



Қазақстан Республикасы
Ұлттық инженерлік академиясының

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Национальной инженерной академии
Республики Казахстан

№ 1 (63)

Алматы
2017

СОДЕРЖАНИЕ

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Послание Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева народу Казахстана «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность»	5
Жумагулов Б. Т. Выступление на расширенном заседании Президиума НИА РК, посвященного обсуждению Послания Президента РК «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 года по направлению «Перспективы развития казахстанской науки»	8
Спицын А. Г. Новая индустриализация экономики и перспективы евразийской интеграции	11
Медиева Г. А. Золотой фонд страны	21

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Егизбаева А. Д., Уткильбаев К. К., Жакебаев Д. Б. Исследование на основе математического моделирования качества воды в трубопроводе	24
Жомарткызы Г. Разработка технологической поддержки и структуры системы управления научными знаниями вуза	29
Синчев Б., Муханова А. М. Необходимые условия оптимальности процессов в управляемых системах	34
Кегенбеков Ж. К., Голубенко А. А. Использование ERP-систем в цепях управления поставок для повышения эффективности предприятия	39
Bismildin I. R. Finite element model of rigid body inertia	44
Маусумбекова С. Д., Елешкызы С. Компьютерное моделирование переноса тяжелых газов в нижнем слое атмосферы с применением ANSYS	52
Сарсенбек М. Б. Вычислительная платформа для системы телемониторинга	58

МЕТАЛЛУРГИЯ

Метакса Г. П., Багашарова Ж. Т., Орынгожин Е. С. О новой технологии выщелачивания золотоносных пород	64
Алимбетов У. С., Зайнелова Г. З., Краузе В. Э., Апышева А. А., Сактаева А. А., Мухамедиева А. Г. Рациональное использование ВЭР: социально-экономическое значение	70

С. Д. МАУСУМБЕКОВА, С. ЕЛЕШКЫЗЫ

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ТЯЖЕЛЫХ ГАЗОВ В НИЖНЕМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ANSYS

Рассматривается компьютерное моделирование переноса тяжелых газов в нижнем слое атмосферы с помощью современного программного комплекса ANSYS, являющегося базой для численных исследований задачи экологии. Построена численная модель распространения облаков опасных газов из источников производственных объектов. Исследованы и описаны распределения концентраций газов в нижнем слое атмосферы при различных начальных данных характеристик потока.

Ключевые слова: метод конечных объемов, нестационарная задача, уравнение неразрывности, расчетная область, модель турбулентности.

Бұл жұмыста экология есептерінің сандық зерттеулеріне база болып табылатын ANSYS заманауи программалық кешені көмегімен ауыр газдардың ауаның төменгі қабатында таратуы қарастырылған. Өндірістік нысандардан шыққан қауіпті газдар бұлтының таратуына сандық модель құрылған. Тасқынның әр түрлі бастапқы сипаттамалары кезінде ауаның төменгі қабатында газдардың шоғырлануы зерттелген және сипатталған.

Кілттік сөздер: ақырғы көлем әдісі, тұрақсыз есеп, үзіліссіздік теңдеуі, сандық аумақ, турбуленттілік моделі.

The paper deals with the numerical modeling of the transport of heavy gases in the lower layer of the atmosphere by the modern software package ANSYS, which is a base for numerical studies of environmental problems. In this paper a numerical model of the spread of hazardous gas clouds from the sources of production facilities was constructed. The distribution of gas concentrations in the lower layer of the atmosphere gases with different initial characteristics of the data stream is investigated and described.

Keywords: the finite volume method, non-stationary problem, the continuity equation, the computational domain, the turbulence model.

Введение. Загрязненность окружающей среды, в частности атмосферы, увеличивается в связи с возрастающими антропогенными нагрузками. Поэтому мониторинг и прогнозирование загрязнения атмосферы всегда были и остаются актуальными проблемами.

Моделирование динамики распределения тяжелых газов в нижнем слое атмосферы с использованием программного комплекса (ПК) ANSYS является целью этой статьи. ПК ANSYS – современная база для успешных исследований задач экологии, в частности для прогнозирования распространения загрязняющих веществ, облаков опасных газов в воздухе, возникающих при авариях на производственных объектах.

Поставленная цель была реализована при решении таких задач, как создание математической модели динамики атмосферы в нижнем слое атмосферы, исследование влияний начальных данных на распределение характеристик потока.

