

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА В КОЛОННОМ РЕАКТОРЕ АГРЕГАТА СЭР

Сеченов П.А., Цымбал В.П.

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

В данной статье показана структура и алгоритмы программной реализации, взаимосвязь между основным модулем и классами программ, описано предназначение функций каждого класса; приведены примеры взаимодействия между главным модулем и классами. Представлена получившаяся имитационная модель гравитационного сепаратора колонного СЭР с описанием возможностей программы. Рассматривается подход к алгоритмическому обеспечению и программной реализации этой задачи.

Ключевые слова: имитационная модель, гравитационный сепаратор, струйно-эмульсионный реактор, взаимодействие частиц, алгоритмы, программная реализация.

The article describes the structure and algorithms for software implementation, the relationship between the main unit and the classes of programs, described the purpose of the function of each class; are examples of the interaction between the main module and classes. Presents the resulting simulation model of the gravitational separator column JER describing features of the program. Below we consider the approach to algorithmic and software implementation of this task.

Keywords: simulation model, gravity separator, spray-emulsion reactor, particles interacting ones, algorithm, software implementation.

Целью работы является описание алгоритмов и программной реализации имитационной модели гравитационного сепаратора колонного струйно-эмульсионного реактора на основе физической постановки задачи, представленной в [1].

Для реализации поставленной задачи был выбран объектно-ориентированный язык программирования ActionScript 3.0 [2], имеющий возможность отображения большого числа объектов на сцене, встроенные функции добавления (удаления) из массива объектов; функции проектирования 3D объекта на плоскость и др. Выходной файл программы легко может быть встроен в страницу браузера или электронный учебник, например, в качестве демонстрационной обучающей модели для системы дистанционного обучения.

Реализованная программа, состоит из основного модуля и 4 классов (рис. 1).

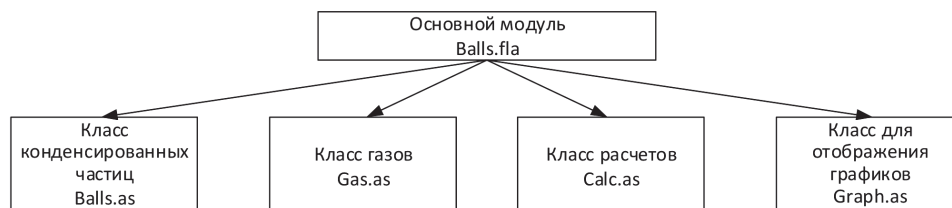


Рис. 1. Основные классы программы

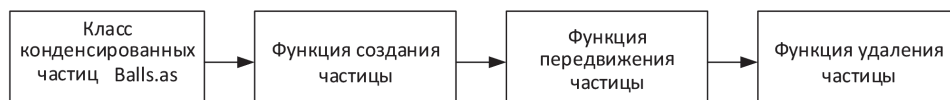


Рис. 2. Основные функции для класса частиц

Рассмотрим каждый из классов более подробно. На рис. 2 представлены основные функции для класса конденсированных частиц.

Функция создания частицы включает следующие параметры: идентификатор частицы, радиус частицы, коэффициент увеличения, плотность и массовый процент добавочного вещества. Данная функция вызывается основным модулем, после чего вызывается функция передвижения частицы.

В функции передвижения частицы, в зависимости от типа, происходит расчет плавления для железной руды в соответствии с данными, полученными ранее [3], сжигания угля; движение по спирали (радиус колебаний меняется случайно на каждом шаге), средний радиус зависит от положения частицы по высоте ректора (в нижних слоях реактора радиус движения по окружности больше) [4]; определение скорости частицы в реакторе, с учетом сил, действующих на частицу и скоростей потока, рассмотренных в предыдущей статье; проверка того, что частица не вылетела за границы реактора; если частица долетела до уровня шлакового канала, то скорость частицы увеличивается пропорционально отношению внутренних площадей колонного реактора и площади шлакового канала.

Функция удаления частицы вызывается из основного модуля, например, при вылете частицы в шлаковое отверстие или полном расплавлении частицы железной руды.

Класс газов содержит те же основные функции, что и класс конденсированных частиц (создание частицы, передвижении и удаление). Частицы газа движутся с определенной скоростью по высоте канала, совершают колебательные движения по осям x и z .

Класс для расчетов содержит в себе часто используемые функции, для решения поставленной задачи, которые могут быть использованы и в других программах (рис. 3).

