

ЛИТЕРАТУРА

1. Блох, Хайнц П. Компрессоры. Современное применение / Х. Блох; пер. с англ. Л. Н. Кодомского под ред. Т. С. Дегтяревой, А. А. Курганова. – Москва: Техносфера, 2011. – 344 с.
2. Burckhardt Compression. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.burckhardtcompression.com>. (Дата обращения: 25.09.2023);
3. Cook Compression. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cookcompression.com>. (Дата обращения: 26.09.2023).

УДК 621.926

Гомалинский В.А.

(ОАО «НПО «Центр», г. Минск)

Боровский Д.Н.

(Белорусский государственный технологический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОМОЛЬНОГО БАРАБАНА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Процесс измельчения в промышленности строительных материалов имеет большое значение. Особый интерес среди измельчительного оборудования представляют планетарные мельницы [1]. Они обычно включают несколько полых барабанов, в которые загружается материал и мелющие тела. Помольные барабаны, закрепленные на водиле установленном на горизонтальной оси, вращаются одновременно вокруг центральной оси и вокруг собственной оси в противоположную сторону вращения водила.

Исследование планетарной мельницы проводилось в программе SolidWorks. Для создания расчетной модели планетарной мельницы принимались барабаны с внутренним диаметром 100 мм рабочей длиной 200 мм, с осью удаленной от общей оси вращения на 176 мм. Исследования проводились при частоте вращения помольного барабана 560 об/мин и водила 740 об/мин.

В результате расчета были получены траектория (рисунок 1, *а*), описываемая точкой барабана, подобная на движение электронов вокруг ядра атома и траектория движения (рисунок 1, *б*) мелющих тел. При проведении анализа движений мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице можно сделать вывод, что центробежная сила удаляет загрузку к периферии от центра барабана и водила.

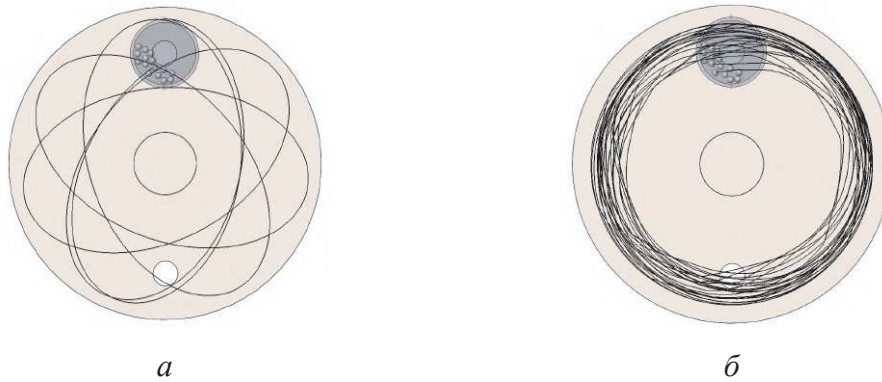


Рисунок 1 – Траектории движения

a – траектория, описываемая точкой барабана, *б* – траектория движения мелющих тел

Анализ поступательной скорости мелющего тела производится относительно неподвижной оси вращения. Из полученного графика (рисунок 2) видно, что скорость изменяется в диапазоне от 10 до 25 м/с.

