для решения соответствующих задач в НГО. Также рассмотрено влияние начальной формы и наземных объектов на распространение облака выбросов. По оценкам влияния анализируются данные об эффективности предотвращения распространения облака.

Ключевые слова: выбросы, атмосфера, моделирование, динамика, тяжелый газ, математическая модель, приземный слой.

Цель – обсуждаются возможности математической модели распространения промышленного выброса по работам [1-4]. Рассмотрены рекомендации по использованию положений к моделированию задачи о выбросах при технологических процессах, сопровождающих НГ производство. Анализируются основные факторы распространения выбросов в атмосфере и проведен анализ эффективности методов предотвращения распространения выбросов в приземном слое атмосферы для рекомендации наиболее эффективных комбинаций к промышленному использованию в задачах НГО.

Введение. Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных проблем в мире. Это относится к загрязнению атмосферы вредными химическими веществами или биологическими материалами. Новые научные исследования показали [1-4], что некоторые загрязнители могут наносить вред здоровью и благосостоянию населения даже на очень низких уровнях. В настоящее время большая часть нашего загрязнения окружающей среды является результатом сжигания ископаемого топлива для выработки электроэнергии и тепла, а также для питания транспортных средств. В результате сгорания образуются такие газы, как оксиды азота, диоксид азота и твердые частицы. Эти газы могут также вступать в реакцию с другими газами в воздухе с образованием вторичных загрязнителей, таких как озон. Данная проблема выявлена на глобальном уровне и требует решения.

Физическое содержание модели. При исследовании динамики выбросов наибольший вклад вносят натурные эксперименты, с их помощью можно получать более полные данные о процессах, протекающих в зонах выбросов, изучить особенности движения выбросов в тех или иных условиях. Из наиболее успешных экспериментов можно выделить работы M.Nielsen и J. McQuaid [3]. Но такие эксперименты стоят не малых денег, а также способствуют ухудшению экологической обстановки, альтернативным способом является моделирование процессов и использованием программных комплексов. Движение выбросов, как и других примесей, в атмосфере совершается на фоне процессов, которые способны привести к усложнению теоретических моделей. Необходимо учитывать процессы, возникающие при турбулентном переносе вещества, фазовые переходы, реакции взаимодействия выбросов с окружающей атмосферой. Но технологии не стоят на месте и к настоящему времени разработаны модели, которые описывают движение парогазокапельных систем и выбросов, содержащих водяной пар и конденсат. Но включение параметров, описывающих данные движения, может привести к большому объему численных схем, с которыми справится не каждая вычислительная машина. Однако, для модели движения тяжелого газа характерен ряд свойств, упрощающих модель процесса переноса выбросов в атмосфере. Одним из таких свойств является то, что распространение тяжелого газа происходит вдоль поверхности земли. Также следует отметить, что чем меньше разность плотностей выброса и окружающей атмосферы, тем быстрее происходит процесс расплывания облака выбросов. Эти свойства, характерные для тяжелого газа, позволяют рассматривать облако выбросов как сплошную среду, которая подвержена действия поверхностных и объемных сил. Наиболее простыми моделями являются гидростатические и бокс-модели [4].

При создании теоретической модели процессов движения тяжелого газа для полного описания процесса необходимо учитывать как ряд свойства окружающей атмосферы, так и свойства самого газа. Под действие данных факторов происходят процессы формирования и расплывания облака выбросов.

Представляют интерес для практики данные исследований [1-4]. В данном случае была рассмотрена модель распространения тяжелого газа по подстилающей поверхности. Движение газов сопровождается действиями силы тяжести, турбулентным перемешиванием с окружающей атмосферой. Физическая модель описывает облако, состоящее из смеси тяжелого газа и воздуха, данная смесь принимается за гомогенную среду, при этом тяжелый газ является химически устойчивым и фазовые переходы отсутствуют. При численном решении определяющих уравнений математической модели используется метод крупных частиц. Также принято в работах, что скорость окружающей атмосферы равна нулю. Таким образом, движение облака происходит в условиях штиля. Помимо этого, считается начальные температуры газа и окружающего воздуха равны [1]. Отдельные результаты [2], важные для уяснения сути процессов, приведены на рис. 1-3.

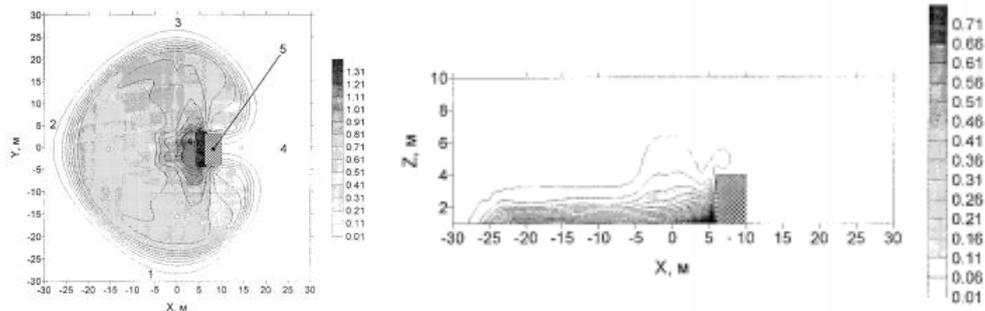


Рис. 1. Распространение облака при наличии одиночного строения [2].