Основная часть. Физические процессы в нижнем и иных слоях атмосферы во многом отличаются. Состояние нижнего слоя атмосферы очень тесно связано с со-

стоянием поверхности Земли. В пограничном слое атмосферы метеорологические величины подвергаются внезапным изменениям с высотой, вертикальные градиенты метеорологических компонентов в данном слое на несколько порядков выше, чем в иных слоях [1].

Для расчета огромного количества научных и прикладных задач необходимо найти вертикальные профили метеорологических элементов и характеристик пограничного слоя атмосферы (ПСА), характеризующих метеорологические явления, которые происходят в нем, и даже процессов транспорта загрязнителей и аэрозоля. Решение задач горизонтально-неоднородного ПСА является сложным процессом [2].

Наиболее известный современный продукт – программный комплекс ANSYS, который представляет собой многоцелевой пакет программ для численного моделирования физических процессов и явлений.

Оболочка ANSYS Workbench служит средой и программной платформой, обладающей широкими возможностями для интеграции различных приложений в единое рабочее пространство и обмена данными между ними. Проект в среде Workbench представляет собой виртуальное пространство, в котором с помощью комбинаций различных модулей формируется шаблон расчета [3].

Для создания модели динамики нижнего слоя атмосферы были проделаны следующие этапы работ в ANSYS Workbench:

1. DesignModeler – создание/импорт геометрической модели.
2. Mesh – пространственная дискретизация расчетной области (покрытие геометрической области сеткой конечных элементов/конечных объемов).
3. Setup – выбор физико-математической модели, описание расчетной схемы, задание граничных и начальных условий.
4. Solution – процесс решения задачи, контроль за сходимостью решения.
5. Results – обработка и анализ результатов.

Первым этапом решения задачи являлось создание геометрической модели в модуле Design Modeler. Для задания геометрии нижнего слоя атмосферы была выбрана область, которая представляет собой параллелепипед с размерами 50х50х500 м.

На втором этапе выполнялась пространственная дискретизация расчетной области, которая соответствует исходной геометрической модели, полученной на первом шаге. Построение сетки производится с помощью модуля Meshing.

Третьим шагом решения задачи является правильный выбор необходимого расчетного модуля. Для получения решения нестационарной задачи был использован модуль ANSYS CFX. С помощью этого модуля поставленная задача решалась методом конечного объема, в котором уравнения неразрывности, движения и энергии записываются в общем интегральном виде:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \int_S \rho \phi \vec{v} d\vec{A} = \oint_S \Gamma_\phi \vec{V} d\vec{A} + \int_V S_\phi dV.$$

Здесь ϕ – величина, зависящая от решаемого уравнения. Для уравнения неразрывности $\phi = 1$; для уравнения движения $\phi = \rho \vec{v}$ – удельный поток массы; для уравнения

энергии $\phi = \rho E$ – удельный поток энергии. Коэффициент Γ_ϕ в уравнении представляет собой коэффициент переноса величины ϕ в соответствующем уравнении, а S_ϕ – интенсивность генерации величины ϕ , т. е. слагаемое, характеризующее источник; V – элементарный объем; S – поверхность, окружающая элементарный объем. Вся расчетная область делится с помощью сетки на конечные объемы и для каждой ячейки записываются интегральные законы сохранения. Интегралы, входящие в уравнения, аппроксимируются с использованием средних значений полей на гранях ячеек, которые связаны со значениями в узлах линейными соотношениями.

В программном комплексе ANSYS уделяется особое внимание разработке современных моделей турбулентности для эффективного и точного расчета турбулентных процессов. В работе расчет поставленной задачи происходил на основе двухпараметрической $k - \varepsilon$ модели турбулентности. В представленной модели решаются два дифференциальных уравнения для переноса кинетической энергии турбулентности и переноса диссипации турбулентности.

Были рассмотрены тяжелые газы: сероводород H_2S и диоксид серы SO_2 , у которых температура выше, чем температура воздуха. Относительная плотность газов – 0,92 и 0,87 соответственно [4]. Будет рассматриваться мгновенный выброс газа и последующее распространение первичного облака.

В поставленной задаче на входе в расчетную область были заданы следующие условия: на входной границе цилиндрической трубы задавался профиль скорости выброса газа 40 м/с, а для подробного исследования динамики газов были выбраны скорости ветра, предполагаемого расположенным со стороны источника 6, 10 и 20 м/с в установленном времени $t = 200$ с.

