

*Канд. техн. наук, доцент Левченко Э.П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДРОБЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ДРОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ РАЗГОННО-УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Розглянуті основні шляхи підвищення ефективності роботи відцентрово-ударних машин, що працюють за принципом розгінно-ударної дії руйнування матеріалів.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В настоящее время для разрушения различных материалов широкое распространение получили дробильно-измельчительные машины молоткового типа, в которых процесс дробления характеризуется многократным соударением дробимого материала с рабочими органами – молотками и декой [1].

В силу многократности циклов нагружения материала в молотковых дробилках допускается значительное его переизмельчение, что приводит к лишним затратам энергии на разрушение.

При использовании дробильно-измельчительных машин в различных областях народного хозяйства приоритетным направлением является снижение энергозатрат на переработку материала, а также повышение качества готового продукта.

Анализ исследований и публикаций. Научный анализ известных публикаций показывает, что центробежно-ударные измельчительные машины разгонного типа обеспечивают благоприятные условия разрушения частиц однократным ударом или точно заданным количеством ударов [2-4]. Преимуществом этого является то, что практически вся кинетическая энергия, запасенная материалом во время его разгона, переходит в работу разрушения, а переизмельчение снижается. Поэтому актуальным является разработка, совершенствование и исследование машин такого типа.

В.В. Товаров и Г.Н. Оскаленко [5] при выяснении влияния коэффициента трения на скорость вылета материала из ротора исходили из того, что при разгоне лопастным ротором частица участвует в двух движениях: окружном (переносном) вместе с лопастным колесом и относительном (относительно лопасти). Геометрическая сумма этих двух

скоростей определяет абсолютную скорость выброса материала и определяется таким образом:

$$V_b = V_{ok} \cdot m = \omega R \times \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{1 - \frac{r_n^2}{R^2} - \frac{r_n}{R} \cdot f}}{\sqrt{f^2 + 1 + f}} \right)^2 + \frac{2 \left(\sqrt{1 - \frac{r_n^2}{R^2} - \frac{r_n}{R} \cdot f} \right) \frac{r_n}{R}}{\sqrt{f^2 + 1 + f}}}, \quad (1)$$

где V_{ok} - окружная скорость;
 m - коэффициент скорости;
 r_n - радиус нормальной окружности в месте начала лопасти;
 R - радиус ротора;
 f - коэффициент трения материала о поверхность лопасти.

Постановка задачи. Целью данной статьи является развитие известных конструктивных схем дробилок такого типа для повышения эффективности и интенсификации их работы.

Из вышеизложенного видно, что развитие конструкций разгонно-ударных машин в настоящее время происходит по двум направлениям:

- с дисковым ротором;
- с ротором в виде труб.

По виду воздействия на материал развитие конструкций разгонных дробилок осуществляется по двум направлениям:

- многократного ударного воздействия;
- единичного ударного воздействия.

Основным недостатком работ в развитии конструкций таких машин является недостаточное уделение внимание совершенствованию рабочих органов и рабочей камеры.

Изложение материала и его результаты. По условию бездемпферного разрушения (свободный удар) величина подачи сыпучих зерновых материалов в разгонно-ударную машину может определяться по формуле [6]:

$$Q = \frac{M_{1000} \pi D}{1000 t d}, \quad (2)$$

где M_{1000} - масса тысячи зерен мелкозернистого материала;
 D - диаметр отбойного кольца;

t – время, за которое последующая частица долетает от ротора до отбойной плиты, при условии, что осколки разрушения покидают зону соударения;

d – наибольший характеризующий размер исходного материала.

$$t = -t_n - t_0 + \sqrt{(t_n + t_0)^2 + \frac{2d}{g}}, \quad (3)$$

где t_n – время, характеризующее начальные условия подхода частицы к лопасти;

$t_0 = \frac{2\pi}{N\omega}$ – время одного оборота ротора;

N – количество лопастей на роторе;

ω – угловая частота вращения ротора.

Окончательно оптимальная подача определится подстановкой времени (3) в формулу (2) с учетом времени одного оборота ротора:

$$Q = \frac{M_{1000}\pi D}{1000d \left(-t_n - \frac{2\pi}{N\omega} + \sqrt{(t_n + t_0)^2 + \frac{2d}{g}} \right)} \quad (4)$$

Минимальная предупредительная скорость, гарантирующая разрушение материала при свободном ударе определяется [6]:

$$V_{13} = \sqrt{\frac{1000Fd_{\min}}{M_{1000}}}, \quad (5)$$

где F – сила сопротивления зерна разрушению;

d_{\min} – размер наименьшего поперечного сечения частицы.

Таким образом эффективность работы дробилки зависит от многих факторов, определяющую роль из которых играют следующие:

- величина подачи материала в рабочую камеру;
- скорость вылета частицы из ротора;
- расстояние от ротора к отбойной поверхности.

