

## ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

**Авторы:** Молдованов Д.В. – аспирант, Титова Н.Е. – магистрант (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, город Санкт-Петербург)

**Научный руководитель:** Алексеев Г.В. – профессор кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, город Санкт-Петербург)

### Основные части тезиса:

Известно большое количество различных способов измельчения пищевого сырья: резание, раскалывание, истирание, дробление и другие. Каждый из них выбирают в зависимости от физико-механических свойств измельчаемого продукта, необходимой дисперсности получаемых на выходе фракций и производительности. Определение режимов измельчения часто исследуют на специальных лабораторных установках для определения наиболее оптимальных параметров отдельных узлов и деталей мельниц. В статье рассмотрены вопросы измельчения пищевого сырья, в частности ингредиентов биологически активных добавок на молотковой мельнице. Эксперименты поставлены на цифровой модели одной из таких мельниц, с возможностью виртуального управления ее работой. Полученные результаты сравнивали с данными эксперимента, проведенными на лабораторной мельнице. Расхождение полученных значений не превышало 5 %.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), применяются практически во всех отраслях пищевой промышленности. При производстве ПАВ часто используют растительные ингредиенты, которые проходят стадию измельчения в молотковой дробилке. Данный процесс необходим для увеличения скорости гетерогенной реакций протекающих при производстве ПАВ.

Как правило, перед измельчением проводят предварительные испытания мельницы для отработки:

- измельчения в молотковой дробилке заданной навески измельчаемого продукта;
- проведение ситовых анализов и определение степени измельчения материала;
- установление зависимости производительности дробилки и степени измельчения от размеров решетки;
- построение кривых распределения измельченного материала по размерам.

Молотковая дробилка разрушает материала путём дробления ударами молотков, шарнирно закреплённых на быстро вращающемся роторе, а также методом разрушения кусков при ударах о плиты корпуса дробилки.

Для исследования использовали: дробилку, работающую от электродвигателя, на валу которого закреплены литые молотки, вращающиеся в литой рабочей камере, в которой происходит измельчение.

Материал из бункера поступает в рабочую камеру дробилки, где в результате ударного воздействия молотков и истирания материала при движении в кольцевом вращающемся слое о стенки рабочей камеры дробилки происходит интенсивное его разрушение.

Материал находится в зоне измельчения до тех пор, пока частицы его не пройдут через сменную решетку, установленную в нижней части дробилки. Измельченный материал собирается в емкости. Изменяя размеры отверстий решетки регулируют крупность дробленного продукта. При опорожнении емкости, отвинчивают пробку и полученный продукт, через патрубок поступает в емкость для готового продукта

При работе дробилки через бункер всасывается окружающий воздух. Он проходит через решетку в сборную емкость, из которой удаляется через фильтрующий рукав.

Увеличению эффективности работы дробилки способствует нагрузка, влажность

измельчаемого материала и прочие факторы. Когда нагрузка увеличивается – увеличивается и расход энергии, затрачиваемый на измельчение. Если увеличивается влажность, то уменьшается производительность и возрастает расход энергии.

Скорость молотков – один из важнейших факторов, который влияет на эффективную работу дробилки. При увеличении частоты ударов молотков о частицы продукта, степень его измельчения также увеличивается. Если скорость молотков низкая, то эффективность работы падает и увеличивается расход энергии. Чтобы повысить эффективность работы дробилок нужно увеличить окружные скорости.

Если уменьшить размер отверстия сита, то степень измельчения возрастет, однако производительность пойдет на спад, а расход энергии прибавит в количестве.

На измельчение влияет и масса молотков, состояние граней молотков, а также величина зазора между поверхностью сита и кромкой молотка. Пластинчатые молотки в форме прямоугольника – наиболее частый вариант использования молотков (их толщина от 1,5 до 2,5 мм.). Материал для молотков – обработанная сталь.

При проведении исследований на цифровой модели, выполненной моделированием в Action Flash, устанавливают сменную решетку с заданным размером отверстий  $d_5$ . Порцию зерна  $G_{нач}$  засыпают в бункер и включают электродвигатель. Открывают задвижку под бункером и одновременно включают секундомер. По окончании измельчения останавливают секундомер, выключают электродвигатель. Взвешивают измельченный материал  $G_{кон}$ , затем проводят ситовый анализ. Сита располагают в порядке уменьшения размеров их отверстий сверху вниз.

Массу взвешенной сухой пробы помещают на верхнее наиболее грубое сито и затем его встряхивают вручную. По окончании отсева взвешивают остаток на каждом сите, включая также материал, попавший на дно сборника.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при изменении размера решетки в молотковой дробилке, степень измельчения исходного материала и производительность дробилки увеличивается.

Степень измельчения, производительность, расход энергии напрямую зависят от физико-механических характеристик продукта, скорости ротора дробилки, от сечения молотков и прочих факторов.

Вместе с тем, как показал эксперимент на цифровой модели, оптимальный режим работы молотковой дробилки будет зависеть в первую очередь от диаметра отверстий установленных решеток. Правильное их соотношение позволит добиться высоких технико-экономических результатов в работе дробилки.