

Наши исследования и расчеты показали, что зигзагообразная насадка имеет лучшие технико-экономические показатели по сравнению с другими. Она характеризуется меньшим гидравлическим сопротивлением и более высокой эффективностью. Более того, все указанные параметры изменяются плавно без резких скачков во всем диапазоне изменения скоростей газа, что свидетельствует о стабильности режима работы зигзагообразной насадки. Следовательно конструкцию данного типа можно считать наиболее выгодной и использовать для проведения дальнейших исследований.

### Литература

1. Каган А. М., Лаптев А. Г. Контактные насадки промышленных теплообменных аппаратов: монография. – Казань: Отечество, 2013. – 454 с.

2. Вайтехович П. Е., Мытько Д. Ю. Сравнительный анализ эффективности регулярных насадок для массообменных аппаратов // Труды БГТУ. 2020. № 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. С. 44–49.

3. Вайтехович П. Е. Разработка и исследование вихревых массообменных аппаратов: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. Минск, 1982. 211 с.

УДК 621.926

**Боровский Д.Н., Гребенчук П.С., Гарабажиу А.А.**  
(Белорусский государственный технологический университет)

### **ПОМОЛ СТЕКЛОБОЯ В ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

В последнее время наиболее актуальной задачей в различных отраслях промышленности является переработка и утилизация отходов стекла. Переработанное стекло легко возвращается в производственный цикл при изготовлении различных видов листового и бутылочного стекла, теплоизоляционного волокна и иных строительных материалов на его основе. Помимо экономии сырья, введение стекловолокна в состав стекольной шихты снижает ее температуру плавления и уменьшает время варки, что позволяет экономить до 10% электроэнергии, затрачиваемой на процесс.

В Республике Беларусь стеклобой применяется в сравнении с другими странами сравнительно недавно, поэтому рациональный подход к переработке сырья и использования его в технологических целях достаточно актуален. Стекло относится к высокоабразивным материалам средней прочности, не меняющим своих свойств с увеличением влажности.

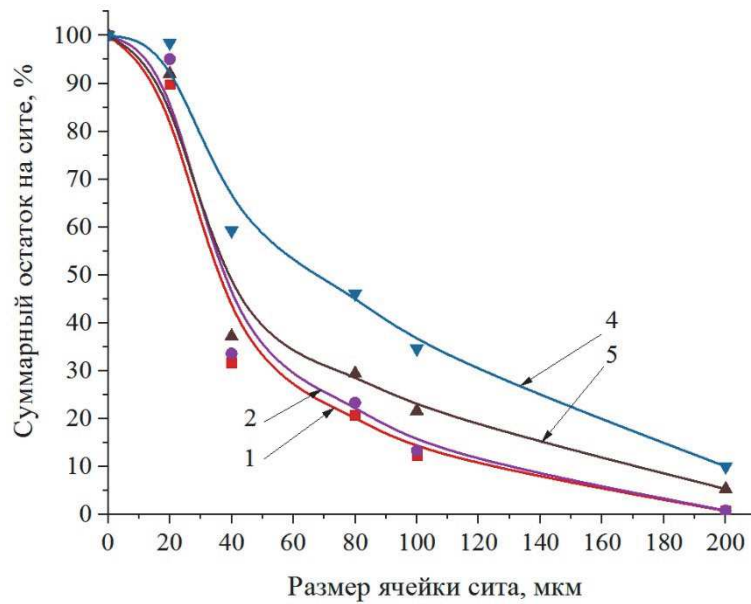
Одними из помольных агрегатов для тонкого измельчения стекла являются мельницы с шаровой загрузкой различных конструкций [1 – 3], наиболее эффективные из них – планетарные мельницы. При измельчении материала на него в размольных стаканах планетарной мельницы действует комплексное разрушающее воздействие: раздавливание, истирание и удар, которое приводит к интенсивному помолу [4].

Данная работа – это продолжение исследований процесса помола стеклобоя в мельницах различных конструкций [5]. Целью данных экспериментальных исследований являлось изучения процесса помола в планетарной мельнице в зависимости от времени помола, а также процентного соотношения мелющих тел и измельчаемого стеклобоя. Эффективность помола оценивалась по фракционному составу, который был получен на рассеивающей машине фирмы Retsch AS 200 (Германия) с набором сит 20, 40, 80 100 и 200 мкм.

