

Моделирование поведения дисперсных веществ наноразмерного уровня в специальном канале фильеры

д.т.н. проф. Клевлеев В.М., к.т.н. доц. Кузнецова И.А.

Университет машиностроения

Rabota731@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы организации моделирования объектов наноразмерного уровня. Выполнены исследования и разработана методика инженерного расчета процесса уплотнения сыпучих составов в геометрически сложной фильере.

Ключевые слова: наноматериалы, компьютерное моделирование, алгоритм, методика инженерного расчета.

Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года определила приоритетные направления масштабного освоения, среди которых - использование наноматериалов. К перспективным направлениям следует отнести проведение фундаментальных исследований nanoобъектов и наносистем: исследование механических, физико-химических и иных свойств наноматериалов, моделирование процессов формирования наноструктур. Применение в промышленности веществ на основе наноразмерных компонентов требует проведения углубленных экспериментальных и теоретических исследований. При этом сложность воспроизведения некоторых экспериментальных данных и технологических процессов может быть восполнена широко применяемыми альтернативными методами исследования – математическим и компьютерным моделированием.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к моделям, являются требования:

- адекватности, т.е. правильного соответствия свойств изучаемому реальному объекту относительно выбранной системы (прежде всего, это качественное описание рассматриваемых свойств объекта, а также количественное описание этих свойств с некоторой разумной точностью),
- правдоподобия (данное условие тесно связано с требованиями адекватности),
- достаточной простоты и полноты модели (наличия принципиальной возможности с помощью математических методов получить все интересующие утверждения),
- продуктивности и доступности исходных данных,
- наглядности (желательное, хотя и не обязательное требование к модели).

Настоящая статья рассматривает основные этапы по моделированию поведения материалов, имеющих наноразмерный уровень и подвергающихся уплотнению в специальном канале фильеры, а также этапы методики инженерного расчета данного технологического процесса.

Схема математического моделирования процесса формирования состава с содержанием наноразмерных компонентов в канале фильеры заключалась в разделении всего процесса исследования на ряд последовательных этапов и продвижения исследования от стартового состояния к финальному результату. Общий подход к решению такого рода задач представлен на рисунке 1. В соответствии с выбранной физической моделью формировалась математическая модель реального явления, более подробно рассмотренная в работах [1, 2].

В конической фильере за счет увлекающего движения наружной оболочки происходит уплотнение сыпучего состава с содержанием наноразмерных частиц до нужной плотности и геометрических размеров. Под действием нормальных и касательных напряжений на контактной поверхности материала и оболочки, а также под действием приложенных сил материал их насыпного состояния переходит в компактированное. На данном этапе проводится математическая формализация описания физического процесса и осуществляется математическая постановка задачи с основными допущениями: процесс проходит в изотермических условиях, задача решается в осесимметричной постановке, массовые силы по сравнению с по-

верхностными не учитываются.

