

3D-моделирование механической классификации нефтяного кокса в барабанном грохоте

Е. Г. Федарович, А. Э. Левданский

Рассматриваются вопросы влияния конструкционных параметров барабанного грохота на качество механической классификации нефтяного кокса посредством моделирования процесса методом дискретных элементов.

Ключевые слова: барабанный грохот, механическая классификация, моделирование, конструкция барабанного грохота.

3D simulation of the mechanical classification of petroleum coke in a drum screen

E. G. Fedarovich, A. E. Levdanskiy

The issues of the influence of the design parameters of the drum screen on the quality of the mechanical classification of petroleum coke are considered by modeling the process by the method of discrete elements.

Keywords: drum screen, mechanical classification, modeling, drum screen design.

Объемы перерабатываемых в мире сыпучих материалов из года в год увеличиваются. Получение таких материалов часто связано с процессами измельчения. Получаемые продукты измельчения редко соответствуют требованиям, предъявляемым к гранулометрическому составу. Это обстоятельство вызывает потребность в использовании различных способов разделения материалов на фракции. Одним из наиболее распространенных методов классификации сыпучих материалов по гранулометрическому составу является механическое разделение в барабанных грохотах. Их главными преимуществами перед другими устройствами, предназначенными для механической классификации материалов, на фракции, являются простота их механической конструкции и проведения обслуживания, равномерность работы, отсутствие качающихся масс, как, например, в плоских грохотах, что позволяет устанавливать их на верхних этажах зданий, не опасаясь возникновения динамических нагрузок.

Ввиду вышесказанного, целью настоящего исследования является определение параметров механической классификации сыпучих материалов, в частности нефтяного кокса, посредством 3D-моделирования, при различных конструктивных параметрах барабанного грохота.

Процесс моделирования осуществлялся в программе, основанной на методе дискретных элементов. В качестве модели для определения параметров механической классификации в барабанном грохоте использована конструкция, состоящая из цилиндрического барабана диаметром 0,5 м, толщиной стенки 0,001 м, длиной 0,25 м (рис. 1). Для обеспечения процесса грохочения

в барабане выполнены отверстия диаметром 7,7 мм, центры которых расположены в вершинах правильного треугольника (рис. 1, А). Живое сечения поверхности барабана составляет 0,45. В качестве сыпучего материала, подвергающегося классификации, использовались частицы в форме полиэдров, состоящих из 10 граней, с истинной плотностью 2000 кг/м³. Коэффициенты трения в системах «частица-частица» и «частица – поверхность барабана грохота» определялись экспериментально для нефтяного кокса. Высота слоя материала в барабане грохота составляла 0,015 м. Гранулометрический состав исходного материала, подвергающегося грохочению, состоял из частиц с размером, мм: 5, 9, 20 и 35.

Ранее [1] нами были проведены исследования по определению оптимальных параметров работы барабанного грохота с использованием 3D-моделирования и теории вероятности. Было выявлено, что увеличение частоты вращения грохота приводит к увеличению высоты падения частиц с поверхности барабана. Это приводит к уменьшению вероятности прохождения частицы через отверстие, за счет уменьшения угла прохождения частицы через отверстие сита. Исследованиями установлено, что увеличение частоты свыше 24 об/мин для барабана диаметром 0,5 м не является целесообразным, так как не приводит к увеличению эффективности грохочения.

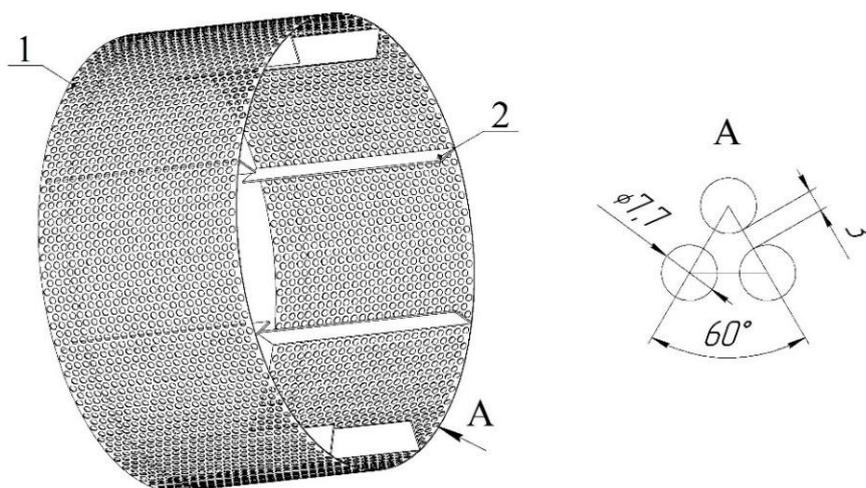


Рис. 1. 3D-модель барабанного грохота:
1 – барабан; 2 – перемешивающие перегородки

В дальнейшем нами были изучены конструкции барабанного грохота, имеющего перемешивающие перегородки (рис. 1). Количество перегородок составляло 8 шт, расположенных равномерно по внутренней поверхности барабана. В ходе исследований изменялась их высота, мм: 10, 20, 35, 50.

