

DOI: 10.12737/article\_5a27cb8c4e8d85.63043917

Уральский В.И., канд. техн. наук, доц.,  
Синица Е.В., канд. техн. наук, доц.,  
Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.,  
Сажнева Е.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ\*

Alexx\_1984.10@mail.ru

Одним из способов обеспечения высокого качества тонкодисперсного порошка является организация замкнутого цикла измельчения. В то же время возникает необходимость повышения эффективности помольного оборудования, в том числе за счет совершенствования конструкции рабочих органов агрегатов.

В статье представлены научно-технические разработки по совершенствованию конструкции помольных камер центробежного измельчителя.

**Ключевые слова:** технологический модуль, измельчение, замкнутый цикл, диффузор, конфузор.

Одним из способов повышения эффективности помольных агрегатов вибрационно-центробежного типа является организация процесса измельчения по замкнутому циклу [1].

Разработанная схема замкнутого цикла измельчения с применением центробежного помольного агрегата (рис.1) позволяет обеспечить требуемое качество готового продукта исключить недостатки, присущие многокамерным мельницам замкнутого цикла измельчения [2–4].

Технологический модуль замкнутого цикла измельчения содержит центробежный помольный агрегат с тремя камерами помола и центробежный воздушно-проходной сепаратор с двумя зонами разделения.

Особенность представленной конструкции технологического модуля заключается в том, что материал проходит три стадии помола с различными режимами работы в одной мельнице с тремя камерами помола. При этом после каждой камеры помола проходит классификация в центробежном воздушно-проходном сепараторе. Это дает большую гарантию одинаковой дисперсности материала, что достигается за счет обеспечения непрерывного вывода готового продукта на различных стадиях процесса и возврата недоизмельченного материала на дальнейшее измельчение до состояния готового продукта.

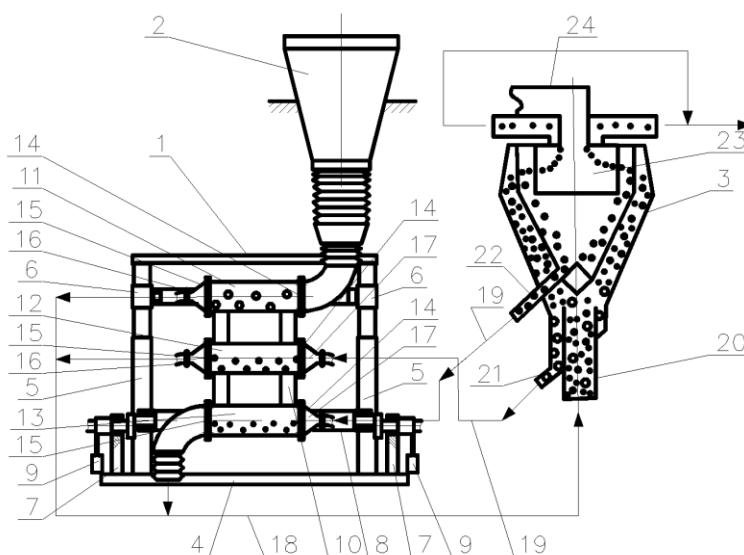


Рис. 1. Технологический модуль замкнутого цикла измельчения с центробежным помольным агрегатом:  
1 – центробежный помольный агрегат; 2 – бункер; 3 – центробежный воздушно-проходной сепаратор;  
4 – станина; 5 – вертикальная стойка; 6 – ползун; 7 – опора вала; 8 – эксцентриковый вал; 9 – противовес;  
10 – рама; 11, 12, 13 – помольные камеры; 14 – ограничительная решетка; 15 – классификационная решетка;  
16 – конфузор; 17 – диффузор; 18, 19 – газоходы; 20 – загрузочный патрубок; 21, 22 – разгрузочные патрубки;  
23 – радиальные лопасти; 24 – выходной патрубок

Разработанный технологический модуль, конструкция которого позволяет выводить из всех рабочих камер агрегата частицы материала с характеристиками, соответствующими готовому продукту, предотвращает его переизмельчение, а, следовательно, обеспечивает требуемое качество готового продукта и снижение энергозатрат на измельчение, тем самым повышает эффективность помола.