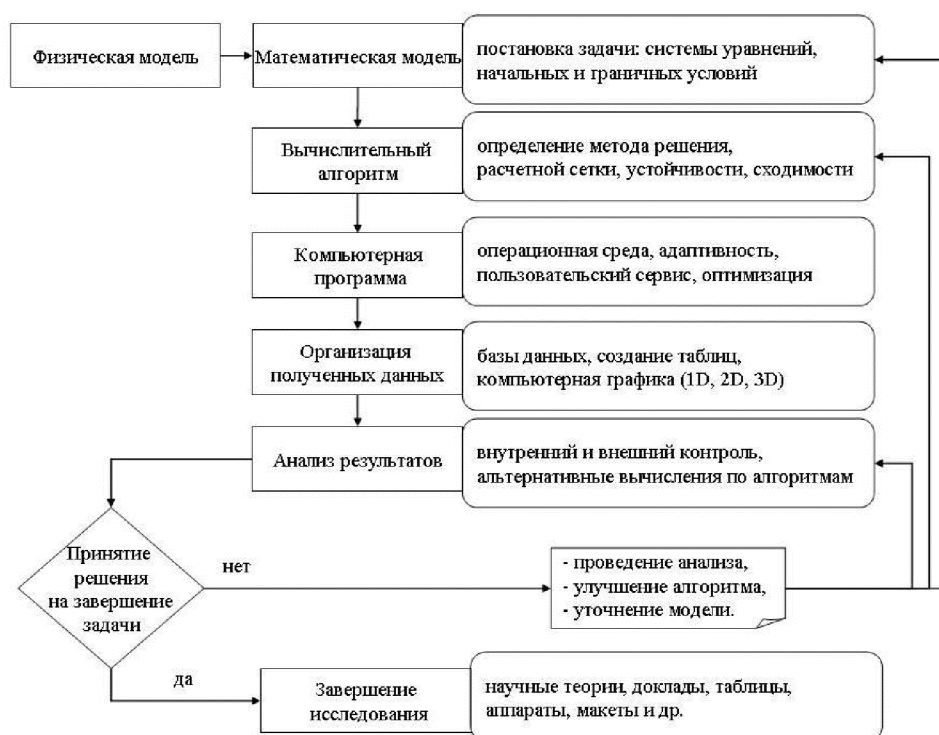


Рисунок 1 – Основные этапы математического моделирования

До перехода к следующему этапу моделирования – конструированию вычислительного алгоритма – проводился теоретический анализ математической модели: исследование корректности постановки, анализ возможных решений и т.п. Данный анализ позволил использовать качественные численные методы и прогнозировать особенности решения.

Компьютерное моделирование поведения материалов под действием прилагаемых нагрузок является весьма трудной задачей, поскольку в большинстве случаев не удастся сформулировать корректную математическую постановку из-за недостатка информации о реальном объекте. Основной трудностью по-прежнему остается проблема перехода от непрерывного представления математической задачи к ее дискретному аналогу, поскольку компьютер оперирует только дискретным представлением информации. Вследствие этого требуется проведение тщательного контроля свойств разрабатываемого алгоритма. Еще одной сложностью является вопрос выбора метода моделирования, который наиболее близко отражает поведение исследуемых веществ при различных условиях наружного (или внутреннего) нагружения.

В сущности, все разнообразие методов, на которых основаны вычислительные алгоритмы: метод конечных разностей, конечных объемов, конечных элементов, методы частиц и т.д. – сталкивается с этой проблемой. Большой объем данных, который необходимо проанализировать с помощью компьютерного моделирования процесса даже на однопроцессорных ЭВМ, приводит к затруднениям при анализе результатов. В связи с этим более актуально использовать современные графические системы, которые обеспечивают визуализацию полученной цифровой информации. На основе анализа результатов принимается решение о завершении или продолжении разработки.

Для решения проблем расчета системы [3] со сложной геометрической конфигурацией и нерегулярной физической структурой (фильтры), был использован метод конечных элементов – эффективный и широко распространенный численный метод решения инженерных и физических задач, дифференциальных уравнений, встречающихся в физике и технике (рисунок 2).