В соответствии с изложенным можно сделать вывод о том, что усовершенствование конструкций таких машин должно осуществляться за счет создания условий более равномерного распределения частиц внутри ротора и по всему сечению отбойных поверхностей при его вы-

лете из ротора. При этом должно обеспечиваться однослойное соударение частиц зерна об отбойные поверхности, так как взаимное столкновение частиц друг с другом и с продуктами разрушения демпфирует удар, тем самым снижая эффективность работы.

Другим направлением усовершенствования является повышение концентрации ударной нагрузки за счет ее многократности и улучшения условий встречи материала с преградой.

Эти способы реализованы в конструкциях центробежно-ударных дробильно-измельчительных машин, принципиальная новизна которых подтверждена восемью авторскими свидетельствами СССР и одним патентом Российской Федерации (Рис. 1).

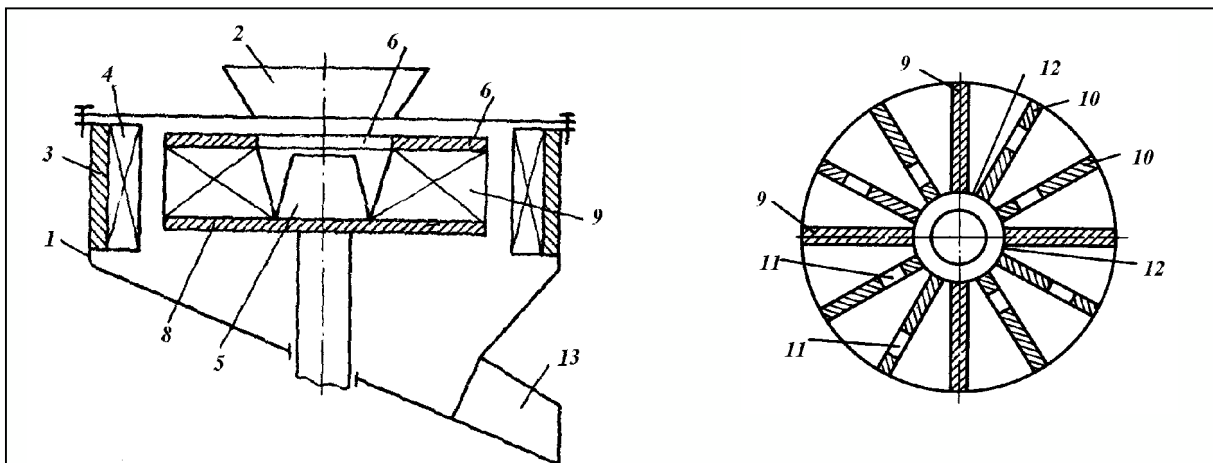
Одним из способов улучшения распределения зерна внутри ротора и по всей площади отбойного кольца является использование центробежной и гравитационной сил. Центробежная сила (как наиболее значимая по величине) может использоваться при высоких скоростях вращения ротора, а гравитационная – при низких.

В центробежной мельнице по а.с. СССР № 1768284 [7] равномерное распределение материала достигается разделением его потоков внутри ротора на несколько частей под действием центробежной силы путем прохода его через окна в лопатках ротора. Более полное разрушение материала происходит благодаря тому, что он выбрасывается из ротора не всей массой, а постепенно, при этом частичное измельчение происходит внутри ротора благодаря проходу через окна одних лопаток и ударе о другие лопатки.

Аналогично, но с использованием силы тяжести достигается распределение материала в измельчителе по а.с. СССР № 1797995 [8], где частицы при вращении ротора проходят через окна горизонтальных перегородок. Этим достигается более равномерное распределение частиц по всей высоте рабочей камеры. Главным недостатком является слабое действие силы тяжести по сравнению с центробежной силой, в результате чего при значительной угловой скорости вращения ротора, зерна могут получать большие ускорения и не успевают проходить в окна горизонтальных перегородок, тем самым, нарушая нормальный режим работы машины.