Кроме этого, для уменьшения энергозатрат, связанных с обеспечением движения газоматериального потока в помольных камерах агрегата, необходимо установить рациональные конструктивные параметры входных и выходных патрубков помольных камер, позволяющие уменьшить сопротивление движению потока и, в то же время, создающие завихрения в камерах, необходимые для перемешивания материала.

Конструктивно входные патрубки камер выполнены в виде расширяющихся усеченных конусов – диффузоров, выходные патрубки – в виде сужающихся усеченных конусов – конфузоров [5]. Применяя диффузоры и конфузоры с различными параметрами можно изменять скорость газоматериального потока, тем самым изменяя эффективность помола.

Для исследования влияния конструктивных параметров патрубков использовался программный продукт SolidWorks в модуле FlowSimulation, который позволяет сделать расчет потоков газа(воздуха) в камерах помола. Для расчета была выбрана модель камеры помола в реальных размерах (рис. 2), содержащая цилиндрический корпус 1, ограничительные решетки 2, патрубки входа 3 и выхода 4 газоматериального потока. Для расчетов применялись патрубки входа 3 и выхода 4 соответственно с диффузорами и конфузорами конусностью  $\alpha=20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  и  $90^\circ$ .

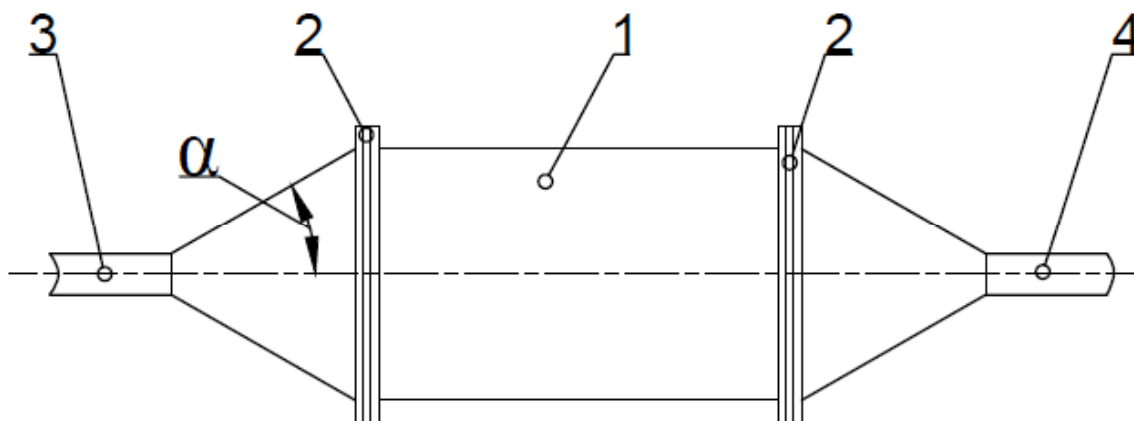


Рис. 2. Схема камеры помола

Результатами расчётов являются изменение скорости потоков воздуха на входе и выходе камеры помола, представленные в таблице и на графиках (рис. 3). Для моделирования более реальной картины движения потока были добавлены мелющие тела в хаотическом порядке, как при помоле в верхней камере центробежного помольного агрегата.

Таблица 1

**Потери скоростив % при различных параметрах патрубков**

Диффузор, °	Конфузор, °			
	20	30	45	90
20	7	14	13	49
30	5	12	14	60
45	9	15	18	31
90	22	25	31	60

Программный продукт SolidWorksFlowSimulation позволяет теоретически ознакомиться с процессами, происходящими в камере помола в статическом состоянии, при продувании ее потоком воздуха. Кроме этого, возможно определение изменения скоростей по всей длине камеры, а также минимальных потерь скоростей и установление рациональных значений углов диффузора и конфузора.

В результате проведенных расчетов определена минимальная потеря скоростей в камерах при значениях углов в диффузоре и конфузоре  $\alpha = 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  и  $90^\circ$ .

Потеря скорости обуславливается множественными завихрениями при прохождении диффузора и сопротивлением при прохождении конфузора. На рис. 4,5,6,7 можно визуальнo сравнить результаты, полученные в SolidWorks-FlowSimulation.

