

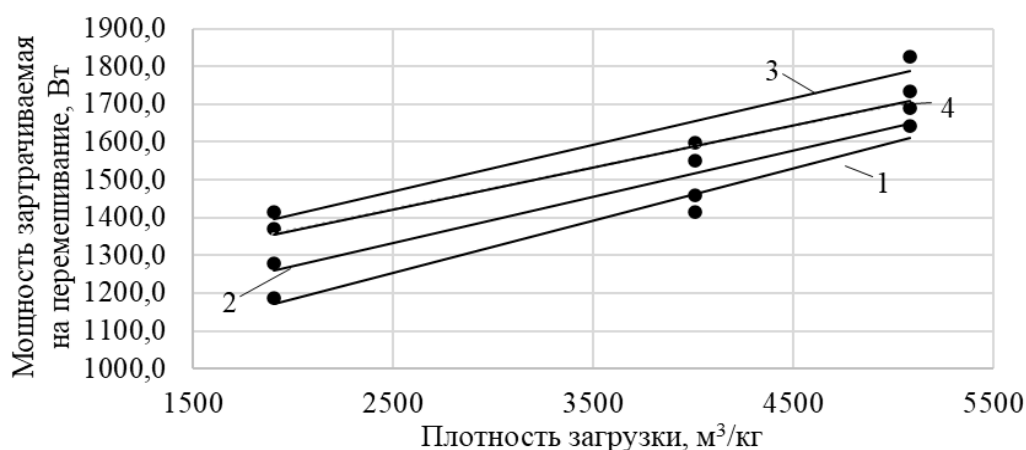
В.И. Козловский, доц., канд. техн. наук;
П.Е. Вайтехович, проф., д-р техн. наук;
Д.В. Кульша, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ БИСЕРНЫХ МЕЛЬНИЦ

Одним из наиболее емких параметров для оценки работы помольных агрегатов является энергоемкость процесса помола. Она отражает сколько энергии необходимо затратить чтобы получить необходимое количество материала с нужным конечным размером частиц. Чем мельче этот размер, тем больше требуется затратить энергии для его получения.

С учетом этого одной из основных задач в процессе разработки и исследования бисерных мельниц является определение их конструктивных и технологических параметров, которые позволят снизить затраты энергии на получение конечного продукта с минимальным размером частиц.

Первый этап сравнительного анализа вертикальных и горизонтальных мельниц заключался в определении затрат мощности на перемешивание загрузки при использовании различных типов роторов [1]. На полученных графических зависимостях (рисунок 1) наблюдалось линейное увеличение мощности, затрачиваемой на перемешивание при



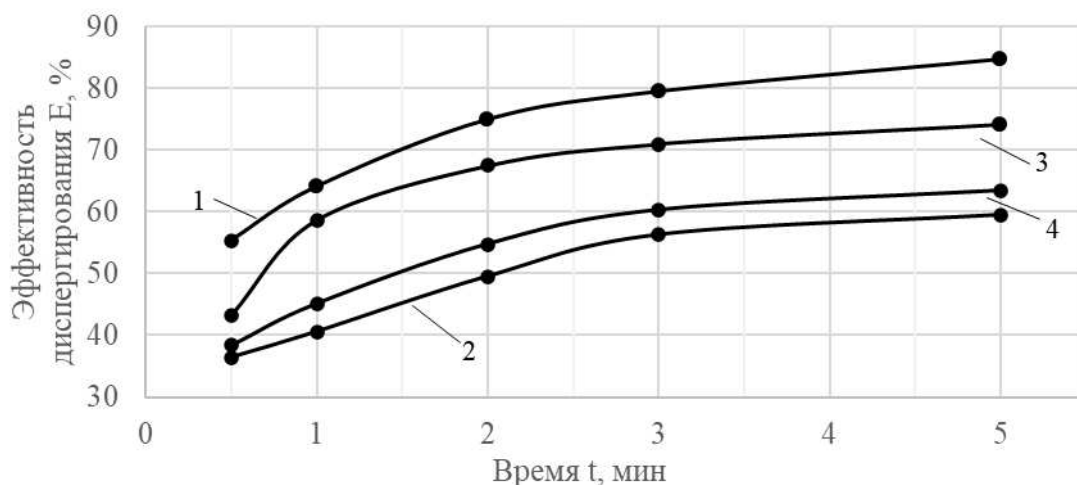
1 – ротор с круглыми дисками; 2 – ротор с треугольными дисками;
3 – ротор с наклонными дисками; 4 – ротор со штырями