На рис. 2 представлены траектории движения частиц материала в зависимости от высоты перемешивающих перегородок.

Как видно из рис. 2, установка перемешивающих перегородок позволяет увеличить процент поверхности сита, на котором происходит фракционное разделение. Так, при отсутствии перегородок он составляет 21,74 %, при наличии перегородок с высотой 10 мм соответственно 25,99 %, 25 мм – 27,28 %, 35 мм – 29,59 %.

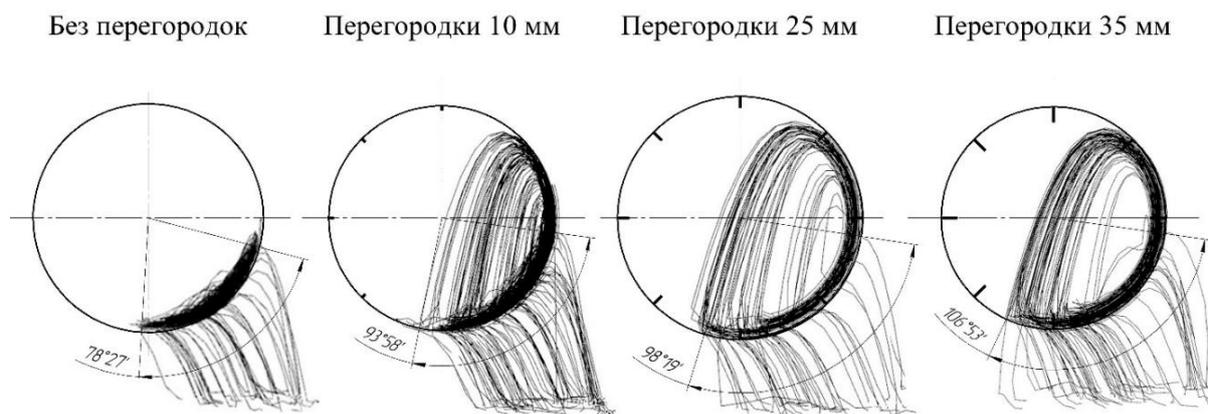


Рис. 2. Траектории движения частиц при различной высоте перемешивающих перегородок

Так же, анализируя полученные изображения траекторий движения частиц, можно заметить, что при установке перегородок с высотой меньше толщины слоя материала, наблюдается постепенное и равномерное падение частиц с перегородок. В других случаях падение материала осуществляется порционно, с накоплением на перегородках значительного слоя материала.

Для изучения определения качества разделения материала на фракции определялось количество материала, прошедшего через поверхность сита в зависимости от времени пребывания его в барабане (рис. 3).

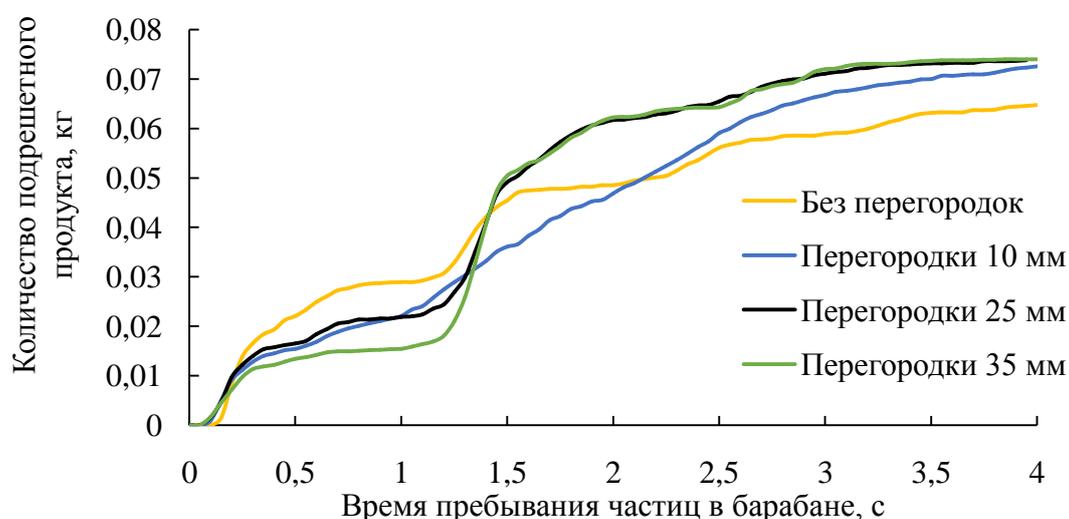


Рис. 3. Зависимость количества подрешетного продукта от времени пребывания частиц в барабане

Как видно из рис. 3, при использовании перегородок с высотой, меньшей, чем слой материала, происходит более равномерное разделение материала на фракции на протяжении всего процесса пребывания частиц в барабане, чем при использовании перегородок большей высоты. Использование перегородок с высотой больше слоя материала, сопровождается порционным разделением материала на фракции.

