

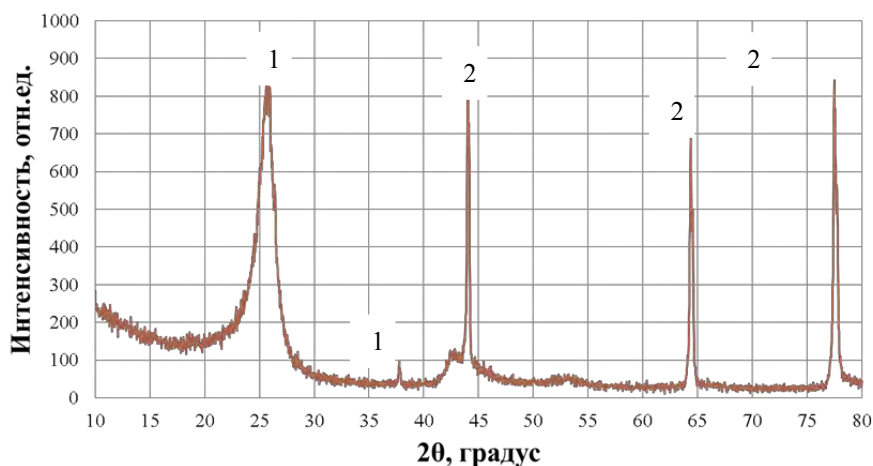


Рис. 2. Результаты рентгенофазового анализа: 1 – углерод в фазе графита, 2 – материал подложки

Для экспериментального изучения сорбции водорода, была создана установка с использованием квадрупольного масс-спектрометра MC 7-200.

Установка состоит из нагреваемого реактора *CT*, который соединен с термодатчиком *ТС*. Откачка системы до давлений ниже атмосферного производится форвакуумным насосом *N*. Контроль давления осуществляется с помощью термодатчиков *PT* и манометрических преобразователей *PD*. В качестве источника водорода использована установка по получению водорода *QL 500*. Контроль выделяющегося водорода в реакторе осуществляется квадрупольным масс-анализатором MC 7 - 200.

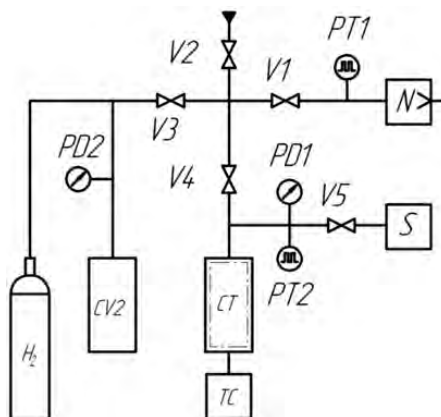


Рис. 3. Схема экспериментальной установки по изучению сорбции водорода

По получаемым экспериментальным данным производятся расчеты и определение основных кинетических параметров процессов сорбции водорода образцами. Определяются: энергия активации, тип адсорбции, порядок реакции и ее скорость, емкость системы и др.

Таким образом, подготовлена база для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований различными структурными

модификациями углерода с целью создания системы, обеспечивающей хранение водорода.

Список литературы:

1. Hirscher M., Becher M., Haluska M. et al. Hydrogen storage in carbon nanostructures // J. of Alloys and Compounds. – 2002. Vol. 330–332. – P. 654–658.
2. О кинетике сорбции водорода наноструктурными композитными материалами/Видяев Д.Г., Савостиков Д.В., Селянин А.С., Сидоркин А.С.//Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Том 56; №11/3. – С.280–283.

Математическое моделирование распространения загрязняющей примеси в осредненной постановке

Буторина Д.А., Сопруненко Э.Е., В.А. Перминов

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, г. Томск

E-mail: dasha-butorina@mail.ru

В настоящее время, уровень загрязнения воздуха городов в результате выбросов промышленных предприятий, зачастую, несмотря на существующие методы очистки, превышает предельно допустимые концентрации санитарных норм. В данной ситуации возникает острая необходимость эффективного решения задач, как по оценке существующего положения так и

получения достоверного прогноза распространения загрязняющих веществ в атмосфере от точечных стационарных источников с целью предотвращения и уменьшения их воздействия на окружающую среду. Для реализации таких задач специалисты в области техносферной безопасности должны уметь эффективно осуществлять оценку, анализ и прогноз распространения загрязняющего вещества (ЗВ) от источника.

Цель данной работы заключается в построении математической модели, которая позволит проанализировать процесс распространения загрязняющего вещества в атмосфере. Объектом исследования в работе является процесс переноса загрязняющего вещества от источника в осредненной постановке (**Рис. 1**. Область распространения концентрации ЗВ от источника при скорости ветра 3 м/с).

Последовательность численного решения поставленной задачи можно представить в виде следующего алгоритма:

- 1) физическая постановка задачи;
- 2) математическая постановка задачи, включающая разработку и выбор математической модели;
- 3) определение метода решения полученных уравнений в математической модели;
- 4) разработка проекта (листинга) программы для программирования на основе уже полученного решения дифференциальных уравнений с помощью программного пакета MatLab;
- 5) анализ результатов, и внесение корректировок (изменений) в математическую модель и программный код.

