РАЗДЕЛ XVII. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Попкова О.С., Баязитова Н.И.

Численное моделирование циклонного сепаратора

Казанский государственный энергетический университет

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/lj-06-2021-142

Аннотация

В статье изложены общие принцип моделирования циклонного сепаратора. Описана численная модель, реализованная в программе Fluent. Изучены различные модели турбулентности. Выявлено, что подходящей моделью турбулентности для данного исследования является модель турбулентности напряжений Рейнольдса. Вычислен абсолютный КПД установки для определенных геометрических размеров и заданных начальных условиях. Произведена оценка погрешности для измерения эффективности.

Ключевые слова: циклонный сепаратор, модель турбулентности, КПД установки, эффективность.

Abstract

The article describes the general principles of modeling a cyclone separator. A numerical model implemented in the Fluent program is described. Various models of turbulence have been studied. It is revealed that the Reynolds stress turbulence model is a suitable turbulence model for this study. The absolute efficiency of the installation is calculated for the geometric dimensions and given initial conditions. An estimation of the error for measuring the efficiency was made.

Keywords: cyclone separator, turbulence model, plant efficiency, efficiency.

Циклонные сепараторы существуют с 1800-х годов и до сих пор широко используются во многих отраслях промышленности для отделения частиц от газов. Хотя циклоны геометрически просты, физика, описывающая протекающие в них процессы течения и разделения, сложна. На протяжении десятилетий многие исследователи изучали эти устройства и разработали ряд теорий и эмпирических моделей для целей проектирования. На практике большинство циклонов проектируются с использованием некоторой эмпирической информации. Физические прототипы затем строятся, тестируются и настраиваются до тех пор, пока не будет достигнут необходимый уровень производительности.

Развитие численных методов и увеличение производительности компьютеров открыли возможность разработки математических методов моделирования, которые в первую очередь не основаны на эмпирических моделях, которые могут быть эффективно использованы для проектирования циклонов. Циклонные потоки характеризуются высокой вихревой и потоковой кривизной.

Моделирование циклонного сепаратора включает в себя две различные фазы. Моделирование потока газа, а также расчет траектории движения твердых частиц, которые переносятся газом.

Траектория дискретной частицы определяется путем интегрирования суммы сил, действующих на частицу, и записывается в лагранжевой системе координат.

Для численного моделирования циклонов рекомендуется использовать схемы дискретизации более высокого порядка. Диффузионные члены в уравнениях являются центрально дифференцированными и точными второго порядка. Для конвекционных

членов была выбрана схема третьего порядка, основанная на монотонных восходящих центрированных схемах законов сохранения.

Дискретные уравнения линеаризуются, образуя систему уравнений для зависимых переменных в каждой вычислительной ячейке. Полученная система уравнений решается сегрегированным методом. Метод сегрегации решает задачу для одной переменной за один раз, например, u -скорость, рассматривающая все ячейки в задаче. Затем он решает для следующей переменной в свою очередь, скажем, компонент u -скорости и т.д., пока все переменные не будут обновлены.

Используется неявная запись уравнений, означающая, что каждое неизвестное будет фигурировать в более чем одном уравнении в системе уравнений и что уравнения для данного неизвестного должны быть решены одновременно. Поскольку уравнения нелинейные и связаны, необходимо выполнить ряд итераций, прежде чем будет достигнуто решение, которое будет сходиться для каждого временного шага[1-3].

В ходе работы были изучены принцип работы циклонного сепаратора, основные уравнения для определения параметров поля течения в циклонном сепараторе, уравнения потока, турбулентность, уравнения движения частиц.

Схема циклонного сепаратора приведена на рис. 1.

Циклонный сепаратор - это устройство, которое отделяет частицы от газового потока с помощью центробежной силы.

Рисунок 1. – Схема циклонного сепаратора:

1-тангенциальная верхняя труба; 2-осевая выходная труба; 3-цилиндрический корпус; 4-выброс пыли в нижней части конического основания (вершина); 5- конус (коническое основание); 6-пылеуловитель (бункер)

Газ, содержащий частицы различных размеров, тангенциально вводится в тело цилиндрической формы. Это приводит к развитию вихря, который подвергает частицы сильным центробежным силам. Более крупные частицы движутся к внешней стенке системы в результате центробежных эффектов. Этот тип циклона также называют циклоном обратного потока, потому что поток входит тангенциально вблизи верхней части установки, спирально спускается вниз вдоль внешних стенок, неся более крупные частицы, которые осаждаются в сборном бункере под установкой. Поток, когда он мигрирует внутрь к оси блока, меняет направление, течет вверх в центральном вращающемся сердечнике и покидает систему в верхней части циклона через

выходную трубу. Более тяжелые частицы собираются в бункере под агрегатом и более мелкие частицы покинут систему вместе с существующим газом.