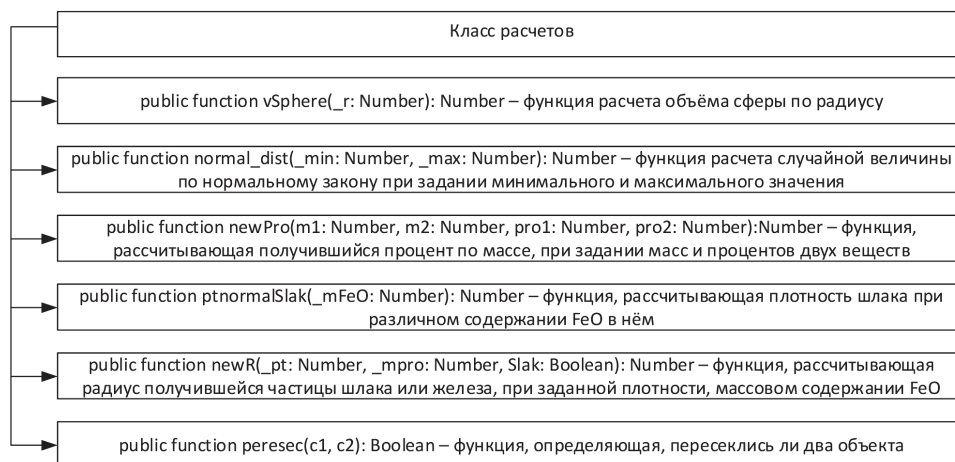


Рис. 3. Функции класса расчетов

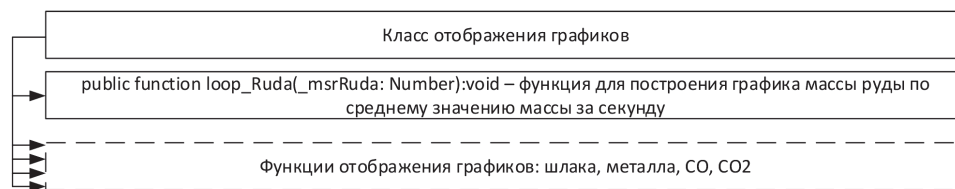


Рис. 4. Функция отображения на графике

Класс для отображения графиков позволяет строить графики по входным данным (рис. 4).

Схема функций основного модуля показана на рис. 5.

Рассмотрим различные варианты взаимодействия между частицами основного модуля.

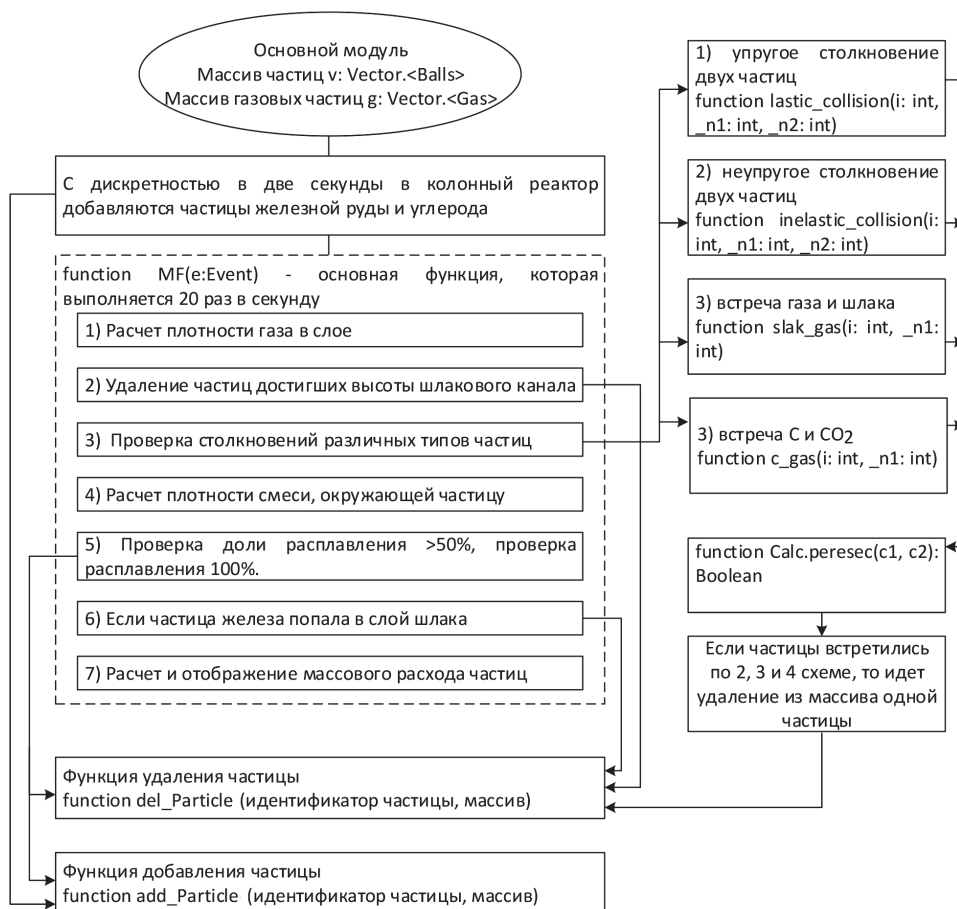


Рис. 5. Функции основного модуля

Функция упругого столкновения конденсированных частиц сначала проверяет на пересечение i -ю частицу с частицами, начинающимися с $i + 1$ позиции и до конца массива частиц. Если есть пересечение между частицами, то по плотностям и радиусам частиц находят их массы, после чего в соответствии с законом сохранения импульса находят новые вектора скоростей частиц.