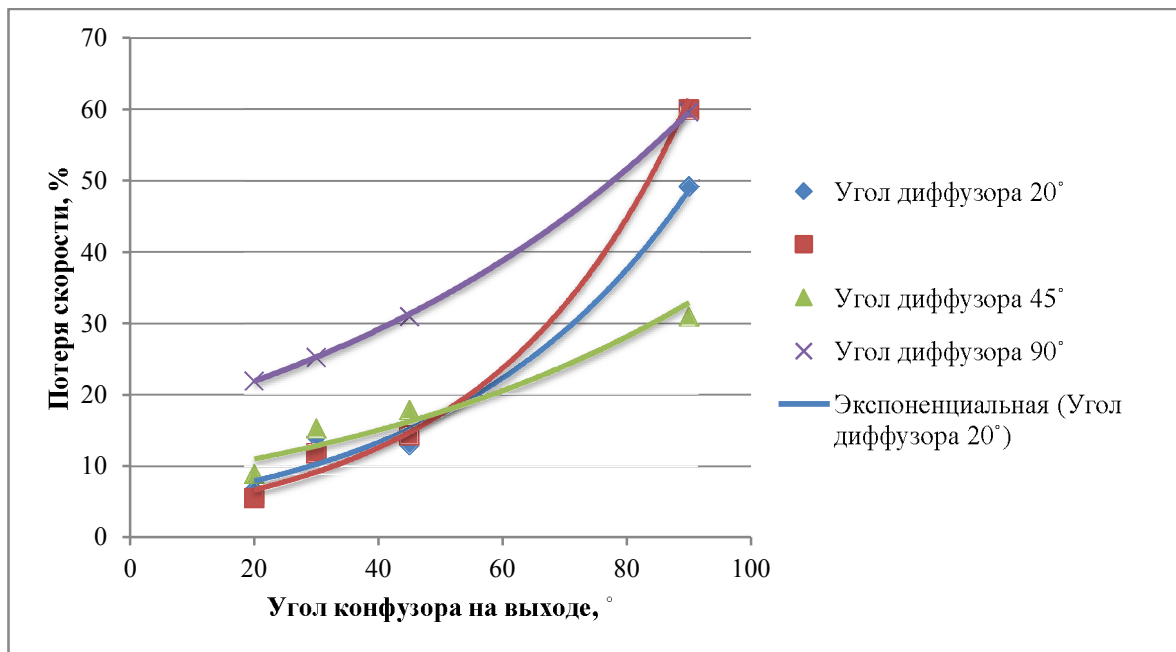


Рис. 3. Экспоненциальная зависимость потерь скоростей в зависимости от величин углов диффузора и конфузора

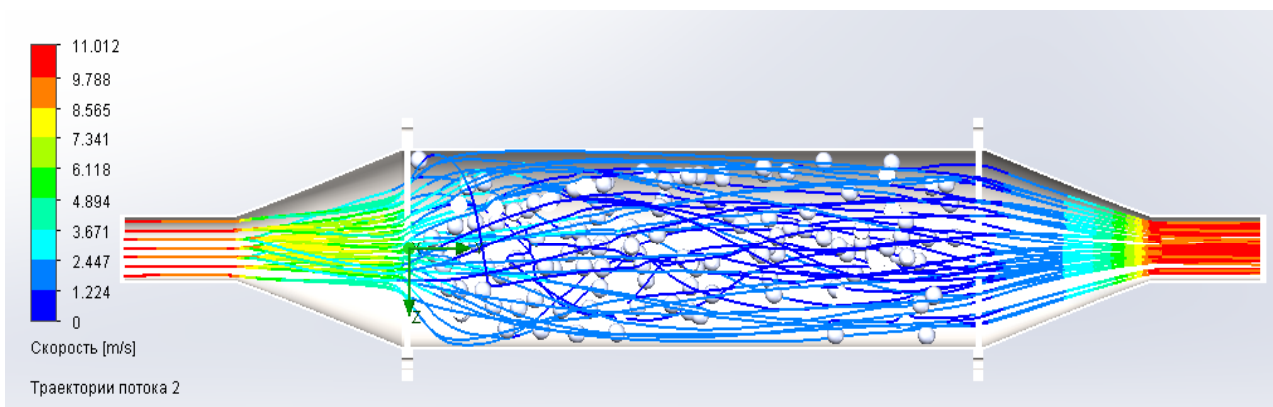


Рис. 4. Визуальное представление траекторий потока при диффузоре и конфузоре с углами 20° (цветовая гамма- изменение скорости)