В качестве объекта для экспериментальных исследований была выбрана вертикальная планетарная мельница периодического действия с максимальной угловой скоростью стаканов  $\omega = 140$  рад/с. Ее основные геометрические параметры следующие:  $L_B = 90$  мм,  $D_B = 120$  мм,  $k = 0,24$  и  $b = 1,7$ . Стаканы заполнялись мелющими телами и измельчаемым материалом в различном объемном соотношении. Для проведения экспериментов использовались мелющие тела  $d_{шт} = 18$  мм, выполненные из стали ШХ15, а стаканы – из стали 45.

Помол стеклобоя осуществлялся в течение трех промежутков времени – 5, 10 и 15 мин., и при различном процентном соотношении мелющих тел к измельчаемому материалу – 1:1, 1:0,8, 1:0,5 и 1:0,3. Степень заполнения мелющими телами оставалась фиксированной и составляла 30% от внутреннего объема помольного стакана.

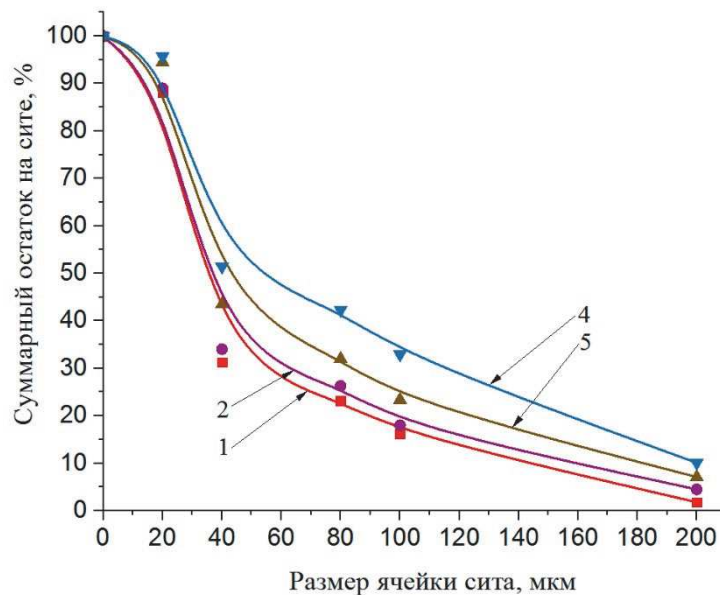
По результатам экспериментов были построены графические зависимости фракционного состава продукта при различных видах измельчения (рис. 1 – 3). Суммарную характеристику крупности материала в виде кривой строим «по плюсу», т.е. по суммарному остатку материала на ситах, начиная с самых крупных.



1 – 1:1; 2 – 1:0,8; 3 – 1:0,5; 4 – 1:0,3

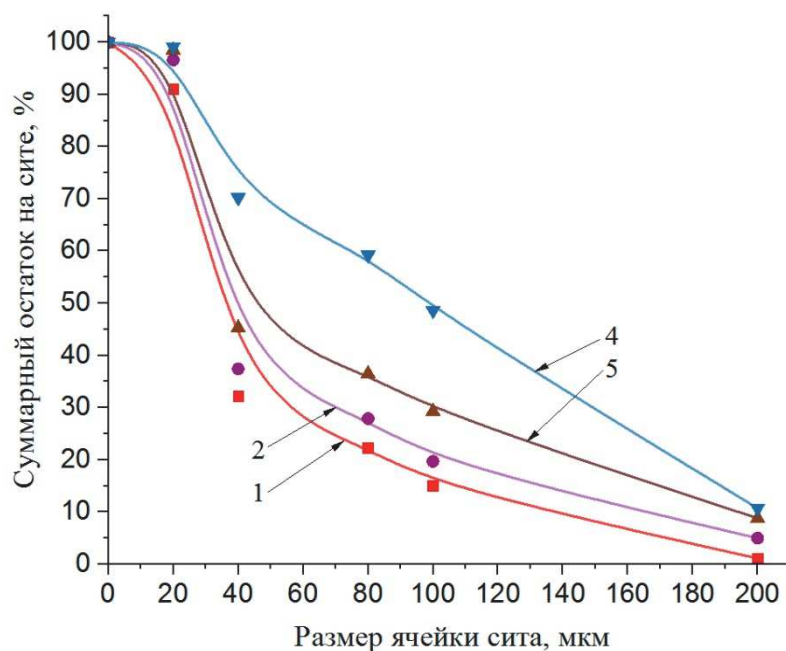
**Рисунок 2 – Фракционный состав стеклобоя при помоле 5 мин**