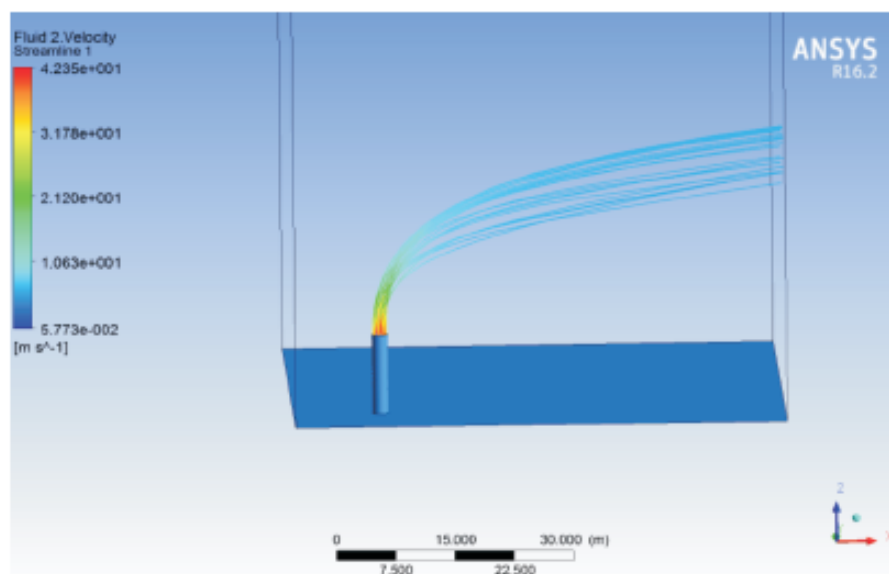


Рисунок 1 – Распределение скорости смеси H_2S и SO_2 от источника выброса при начальной скорости ветра 6 м/с

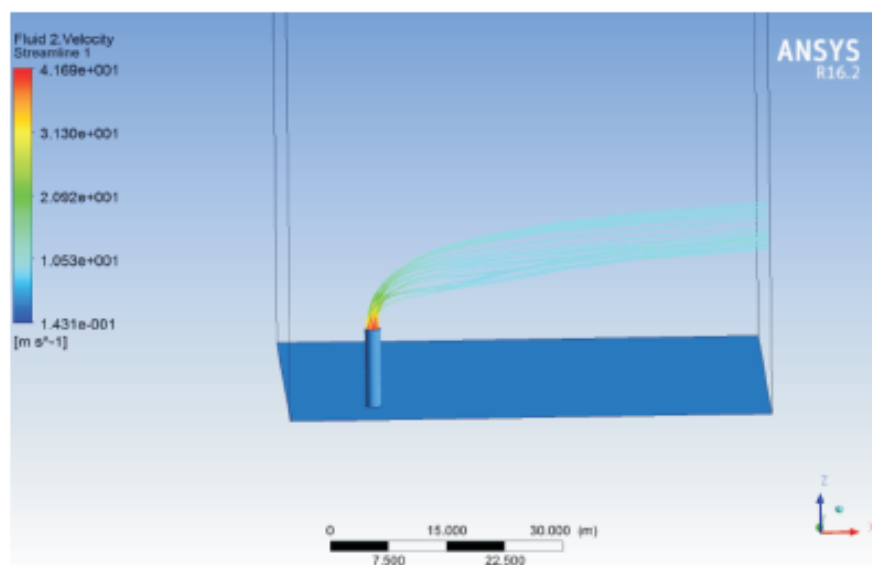


Рисунок 2 – Распределение скорости смеси от источника выброса при начальной скорости ветра 10 м/с