Функция неупругого столкновения конденсированных частиц в случае пересечения находит радиус, плотность, состав и вектор скорости образовавшейся частицы, при этом одна частица меняет свой радиус и плотность, а вторая удаляется из массива частиц.

Функция встречи шлама с газом рассматривает ситуацию, когда шлак наматывается на газ [4], при этом рассчитывается плотность и радиус образовавшейся частицы, одна частица меняет свойства, другая удаляется.

Функция встречи C с CO_2 , в случае нахождения пересечения, удаляет две текущие частицы и создает новую частицу газа CO в соответствии с количеством вещества исходных частиц.

Отметим, что наиболее медленная часть программы состоит в функции проверки пересечения двух частиц. Сложность данной функции, а следовательно, и программы $O(N^2)$, где O – функция скорости алгоритма от N – количества обрабатываемых частиц.

На рис. 6 представлен фрагмент работы созданной имитационной модели, а также графическое представление результатов моделирования. Наряду с дифференциацией результатов движения и взаимодействия частиц выводится информация об общем количестве частиц в реакторе, количестве частиц железной руды, углерода, шлама, железа, CO , CO_2 ; средние массы за минуту железной руды, шлама и железа; графики массового содержания соответствующих частиц. Также предусмотрена возможность менять количество подаваемых частиц железной руды и углерода.

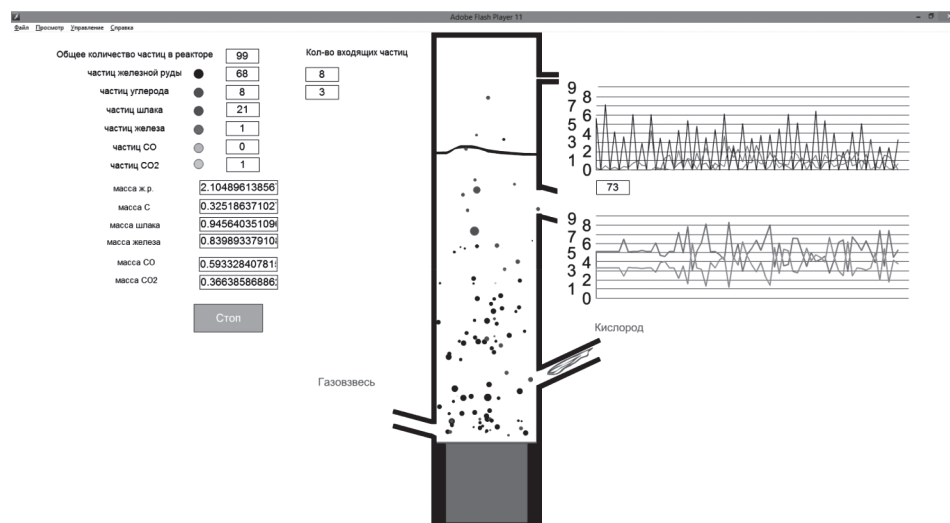


Рис. 6. Пример программной реализации имитационной модели гравитационного сепаратора типа СЭР

Тестирование показало работоспособность данного алгоритма и удовлетворительное совпадение конечных результатов имитационного моделирования с законом сохранения вещества.

Полученная модель в определенной степени является заместителем объекта, в частности на ней можно изучить время пребывания частиц в реакторе, распределение плотностей по высоте канала, влияние на процесс гранулометрического состава подаваемой шихты и др.

Список использованных источников

1. Сеченов П.А., Цымбал В.П. *Постановка задачи создания имитационной модели гравитационного сепаратора в колонном реакторе агрегата СЭР. Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве.* УрФУ. – Екатеринбург, 2015.
2. *Справочник по ActionScript 3.0 для платформы AdobeFlash [Электронный ресурс]/ URL: http://help.adobe.com/ru_RU/FlashPlatform/reference/actionscript/3/ (дата обращения: 18.02.2015).*
3. Сеченов П.А., Олеников А.А., Цымбал В.П. *Исследование динамики изменения состава шлака в зонной модели колонного струйно-эмульсионного реактора. Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве.* УрФУ. – Екатеринбург, 2014. 105–110 с.
4. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Рыбенко И.А. и др. *Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор / Под ред. В.П. Цымбала.* – М: Металлургиздат, 2014. – 488 с.