В статье, опубликованной сотрудниками Тамбовского государственного технического университета О. О. Ивановым и др. [2], в которой были описаны механизмы возникновения сегрегации в аппаратах барабанного типа с наличием периферийных подъемных лопастей, указывается, что лопасти заполняются первоначально крупными частицами и только затем более мелкими. В результате этого при образовании завесы из потока частиц падение их осуществляется в обратном порядке: первоначально ссыпаются мелкие частицы, а затем более крупные. Описанный механизм образования сегрегации объясняет порционное разделение материала при наличии в барабанном грохоте перегородок с высотой выше слоя материала. При вращении перегородка накапливает перед собой слой материала, освобождая при этом за собой поверхность сита от большинства частиц, в результате чего при падении материала с выше расположенных перегородок на освобожденную поверхность сита первоначально падают более мелкие частицы и только после крупные. За счет небольшой высоты падения крупные частицы не опережают мелкие. При этом падение частиц по отношению к поверхности сита происходит под углом, близким к 90° , что способствует высокой вероятности просеивания материала.

Далее были построены энергетические зависимости, показывающие долю удельной энергии частиц сыпучего материала, приходящуюся на соударения их между собой и стенкой барабанного грохота (рис. 4). Данные энергетические зависимости построены для частиц с размером 9 мм.

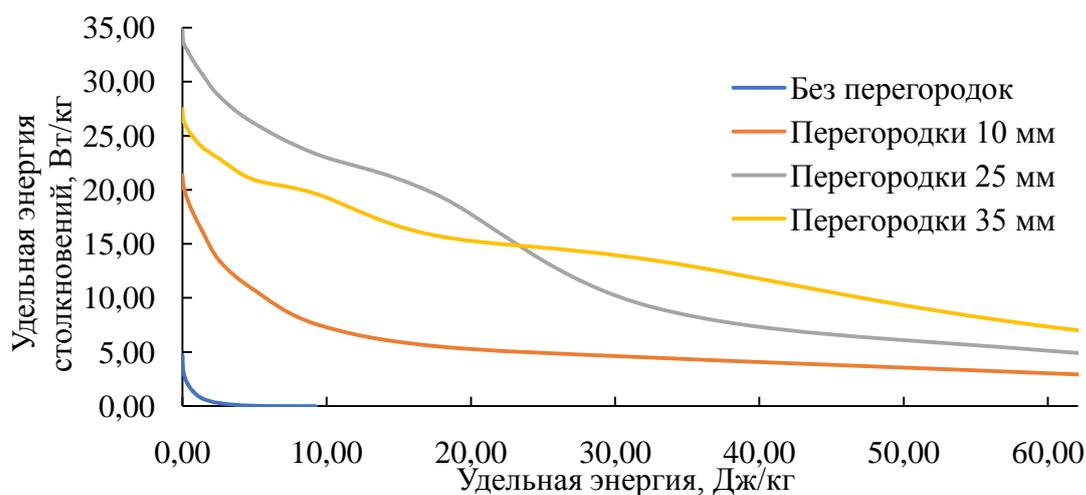


Рис. 4. Энергетические спектры

В результате построения энергетических спектров установлено, что перемешивающие устройства способствуют повышению удельной энергии, оказываемой на частицу в 6,72 раза. При использовании продольных перегородок с минимальной высотой 10 мм количество ударов частиц с удельной энергией 62,10 Дж/кг составляет 10 %. При увеличении высоты устройств количество столкновений с данной энергией возрастает: при 25 мм – 14,65 %; 35 мм – 20,99 %.

Увеличение удельной энергии частиц объясняется тем, что использование перегородок способствует увеличению высоты падения частиц, в результате чего они приобретают дополнительную кинетическую энергию, которая при ударе с поверхностью сита может способствовать их разрушению. При этом необходимо учитывать, что первоначально ссыпаются мелкие частицы, а только затем крупные, которые за счет своей большей массы оказывают раздавливающие действия на мелкие частицы.

В ходе работы было установлено, что использование продольных перегородок позволяет повысить эффективность грохочения. Кроме того, выявлено, что для материалов, обладающих низкими прочностными характеристиками, использование данных устройств является нецелесообразным в случае, если целевым продуктом механической классификации является надрешетный продукт. Использование перегородок с высотой меньшей, чем толщина слоя материала, позволяет проводить процесс более равномерно.

Библиографический список

1. Определение рациональных параметров классификации нефтяного кокса / Е. Г. Федарович, П. С. Кулевец, А. Э. Левданский // Эпоха науки. – 2021. – № 27. – С. 38–44.
2. Управление сегрегированными потоками сыпучих материалов для их обработки методами разделения и соединения / О. О. Иванов, В. А. Пронин, Е. А. Рябова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 22. – С. 397–410.

Сведения об авторах

Евгений Геннадьевич Федарович, магистрант, инженер кафедры процессов и аппаратов химических производств УО «Белорусский государственный технологический университет» (Республика Беларусь, г. Минск), zhenya.fedorovich.1999@mail.ru

Александр Эдуардович Левданский, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой процессов и аппаратов химических производств УО «Белорусский государственный технологический университет» (Республика Беларусь, г. Минск), alex_levdansky@mail.ru