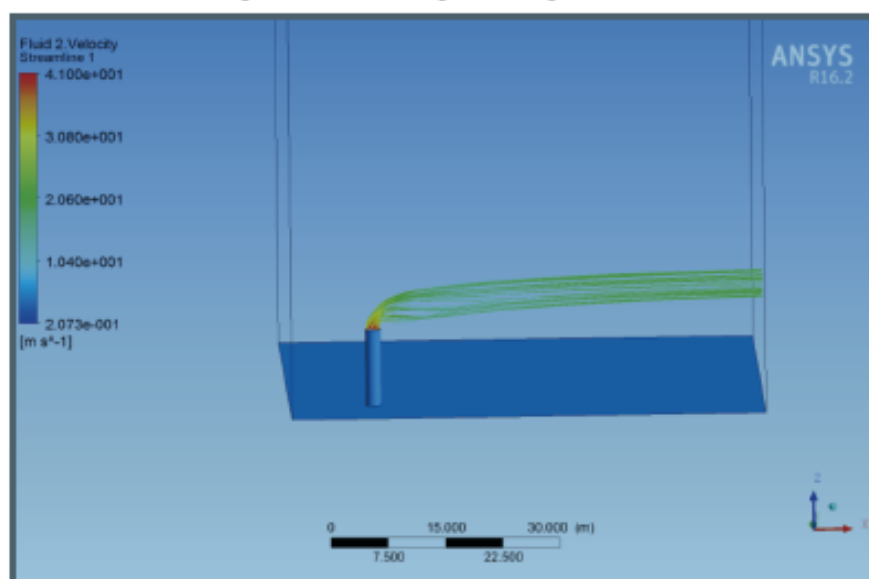


Рисунок 3 – Распределение скорости смеси от источника выброса при начальной скорости ветра 20 м/с

Результаты расчетов. Как видно из рисунков 1–3, распределение скорости указывает на распределение самой концентрации, т.е. при малых начальных значениях скоростей распределение концентрации занимает большую часть вертикальной области распространения, тогда как при больших скоростях концентрация распространяется горизонтально сразу при выходе из трубы.

Распределение самой концентраций приведено на рисунках 4–6.

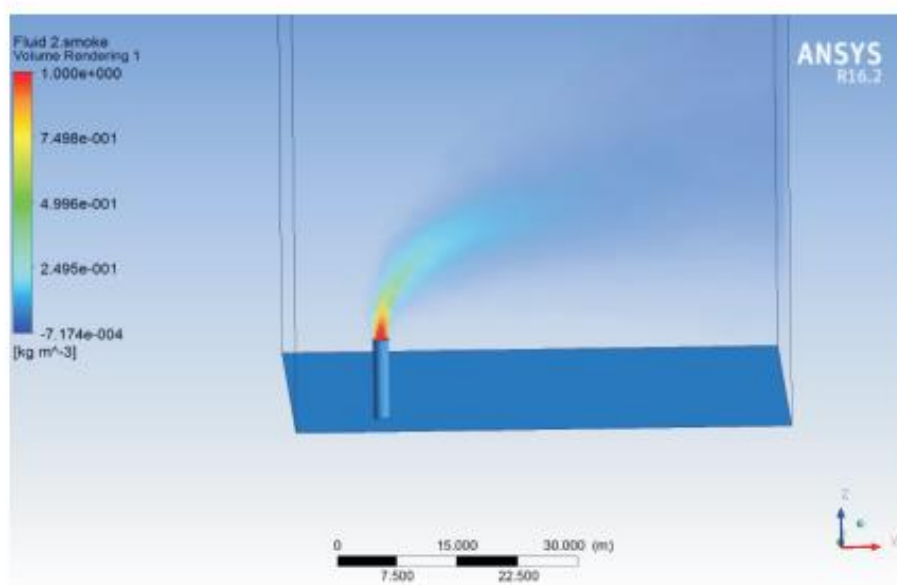


Рисунок 4 – Распределение дыма смеси H_2S и SO_2 от источника выброса при начальной скорости ветра 6 м/с