Начиная с физической постановки задачи, определяющим для нас является то, что загрязнение окружающей среды связано с процессами теплообмена. Большинство задач теплообмена, с которыми в настоящее время приходится сталкиваться специалистам, не поддаются аналитическому решению, и единственная возможность их теоретического анализа — получение численного решения. Численное решение задач, связанных с теплообменом и другими сопутствующими процессами, можно начать, только отразив и описав законы, управляющие этими процессами. Последние выражаются в математической форме в виде дифференциальных уравнений.

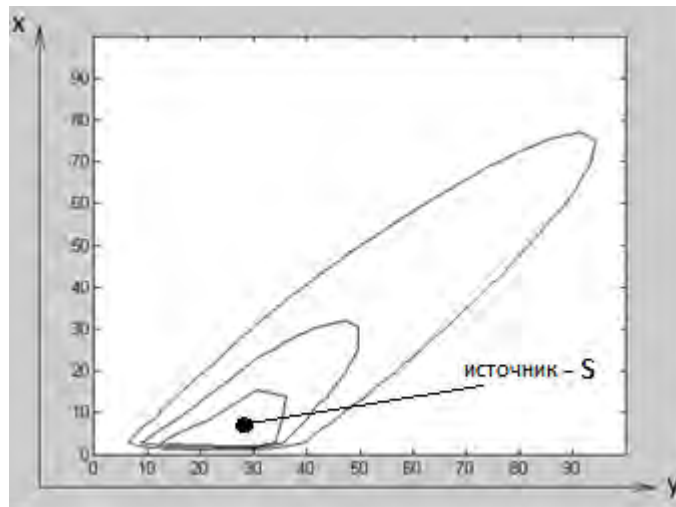


Рис. 1. Область распространения концентрации ЗВ от источника при скорости ветра 3 м/с

На следующем этапе рассматриваемые нами физические процессы описываются дифференциальными уравнениями, которые могут быть представлены в виде обобщенного уравнения для переменной C – концентрации загрязняющего вещества. Процесс распространения выбросов происходит за счет их переноса воздушными массами и диффузии, обусловленной турбулентными пульсациями воздуха. В качестве исходного уравнения, описывающего процесс распространения загрязняющего вещества, получим нестационарное двухмерное уравнение диффузии [1]:

$$\rho \left(\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S - \frac{\alpha}{h} (C - C_\infty), \quad (1)$$

где t – время; x, y – оси декартовой прямоугольной системы координат; ρ – плотность воздуха; C – интегральная по высоте концентрация примеси; u, v – компоненты вектора скорости

ветра оси x и y , K – коэффициент турбулентной диффузии; S – источниковый член, $S = f(x,y) \cdot g(t)$; $f(x,y)$ – функция, характеризующая пространственное расположение источника; $g(t)$ – интенсивность действия источника. h – высота, по которой производится осреднение; α – коэффициент массопереноса; C_∞ – фоновая концентрация.

Граничные условия к поставленной задаче на границах задаются следующие:

$$C_{t=0} = 0;$$

$$C_{x=0} = 0;$$

$$\frac{\partial C}{\partial x_{x \rightarrow \infty}} = 0;$$

$$\frac{\partial C}{\partial x_{y \rightarrow \infty}} = 0;$$

$$\frac{\partial C}{\partial y_{y \rightarrow \infty}} = 0;$$

$$S(t) = \begin{cases} C_0(t), (x, y) \in r \\ 0, (x, y) \notin r \end{cases}$$

Численное решение дифференциального уравнения состоит из набора чисел, по которому можно построить распределение зависимой переменной C . В этом смысле численный метод подобен лабораторному эксперименту, где мы имеем возможность определить распределение измеряемой величины в рассматриваемой области по набору показаний приборов.

В качестве численного метода, используемого для получения дискретного аналога, связывающего значение Φ в некоторой группе узловых точек нами был выбран метод контрольного объема. Основная идея метода контрольного объема легко понятна и поддается прямой физической интерпретации. Расчетную область разбивают на некоторое число непересекающихся контрольных объемов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном контрольном объеме. Дифференциальное уравнение интегрируют по каждому контрольному объему. Для вычисления интегралов используют кусочные профили, которые описывают изменение Φ между узловыми точками. В результате находят дискретный аналог дифференциального уравнения, в который входят значения Φ в нескольких узловых точках. Полученный подобным образом дискретный аналог выражает закон сохранения искомой функции для конечного контрольного объема точно так же, как дифференциальное уравнение выражает закон сохранения для бесконечно малого контрольного объема. Условие полного баланса предполагает интегральное сохранение рассматриваемой величины во всей расчетной области. Мы можем утверждать, что тепловые потоки, массовые расходы и потоки количества движения будут правильно отражать баланс с соответствующими источниками, причем для любого числа узловых точек, а не только в пределе при очень большом числе точек [2].