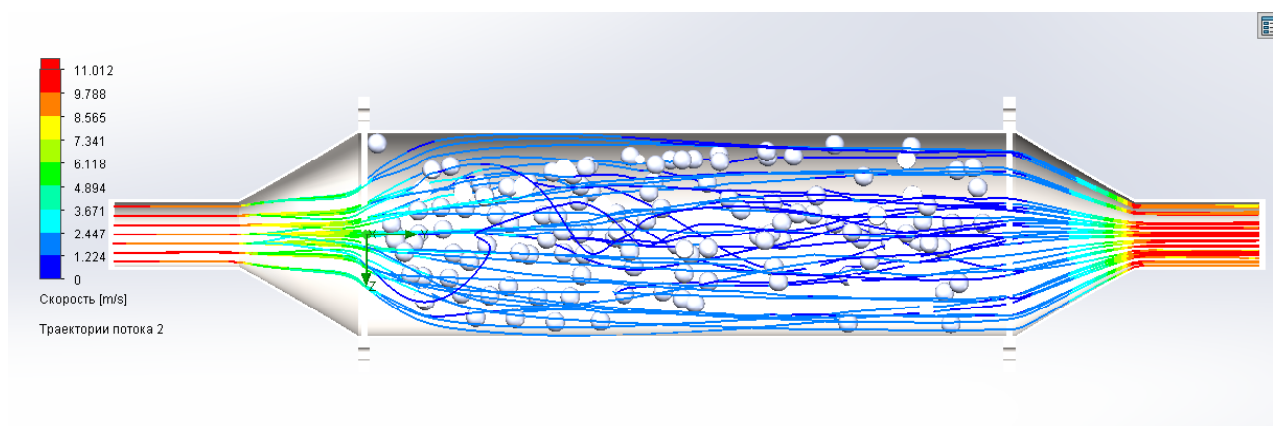


Рис. 5. Визуальное представление траекторий потока при диффузоре и конфузоре с углами 30° (цветовая гамма- изменение скорости)

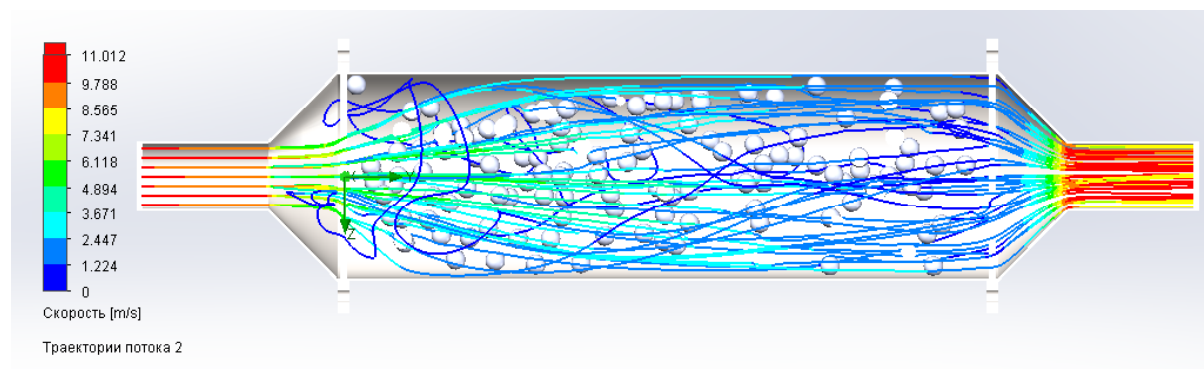


Рис. 6. Визуальное представление траекторий потока при диффузоре и конфузоре с углами  $45^\circ$  (цветовая гамма- изменение скорости)