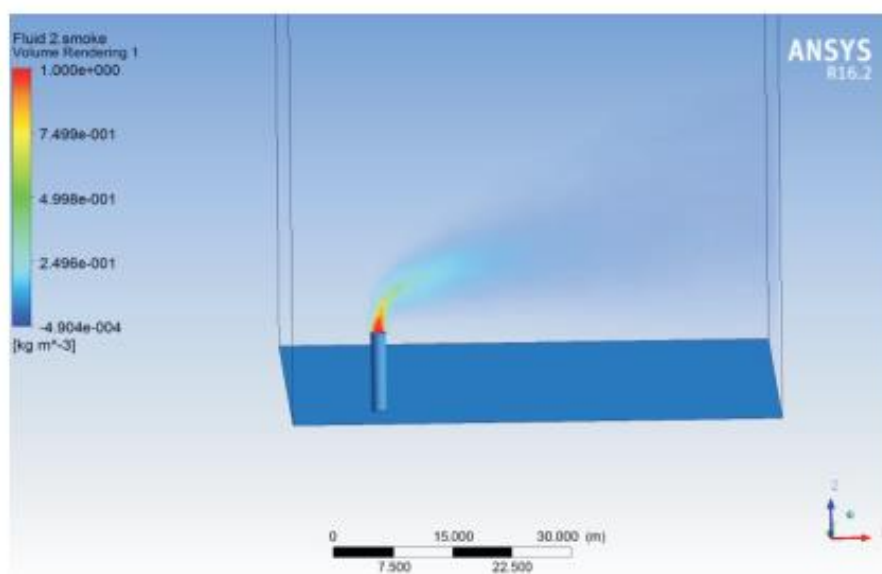


Рисунок 5 – Распределение дыма смеси H_2S и SO_2 от источника выброса при начальной скорости ветра 10 м/с

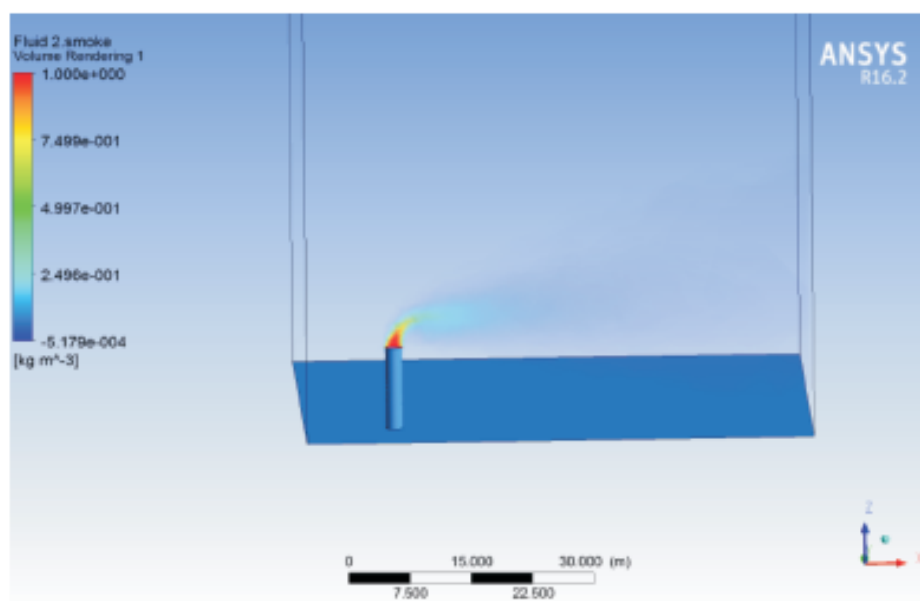


Рисунок 6 – Распределение дыма смеси H_2S и SO_2 от источника выброса при начальной скорости скорости ветра 20 м/с

Как видно из рисунков 4–6, загазованность образуется в устьях источников, а после перемешивания за счет турбулентности ветра плавучесть течения значительно изменяется с наветренной стороны к подветренной стороне источника выброса. В проведенных экспериментах с целью исследования распространения тяжелого газа важную роль играла турбулентность атмосферы. При высокой скорости ветра наблюдается интенсивное перемешивание облака, газ начинает более ускоренно уноситься ветром по сравнению с меньшими значениями скорости ветра, область с высокой концентрацией со временем становится более вытянутой.

Выводы. Численные эксперименты прогноза распространения примесей из техногенных источников позволяют достаточно точно решать задачи экологической экспертизы проектов промышленного развития территорий. Применение наукоемких моделей, используемых для анализа и прогноза состояния окружающей среды, позволит минимизировать степень экологической опасности, улучшить уровень комфорта проживания и отдыха населения и оптимизировать финансовые затраты на экологические мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Матвеев Л.Т. Физика атмосферы: Учебник. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 777 с.
- 2 Безуглова Н.Н., Суковатов Ю.А., Суковатов К.Ю. Использование уравнений турбулентности для расчетов горизонтально-неоднородного пограничного слоя атмосферы // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2004. – № 2. – С. 103–105.
- 3 Вальгер С.А., Данилов М.Н., Захарова Ю.В., Федорова Н.Н. Основы работы в ПК ANSYS 16.0: Учебное пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2015. – 240 с.
- 4 Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В.С. Исследования влияния скорости ветра и застройки на распространение облаков легких газов численным моделированием // Безопасность жизнедеятельности. – Нижнекамск, 2006. – №11. – С. 4–7.