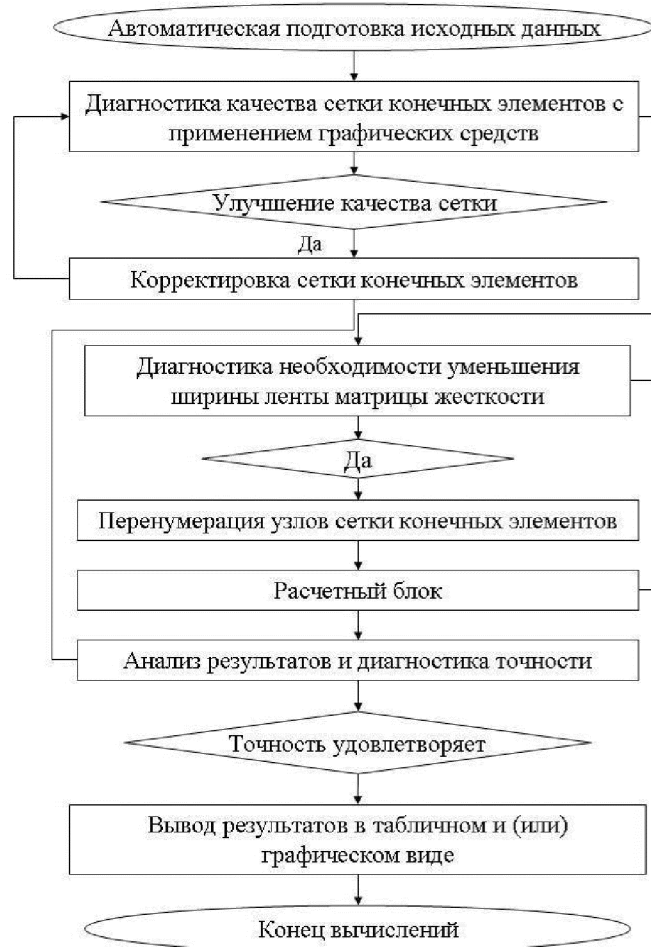


Рисунок 2 – Схема организации расчета по методу конечных элементов

Для представления решаемой задачи с помощью компьютерного моделирования с использованием прикладных компьютерных программ SolidWorks 2007, Comsol Multiphysics 3.5a и Ansys 13.0 была спроектирована геометрия калибрующей фильеры (рисунок 3), при этом геометрическая модель конструкции разбивалась на элементарные объемы (конечные элементы), точность расчетных результатов зависела от размеров конечных элементов. Для разбиения расчетной области фильеры использовался специальный алгоритм покрытия, обеспечивающий автоматическую генерацию сетки конечных элементов. Широкое применение простейших элементов (одномерных, двумерных, трехмерных симплексов) обусловлено тем, что они позволяют заполнять расчетную область фильеры, со сложной геометрией, полностью без разрывов [4, 5]. Гибкость и разнообразие сеток, простота учета естественных краевых условий, возможность учета сложных физических свойств материала позволила использовать метод конечных элементов для организации расчета математической модели формирования объектов наноразмерного уровня в специальном канале фильеры.

Сложность решения задачи заключалась в моделировании свойств материала с содержанием наноразмерных компонентов, что вызвало некоторые трудности при выборе и задании параметров вещества.

Для моделирования порошкового состава с содержанием наноразмерных компонентов в среде Ansys 13.0 был использован 8-узловой квадратичный элемент PLANE183, для нитяной оболочки, движущей порошкообразный материал через фильеру, и самого материала фильеры - линейный 4-узловой PLANE182. Приложение силовых факторов учитывало особенности реальной работы конструкции фильеры при рассматриваемых режимах эксплуатации.

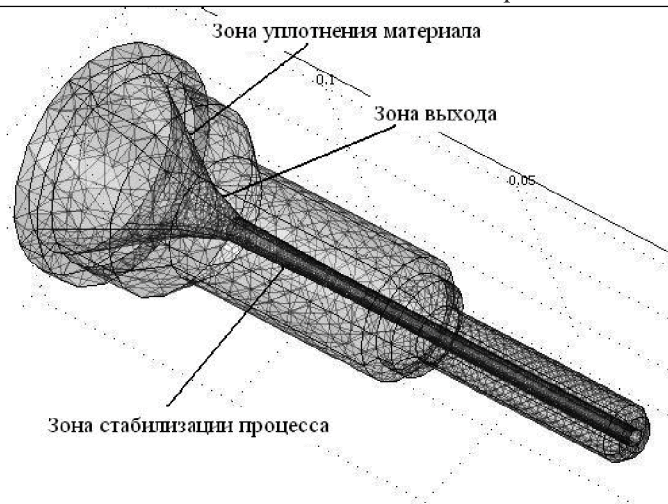


Рисунок 3 – Геометрическая модель фильеры с наложением на нее конечных элементов (элементарных объемов)