Из построенных графических зависимостей видно, что при увеличении степени заполнения измельчаемым продуктом помольных стаканов при фиксированном проценте мелющих тел тонина готового порошка увеличивается. Причем дисперсность готового продукта при соотношении 1:1 и 1:0,8 при 5 мин. измельчения практически идентична (рис. 1), заметные отличия наблюдаются только при помоле свыше 10 мин. (рис. 2 и 3).



1 – 1:1; 2 – 1:0,8; 3 – 1:0,5; 4 – 1:0,3

**Рисунок 3 – Фракционный состав стеклобоя при помоле 10 мин**



1 – 1:1; 2 – 1:0,8; 3 – 1:0,5; 4 – 1:0,3

**Рисунок 4 – Фракционный состав стеклобоя при помоле 15 мин**

При степени заполнения 1:1 и 1:0,8 остаток на сите 200 мкм практически отсутствует и составляет в зависимости от времени  $0,7 \div 5,1\%$ . В данном случае в помольном стакане на материал воздействует большее раздавливающее, истирающее и ударное усилия. В то же время для соотношений 1:0,5 и 1:0,3 остаток повышается –  $5,3 \div 10,7\%$ . Это связано с тем, что при меньшем количестве материала может наблюдаться отсутствия контакта его с мелющими телами и, как следствие, не будет происходить его измельчение.

Полученные результаты экспериментов позволили оценить эффективность процесса измельчения стеклобоя в планетарной мельнице. Построенные по экспериментальным данным графики наглядно показывают, что для достижения наибольшего процента частиц с размером меньше 100 мкм целесообразно применять соотношение мелющие тела к материалу 1:1.

### Литература

1. Вайтехович, П.Е. Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил / П.Е. Вайтехович. – Минск: БГТУ, 2008. – 220 с.
2. Вайтехович, П.Е. Моделирование движения загрузки в быстроходных измельчающих агрегатах / П.Е. Вайтехович, В.С. Франкевич, П.С. Гребенчук, Д.Н. Боровский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – №4 (29). – С. 82-86.

3. Семененко, Д.В. Влияние конструктивных и технологических параметров горизонтальной планетарной мельницы на эффективность процесса измельчения: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Семененко; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – 20 с.

4. Вайтехович, П.Е. Разрушающее воздействие мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице при различных способах обкатки помольных барабанов / П.Е. Вайтехович, Д.Н. Боровский // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2019. – №2. – С.3-6.

5. Гребенчук, П.С. Тонкое измельчение стеклобоя в мельницах различных конструкций / П.С. Гребенчук, Д.Н. Боровский // Вестник ПГУ. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2018. – Новополоцк. – №3. – С. 79-83.

УДК 621.921.1

**Волк А. М., Вилькоцкий А. И., Саевич Н. П.**  
(Белорусский государственный технологический университет)

### **К ВОПРОСУ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ НА МЕХАНИЧЕСКОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ**

Перемешивание жидких сред является весьма распространенным в промышленности процессом. Оно используется для приготовления эмульсий, суспензий, растворов и т.д., для интенсификации тепловых, массообменных и химических процессов. В результате перемешивания достигают диспергирования одной фазы в другой, равномерного распределения компонентов системы по объему аппарата, обновления поверхности контакта фаз, обеспечивают подвод новых порций вещества в зону контакта.

Наиболее распространено перемешивание механическими мешалками. Механические мешалки – это твердые тела, совершающие в жидкости вращательное (реже возвратно-поступательное или колебательное) движение. Механическое перемешивание, как правило, осуществляется в тех же аппаратах, в которых непосредственно осуществляются технологические процессы: реакторах, нейтрализаторах и т.д.

Качество перемешивания зависит от конструкции перемешивающего устройства, а также от количества энергии, подведенной к единице объема перемешиваемой среды, т.е. от мощности, затрачиваемой на перемешивание.