Далее, для решения полученной системы линейных алгебраических уравнений, был использован алгоритм Томаса или TDMA (Tri-diagonal-Matrix Algorithm – трехдиагональный матричный алгоритм) [2].

После получения дискретных аналогов встает задача реализации математической модели, а именно создание компьютерной программы, описывающей процесс. Наша задача на данном этапе заключается в реализации численного метода решения системы уравнений, описывающих процесс, с помощью языка программирования и стандартного математического пакета. В качестве последнего использован интегрированный математический пакет MatLab.

Ключевым недостатком физического моделирования является то, что эксперимент не дает полной информации о внутреннем состоянии системы. В эксперименте исследователь видит то, «что происходит», но не знает или не всегда знает «почему», что нельзя сказать про математическое моделирование и получение численных и визуализированных данных [3]. При оценке распределения концентраций загрязняющего вещества от источника, эффективным является применение методов математического моделирования процессов распространения примесей с последующим анализом поведения этих примесей в зависимости от вариации внешних условий.

На основе полученных данных появляется возможность определения рационального и безопасного с экологической точки зрения, положения для источника загрязнения, и установление зависимости рассеивания загрязняющего вещества от внешних условий. Численное решение занимает выигрышное лидирующее место при изучении процессов тепломассообмена по ряду причин: низкая стоимость, высокая скорость получения результата, возможность математического

моделирования реальных условий, численное решение задачи дает подробную и полную информацию об изучаемом процессе.

Список литературы:

1. М.Ф. Кожевникова, В.В. Левенец, И.Л. Ролик. Идентификация источников загрязнения: вычислительные методы // Журнал «Вопросы атомной науки и техники». Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (19). 2011. – № 6. – С.149-156.
2. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
3. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. Оценка загрязнения атмосферы и поверхности земли. М. – Из.: ИКИ, 2003 – 184 с.

Применение газотурбинных установок в нефтегазовой промышленности

Гирина А.А., Боруш О.В.

Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск

E-mail: anna.girina@mail.ru

В настоящее время газотурбинные установки получили признание в энергетике и многих отраслях промышленности, как полностью освоенное, надежное оборудование.

Газотурбинная установка (ГТУ) представляет собой тепловой двигатель, в котором химическая энергия топлива преобразуется сначала в тепловую, а затем в механическую энергию на вращающемся валу. Простейшая ГТУ состоит из компрессора, в котором сжимается атмосферный воздух, камеры сгорания, где в потоке этого воздуха сжигается топливо, и турбины, в которой расширяются продукты сгорания. Так как средняя температура газов при расширении существенно выше, чем воздуха при сжатии, мощность, развиваемая турбиной, оказывается больше мощности, необходимой для привода компрессора. Их разность представляет собой полезную мощность ГТУ.

Модельный ряд ГТУ достаточно разнообразен от микро турбин мощностью 0,015 МВт до турбин больших мощностей (около 400 МВт). Из этого следует, что спектр применения газотурбинных энергоустановок достаточно широк.

ГТУ являются основным видом двигателей, используемых в авиации, на железнодорожном, морском, речном и автомобильном транспорте. Распространены парогазовые установки (ПГУ), в которых совместно работают паротурбинные и газотурбинные установки. Они позволяют на несколько процентов сократить расход топлива по сравнению с лучшими паротурбинными установками и имеют высокий коэффициент полезного действия (КПД). Наряду с паротурбинными установками и двигателями внутреннего сгорания ГТУ применяют в качестве основных двигателей на передвижных электростанциях. Газотурбинные установки находят также широкое применение в нефтедобывающей и газодобывающей промышленности. Кроме того, ГТУ служат приводом нагнетателей природного газа на магистральных газопроводах, резервных электрогенераторов пожарных насосов. Газотурбинные энергоустановки применяются в качестве постоянных, резервных или аварийных источников тепло- и электроснабжения в городах, а также отдаленных, труднодоступных районах. [1]

На сегодняшний момент отечественные производители с трудом могут конкурировать на мировом рынке производства газовых турбин, кроме того, в связи с международной изоляцией российская промышленность сталкивается с множеством трудностей. В России существует лишь несколько предприятий, выпускающих ГТУ, их модельный ряд достаточно ограничен. Газовые турбины больших мощностей в России не выпускаются.

Наиболее актуальной сферой применения ГТУ малой мощности является нефтегазовая промышленность. Современная нефтегазовая отрасль характеризуется растущими темпами добычи природных ресурсов. Рост нефтедобычи происходит в основном за счет ввода в эксплуатацию нефтедобывающих установок на новых месторождениях Европейской части страны, Восточной Сибири и Дальнего Востока, как правило, в труднодоступных районах со сложными ландшафтными и климатическими условиями, где не развита или вовсе отсутствует сетевая инфраструктура. Проведение линий электропередач в такие районы потребует немало времени и чаще всего экономически нецелесообразно, так как влечет за собой большие капитальные затраты. Уже эксплуатируемые перспективные месторождения также характеризуются интенсификацией добычи, причем вследствие увеличения износа таких объектов, существенно возрастает