Рисунок 1 – Зависимость мощности, затрачиваемой на перемешивание, от плотности загрузки для горизонтальной бисерной мельницы
увеличении плотности загрузки

В целом можно отметить, что наиболее энергозатратным оказались роторы со штырями и с мешалками в виде наклонных дисков, что обусловлено увеличением сопротивления при взаимодействии с загрузкой из-за штырей и за счет угла наклона. Изменение типа мельницы показало, что вертикальные затрачивают на 300-450 Вт больше энергии на процесс помола чем горизонтальные.

Второй этап заключался в изучении кинетики помола материала в этих двух типах мельниц. Методика проведения экспериментов описана в работе [2]. За определяющий был принят размер в 5 мкм. На графических зависимостях времени измельчения от эффективности диспергирования (рисунок 2) за первые 0,5 минут помола эффективность достигает 35-50%. После 3 минут эффективность увеличивается на 20-30% и далее практически не изменяется.

Наиболее эффективными оказался ротор с наклонными дисками. Его эффективность на 8-10 % выше, чем ротора с треугольными дисками и на 18-25 % чем у роторов с круглыми дисками и со штырями. Это обусловлено тем, что за счет наклона дисков создается нестационарный режим движения загрузки с большим градиентом скорости.



1 – ротор с наклонными дисками; 2 – ротор со штырями;
3 – ротор с треугольными дисками; 4 – ротор с круглыми дисками

Рисунок 2 – Зависимость эффективности диспергирования от времени помола для горизонтальной бисерной мельницы

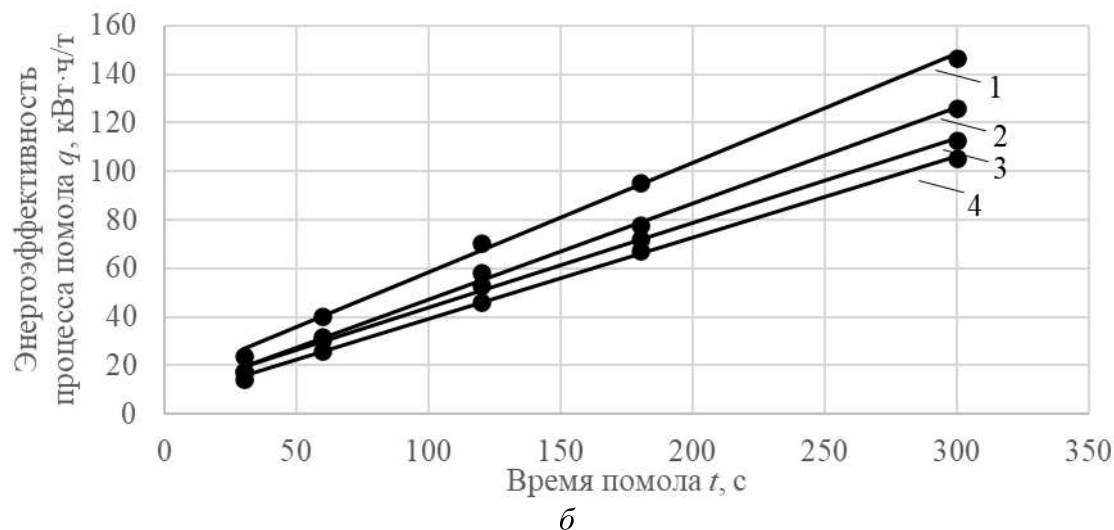
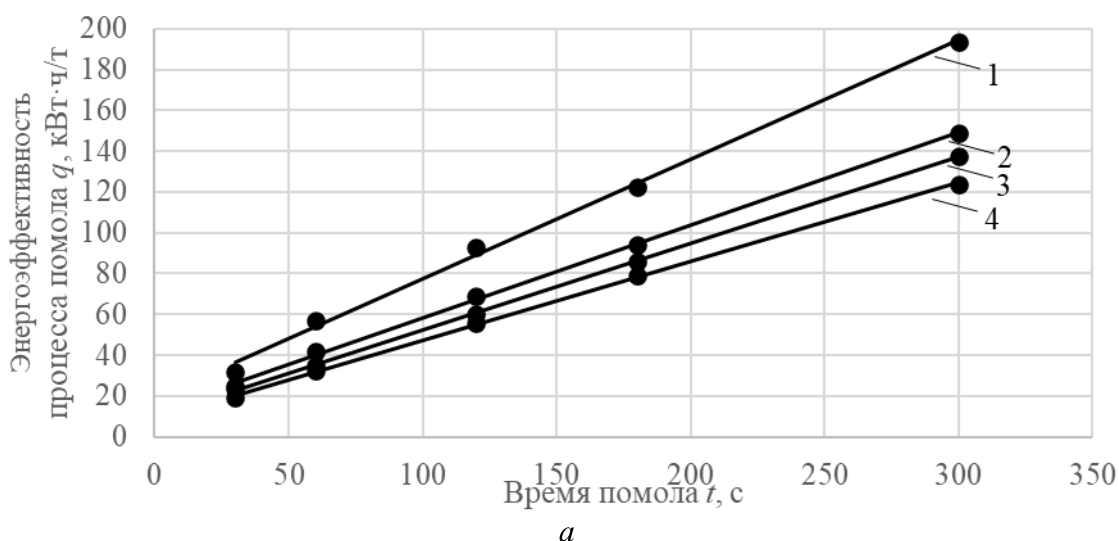
Расположение корпуса также оказывает влияние на эффективность измельчения. В целом у горизонтальной мельницы она выше на 3-10% чем у вертикальной в зависимости от времени измельчения и типа ротора.