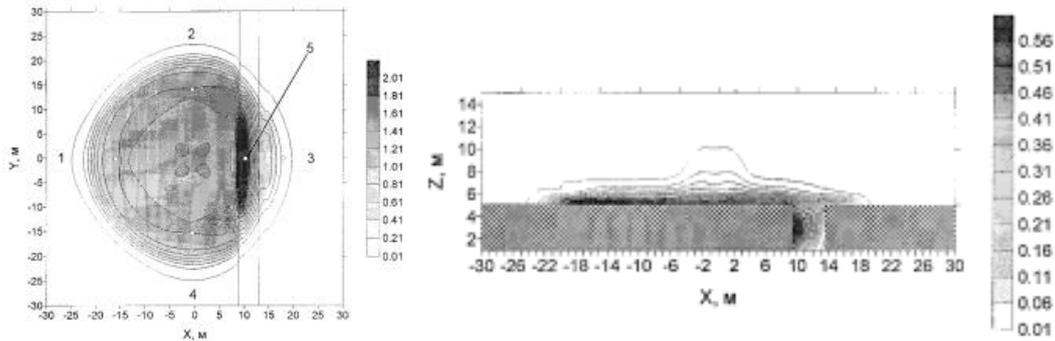


Рис.2. Распространение облака при наличии траншеи [2].

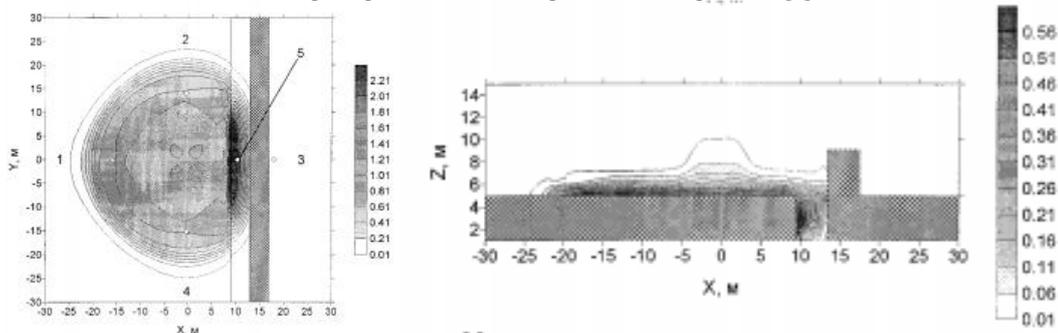


Рис.3. Распространение облака при наличии одиночного строения и траншеи [2].

Наш анализ материалов показывает, что в [1] было выяснено, что начальная форма облака не играет особой роли в динамике распространения облака газа, через некоторое время от начала выброса, границы облака приобретают округлые формы. Причиной этому является действием турбулентной вязкости, т.к. происходит интенсивное перемешивание, а значит и обмен импульсами между различными слоями.

Для выявления влияния наземных объектов на динамику распространения облака, в работе [2] было рассмотрено несколько видов препятствий, среди которых искусственный ров и ограждение в виде стены, а также их совместное применение. По рисункам 1-3 можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным для решения соответствующих задач НГО является применение комбинированного использования ограждений. Также наличие рва способствует отложению газа, плотность которого выше воздуха, внутри него. Для дополнительной защиты с целью предупреждения распространения облака за ров, рекомендуется также установить за рвом сплошную стену.

Таким образом, следует иметь в виду, что в условиях штиля основным фактором распространения выбросов будет разность плотностей смеси и воздуха. Выброс будет продолжать распространение до выравнивания плотностей с окружающей атмосферой. Наибольшую эффективность при остановке движения фронта выброса показала комбинация рва и ограждения, расположенного непосредственно за рвом. Возможно, стоит рассмотреть данную комбинацию к практическому применению.

Литература

1. Баянов И.М. Динамика многофазных выбросов в приземном слое атмосферы // Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук – Уфа, 2007, – С. 23
2. Баянов И.М., Гильмуллин М.З., Шагапов В.Ш. Расчет растекания тяжелого газа вдоль земной поверхности по трехмерной модели. // Прикладная механика и техническая физика, 2003, т. 44, №6, - С . 130-139.
3. McQuaid J., Observations of the current status of field experimentation on heavy gas dispersion.// In G. Oomsand H.Tennekes. Atmospheric Dispersion of Heavy Gas and small Particles, - 1983, pp.241-265
4. Witlox H.W.M. The Hegadas model for ground-level heavy-gas dispersion - I. Steady-State model.// Atmos. Environ., 1994, V.28(18), pp.2917-2932.