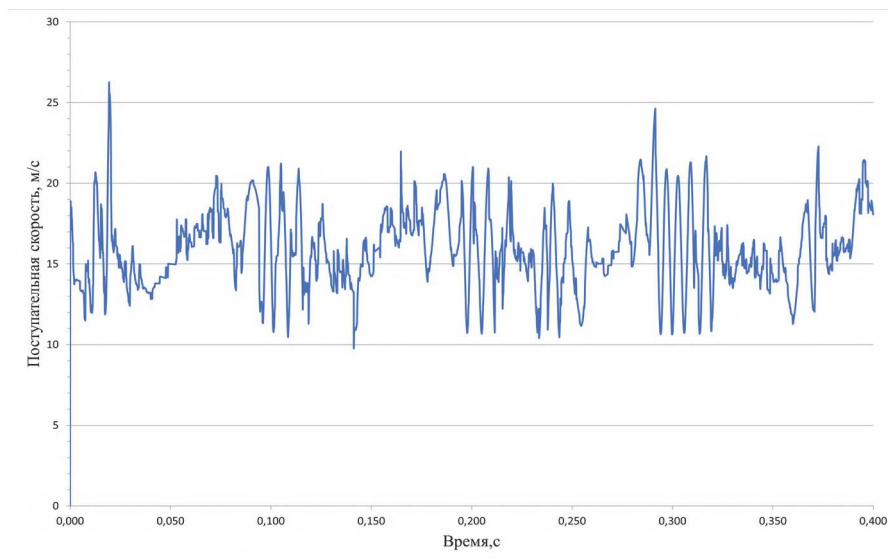


Рисунок 2 – График зависимости скорости от времени

В ходе исследования, направленного на оценку раздавливающего усилия при измельчении, была получена зависимость изменения силы контакта между мелющим телом и стенкой барабана. Анализируя график (рисунок 3), можно заметить, что в момент контакта величина силы колеблется в пределах от 20 до 440 Н. Результаты расчетов указывают на циклическую природу сжимающих усилий. Циркуляция загрузки происходит каждые 0,07 секунды, а оборот водила каждые 0,081 секунды. Таким образом, даже в одном фиксированном положении процесс воздействия мелющих тел на материал является динамичным. Каждое новое положение приводит к изменению силового воздействия, что обеспечивает нестационарное динамическое нагружение материала [2].

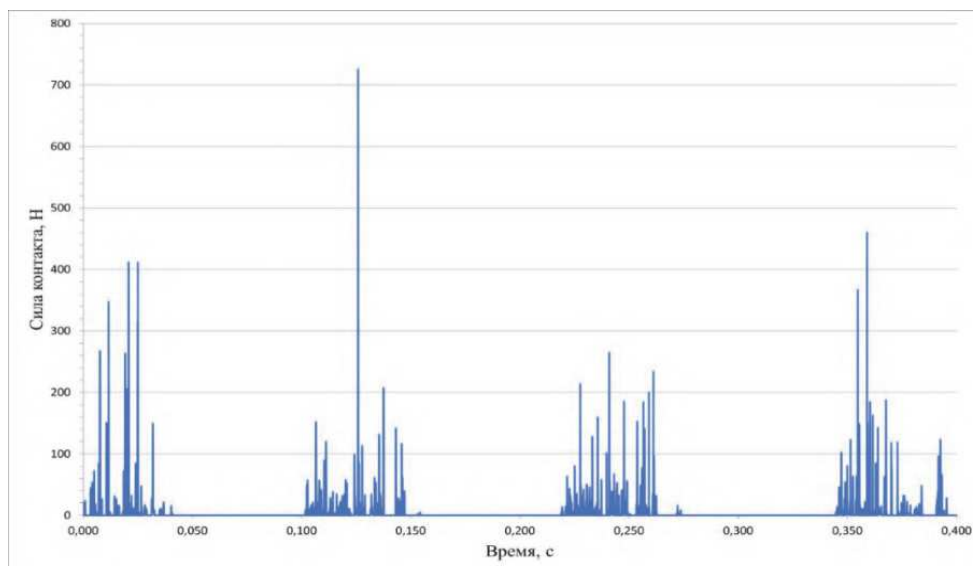


Рисунок 3 – Зависимость силы контакта между мелющим телом и стенкой барабана от времени

Второй частью исследований было получение визуальных представлений изменения давления и температуры внутри помольных барабанов планетарной мельницы. Это связано с тем, что в процессе интенсивного измельчения происходит резкий рост температуры и давления внутри помольной камеры. Для решения проблемы на барабаны дополнительно устанавливается воздушное охлаждение в виде оребрения поверхности.

Расчет проводился при массовом расходе по материалу $0,0025 \text{ кг/с}$ и для трех различных угловых скоростей помольного барабана $\omega_6 - 26 \text{ с}^{-1}, 32,5 \text{ с}^{-1}, 50 \text{ с}^{-1}$ и водила $\omega_в - 40 \text{ с}^{-1}, 50 \text{ с}^{-1}, 77 \text{ с}^{-1}$ соответственно. По результатам моделирования были получены графики зависимости максимальной температуры в барабане от времени и картины в сечении барабана для давления (рисунок 4) и температуры среды (рисунок 5).