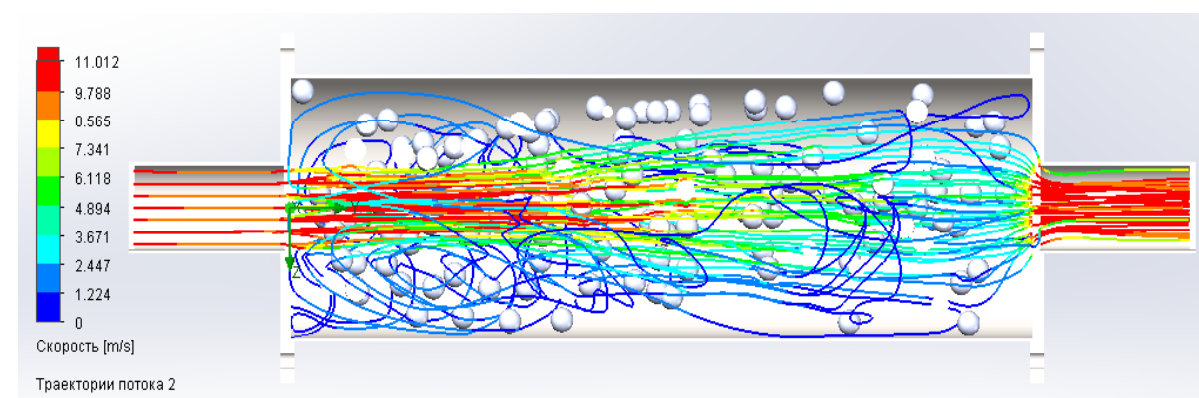


Рис. 7. Визуальное представление расчета траекторий потока при диффузоре и конфузоре с углами  $90^\circ$  (цветовая гамма- изменение скорости)

Из рис. 4 видно, как газ (воздух) входит в камеру помола через диффузор конусностью  $20^\circ$ , проходит сквозь ограничительную решетку, после которой начинаются незначительные завихрения. Так же проходит через мелющие тела, сквозь ограничительную решетку и плавно проходит через конфузор на выход.

На рис. 7 видно, что после прохождения воздуха через диффузор конусностью  $90^\circ$  наблюдается потеря скорости и обратное течение, появляется множество завихрений.

В данном случае завихрения играют значительную роль при классификации материала. При уменьшении скорости поток захватывает самые мелкие частицы. А при закручивании потока крупные частицы откидываются к стенке с помощью центробежных сил и домалываются дальше. Это дополнительная нагрузка на измельчаемый материал позволяет повысить эффективность измельчения.

Проведенные расчеты и позволяют существенно упростить определение конструктивных параметров помольных камер, обеспечивающих необходимый режим измельчения материала в центробежном агрегате по замкнутому циклу измельчения.

*\*Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крытхин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. М.: Стройиздат, 1966. 275с.
2. Заявка 2017118016 Российская Федерация, Технологический модуль и способ замкнутого цикла измельчения / Уральский В.И., Севостьянов В.С., Сеница Е.В., Уральский А.В., Сажнева Е.А., Фарафонов А.А., заявитель ФГБОУ БГТУ им. В.Г. Шухова; приоритет 23.05.2017.
3. Пат. 2277973 Российская Федерация, В 02С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.06.06, Бюл. №17.
4. Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В., Сажнева Е.А. Технологический модуль замкнутого цикла измельчения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С. 144–148.
5. Идельчик И.Е., Штейнберга М.О. Справочник по гидравлическим сопротивлениям // Машиностроение. 1992. №3. 672 с.

*Информация об авторах*

**Уральский Владимир Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

E-mail: wiural@mail.ru.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Синица Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

E-mail: evsinica@mail.ru.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Уральский Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

E-mail: Alexx\_1984.10@mail.ru.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Сажнева Екатерина Александровна**, аспирант кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в сентябре 2017 г.*

© Уральский В.И., Синица Е.В., Уральский А.В., Сажнева Е.А., 2017

---

**Uralskiy V.I., Sinitisa E.V., Uralskiy A.V., Sazhneva E.A.**

**IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR A CLOSED CIRCULATION CYCLE**

*One way to ensure the high quality of fine powder is to organize a closed grinding cycle. At the same time, there is a need to increase the efficiency of grinding equipment, including by improving the design of the working parts of the units.*

*The article presents scientific and technical developments on the improvement of the design of grinding chambers of a centrifugal shredder.*

**Keywords:** *technological module, grinding, closed cycle, diffuser, confuser.*

---

*Information about the authors*

**Uralskiy Vladimir Ivanovich**, PhD., Assistant professor.

E-mail: wiural@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Sinitisa Elena Vladimirovna**, PhD., Assistant professor.

E-mail: evsinica@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Uralskiy Alexey Vladimirovich**, PhD., Assistant professor.

E-mail: Alexx\_1984.10@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Sazhneva Ekaterina Aleksandrovna**, Postgraduate student.

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in September 2017*

© Uralskiy V.I., Sinitisa E.V., Uralskiy A.V., Sazhneva E.A., 2017