Рисунок 4 – Блок-схема методики инженерного расчета процесса формирования наноразмерных материалов в канале фильеры: 1 – проведение дополнительного анализа, 2 – оптимизация компьютерной программы, 3 – улучшение вычислительного алгоритма, 4 – расширение физической модели

Задача решалась в осесимметричной постановке; деформации и напряжения, возникающие за счет нагрева материала, не учитывались. Выбранная расчетная модель Extended Druker-Prager (EDP) учитывала поведение сыпучих материалов (грунтов, песков и др.) под действием приложенных нагрузок и выполнялась с учетом анализа на сходимость при изменении количества элементов. Анализ поведения материала при заданных рабочих условиях позволил разработать рекомендации и методику инженерного расчета процесса уплотнения наноразмерного материала в канале фильеры, представленную на рис.4.

Таким образом, можно заключить, что компьютерное моделирование является одним из актуальных методов исследования новых материалов с содержанием наноразмерных компонентов, чье поведение пока не представляется возможным изучать с помощью реального технологического оборудования. Результаты моделирования позволят в дальнейшем сократить риски при переходе от модели к действующим технологиям, а также дадут возможность проводить технологические процессы на производстве в безопасных режимах без дополнительных трудоемких экспериментов. В целом, современные интерактивные среды моделирования являются мощными инструментальными средствами, позволяющими спрогнозировать поведение различных материалов и систем на этапах их получения и отработки технологий в промышленности.

Литература:

1. Generalov M.B., Klevleev V.M., Kuznetsova I.A., Pilyagina A.O. Dynamic drawing of powder material through a conical die. Chemical and Petroleum Engineering, 2009, Volume 45, Numbers 1-2, P. 57-59.
2. Клевлеев В.М., Кузнецова И.А. Теоретическая модель процесса уплотнения ультрадисперсного материала в сужающейся фильере с учетом изменения коэффициента бокового давления. «Химическое и нефтегазовое машиностроение», № 9, 2010. с. 3-7.
3. Кузнецова И.А., Лаптев Н.И., Клевлеев В.М. Особенности поведения наноразмерных материалов при компактировании и модель формования их в сложном канале фильеры. Спецборник СамГТУ, вып. № 5, 2010., с. 73-81.
4. Левицкий А.А. Информатика. Основы численных методов. Лабораторный практикум. КГТУ. 2005. 120 с.
5. Шимановский А.О., Путято А.В. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики. Гомель: БГУТ, 2008. – 64 с.

Моделирование процессов тепло- и массообмена в вакуумной градирне

д.т.н. проф. Маринюк Б.Т., к.т.н. Крысанов К.С., Спритнюк С.В.

*Университет машиностроения
8(926)905-84-34, spritnyuk@ya.ru*

Аннотация. В статье рассмотрен процесс охлаждения воды методом вакуумно-испарительного воздействия в сочетании с конвективным движением воздуха в противотоке. Проведено сравнение с методом охлаждения воды в вентиляторной градирне. Выявлены преимущества описанного способа охлаждения. Представлена схема и принцип действия установки. Изложена аналитическая модель расчета предельного значения конечной температуры воды при конкретных условиях ведения процесса. Результаты расчетов и опытов приведены в виде графика.

Ключевые слова: вакуумно-испарительное охлаждение воды, вакуумная градирня, водокольцевой насос.

Охлаждение воды в холодильной технике занимает особое место. Традиционно осуществляется в водоохладителях, работающих на фреонах. Парокомпрессионный цикл, таким образом, организуется при участии посредника, которым является рабочее вещество. На наш взгляд, более рационально вести процесс с использованием объекта охлаждения в качестве