На рисунке 4 виден характер распространения давления в помольном барабане и для каждого варианта угловых скоростей получен диапазон величины давления.

Из рисунка 5 видно, что на выходе температура больше, чем на входе. Материал с температурой в 20°C подается в барабан (на рисунке 5 справа), начинается процесс измельчения, а собственно и нагрев материала. На выходе из барабана с оребрением максимальная температура достигает $25,54^\circ\text{C}$ для варианта с угловой скоростью помольного барабана $\omega_6 = 50 \text{ с}^{-1}$ и водила $\omega_в = 77 \text{ с}^{-1}$. Для двух других значений угловых скоростей помольного барабана графики носят аналогичный характер.



При угловой скорости барабана 26 с^{-1} , водила 40 с^{-1} При угловой скорости барабана $32,5 \text{ с}^{-1}$, водила 50 с^{-1} При угловой скорости барабана 50 с^{-1} и водила 77 с^{-1}

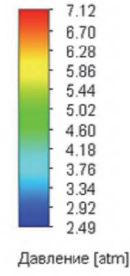
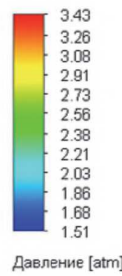
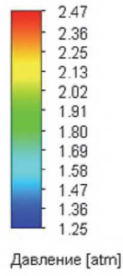
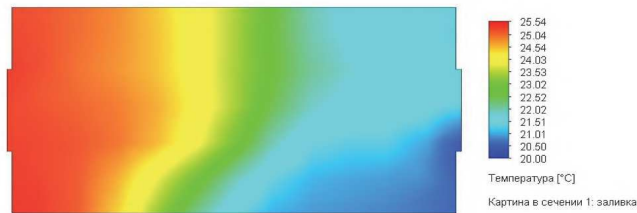


Рисунок 4 – Распространение давления в помольном барабане

При угловой скорости барабана 50 с^{-1} и водила 77 с^{-1}



При угловой скорости барабана $32,5 \text{ с}^{-1}$, водила 50 с^{-1}



При угловой скорости барабана 26 с^{-1} , водила 40 с^{-1}



Рисунок 5 – Распространение температуры в помольном барабане

В ходе экспериментальных исследований видно, что оребрение помольных барабанов предотвращает рост температуры поддерживая ее в стабильных величинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гомалинский, В. А. Анализ движения загрузки в горизонтальной планетарной мельнице / В. А. Гомалинский, Д. Н. Боровский, Д. В. Семенов // Нефтегазохимия - 2022: материалы V Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 2 – 4 ноября 2022 г. Минск: БГТУ, 2022. С. 226–230.

2. Вайтехович, П. Е. Эффективность разрушающего воздействия мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице / П. Е. Вайтехович, Г. М. Хвесько, П. С. Козлов // Труды БГТУ. Минск: БГТУ, 2013. № 3 (159). С. 182–187.

УДК 697.84

Новиков С.Ю., Гребенчук П.С.

(Белорусский государственный технологический университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК В АСПИРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Расчёт на ветровые нагрузки – неотъемлемая часть жизни конструкторов при проектировании и разработке аппаратов и оборудования, которые подвержены воздействию ветра. Их надежность и устойчивость зависит от правильности расчётов, которые производит конструктор. В нынешней реальности оперативное выполнение заказов на разработку, экономичность производства и небольшая металлоёмкость оборудования – залог успеха.

Разработка программ для черчения и 3D моделирования для ПЭВМ дала огромный скачок в скорости выполнения конструкторской документации и её качества. Их возможности создания моделей, быстрое создание видов на основе модели, расчёт на сопротивление материала, а также многие другие возможности стали неотъемлемой частью работы конструктора. Из огромного количества программ, применимых для расчёта ветровых нагрузок, можно выделить две, наиболее, на наш взгляд, соответствующие специфике задачи: КОМПАС-3D и SOLIDWORKS.

Для расчёта различных воздействий на оборудование, отдельных узлов и деталей можно пользоваться двумя методами. Первый – расчёт нагрузок вручную и назначения их для дальнейшего моделирования