При движении во вращающемся криволинейном потоке газа частицы пыли находятся под действием силы тяжести, центробежной силы и силы сопротивления. Сила тяжести для частицы обычно пренебрежимо мала. Скорость частиц пыли в циклоне можно без большой погрешности считать равной скорости вращения газового потока.

Рисунок 2. – Схема течения в циклонном сепараторе

Схема течения в циклонном сепараторе представлена на рисунке 2:

1. Газ и частицы различных размеров входят в циклон тангенциально.
2. В результате действия центробежных сил на частицы образуется вращающийся вихрь, который отделяет пыль.
3. Более мелкие, менее плотные частицы, на которые меньше действуют центробежные силы, легче поддаются инерции и способны найти свой путь к центру циклона и быть вынесенными из системы в центральном вихревом ядре, которое имеет чистую восходящую составляющую скорости. (Пунктирные Линии)
4. Более крупные, более плотные частицы мигрируют к внешним стенкам и по спирали опускаются вниз, где попадают в мусорную корзину. (Сплошные линии)
5. Отделенные частицы накапливаются в бункере.
6. Газ, содержащий мелкие частицы, не разделенные системой, выходит через выходную трубу.

Для решения задачи построена численная модель циклонного сепаратора, реализованная в Fluent. Изучены модели турбулентности. Выявлено, что подходящей

моделью турбулентности для данного исследования является модель турбулентности напряжения Рейнольдса.

Вычислено, что абсолютный КПД установки, работающей при входной скорости 19,7 м/с при разделении тестовой пыли, составляет 95,0%. Произведена оценка погрешности для измерения эффективности сбора циклона 150 мм в диапазоне скоростей 10,3-21,4 м/с. Погрешность измерения эффективности сбора составила:

- 10,3-11,0 м/с - $U_e = 5,98\%$;
- 15,1-15,5 м/с - $U_e = 6,1\%$;
- 19,7-21,4 м/с - $U_e = 12,5\%$.

Произведена оценка погрешности измерения скорости. Погрешность измерения скорости составила:

- 10,3-11,0 м/с - $U_v = 10,4\%$;
- 15,1-15,5 м/с - $U_v = 3,99\%$;
- 19,7-21,4 м/с - $U_v = 12,0\%$.

1. Slack, M. and Harwood, R. (November 2000). Cyclone Modeling at Blue Circle Industries Plc. Sheffield, UK: Fluent Europe Ltd.
2. Slack, M. D., Prasad, R. O., Bakker, A., Boysan, F. (2000). Advances in Cyclone Modeling Using Unstructured Grids, Chemical Engineering Research and Design, 78(8), 1098-1104.
3. Roy, C. J. (April 2003). Grid Convergence Error Analysis for Mixed-Order Numerical Schemes, AIAA Journal, 41(4), 595-604.

Чунаков С.Г., Псюкало С.П., Соловьева Д.А.

Восстановление поверхностей посадок узлов трения нанесением покрытий

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской
государственный аграрный университет»
(Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/lj-06-2021-143

Аннотация

Проведен анализ методов восстановления поверхностей узлов трения, повышающих их долговечность, путём нанесения на изнашиваемую поверхность полимерных материалов и применения электроискровой обработки металлов.

Ключевые слова: восстановление, полимерный материал, электроискровое наращивание металла, посадочное место узлов трения.

Abstract

The analysis of methods for restoring the surfaces of friction units that increase their durability by applying polymer materials to the wear surface and using electric spark metal processing is carried out.

Keywords: recovery, polymer material, electric spark metal buildup, seat of friction nodes.

Применение полимерных материалов при восстановлении неподвижных соединений узлов трения значительно упрощает технологический процесс, позволяет снизить трудоемкость и себестоимость ремонта с/х машин. С этой целью применяют эпоксидные композиции, эластомеры и анаэробные герметики.

Исследованиями ученых МГАУ, ГОСНИТИ, НАТИ, ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ» установлено, что применение современных полимерных материалов