На третьем этапе исследований определялась энергоэффективность двух типов мельниц. В нашем случае с целью учета эффектив-

ности диспергирования этот параметр немного отличался от классической формулы и рассчитывался как:

$$q = \frac{Nt}{m \left(\frac{E}{100} \right)}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}} \quad (1)$$

где N – затраты мощности на процесс помола, кВт; t – время обработки материала, ч; m – масса обрабатываемого материала, т; E – эффективность диспергирования, %.



1 – ротор со штырями; 2 – ротор с круглыми дисками;
3 – ротор с треугольными дисками; 4 – ротор с наклонными дисками;
а – вертикальная бисерная мельница; б – горизонтальная бисерная мельница

Рисунок 3 – Зависимость энергоемкости процесса помола от времени помола

Здесь параметр $mE/100$ позволяет получить массу конечного продукта с необходимым конечным размером, т.е. эффективность.

На графических зависимостях энергоэффективность процесса помола от времени помола (рисунок 3) просматривалась линейная зависимость этих параметров.

За первые 30 секунд помола энергоэффективность процесса помола не сильно отличается друг от друга на 5-15 кВт·ч/т. С увеличение времени разница в этом параметре становится значительна и достигает 35-60 кВт·ч/т. Наибольшим значением энергоэффективности процесса помола 150-195 кВт·ч/т, обладал ротор со штырями, в то время как ротор с наклонными дисками показывал 105-125 кВт·ч/т. Все это можно объяснить тем, что хоть и наклон дисков приводит к увеличению затрат мощности на перемешивание среды, но этот ротор обладает большей эффективностью диспергирования.

В целом проведенные исследования показали, что горизонтальное расположение помольной камеры способствует снижению энергозатрат на перемешивание загрузки и увеличению эффективности диспергирования, а это в свою очередь привело к снижению энергоэффективности на 5–50 кВт·ч/т по сравнению с вертикальным расположением.

ЛИТЕРАТУРА

1 Козловский В. И. Изменение мощности привода вертикальной бисерной мельницы в зависимости от конструкции ротора / В. И. Козловский, О. А. Петров, С. Ю. Парда, Д. В. Кульша // Химическая технология и техника: материалы 88-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 29 января – 16 февраля 2024 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И. В. Войтов. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 166-169.

2 Козловский В. И. Эффективность вертикальной бисерной мельницы работающей в периодическом режиме / В. И. Козловский, С. Ю. Парда, Д. В. Кульша // Нефтегазохимия – 2024 : материалы VII Междунар. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 13–15 ноября 2024 г. – Минск : БГТУ, 2024. – С. 256–259.