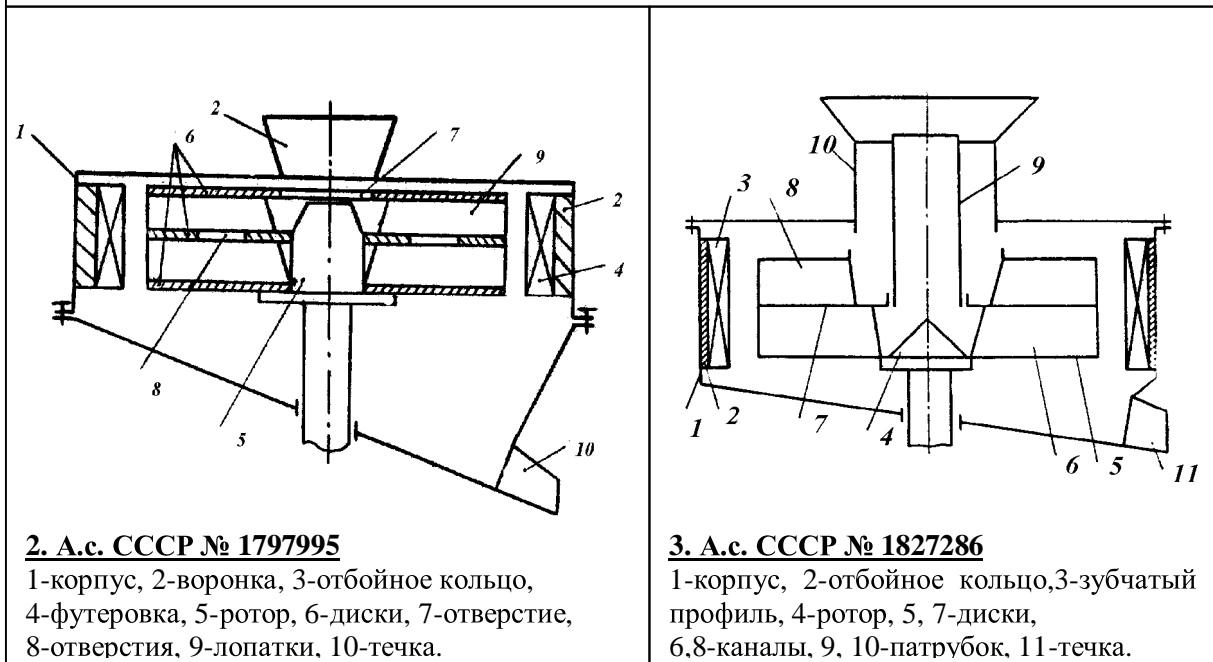
Устранить недостаток, присущий данной схеме позволяет центробежная дробилка по а.с. СССР № 1827286 [9], в которой сырье подается на каждую горизонтальную перегородку ротора отдельными потоками, чем достигается равномерное его распределение по всей высоте отбойного кольца, а также решается вопрос повышения пропускной способности ротора.

№	Технологический эффект	Элементы конструкций								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
И/П	Повышение степени измельчения	+	+	+		+	+	+	+	
2	Выровненность гранулометрического состава	+	+		+	+	+	+	+	
3	Снижение энергозатрат								+	
4	Повышение производительности			+	+					+
5	Повышение надежности						+			+
6	Снижение переизмельчения				+					



1. А.с. СССР № 1768284

1-корпус, 2-конус, 3-отбойное кольцо, 4-зубчатый профиль, 5-ротор, 6-отверстие, 7, 8-диски, 9-лопатки, 10-лопатки с окнами, 11-окна, 12-канал, 13-течка.



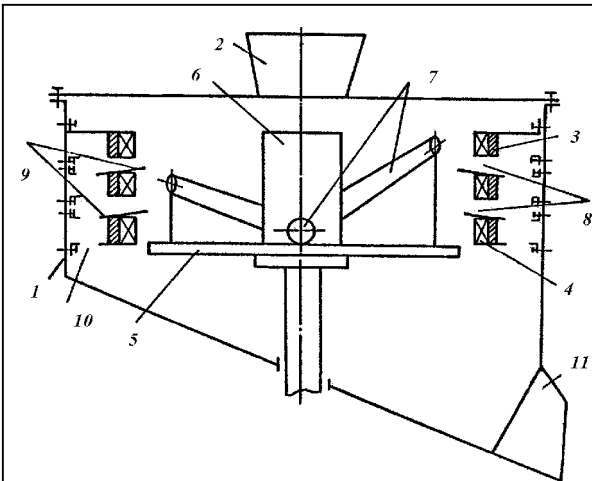
2. А.с. СССР № 1797995

1-корпус, 2-воронка, 3-отбойное кольцо, 4-футеровка, 5-ротор, 6-диски, 7-отверстие, 8-отверстия, 9-лопатки, 10-течка.

3. А.с. СССР № 1827286

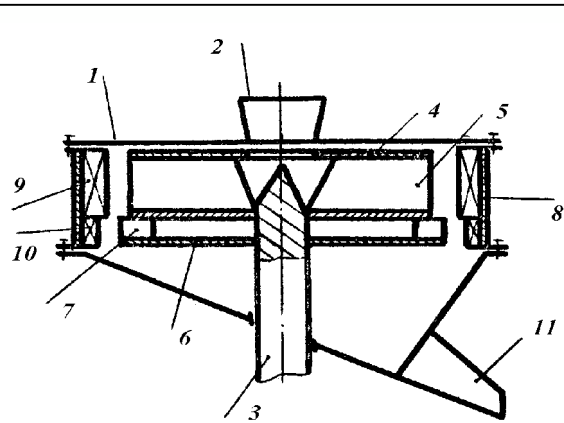
1-корпус, 2-отбойное кольцо, 3-зубчатый профиль, 4-ротор, 5, 7-диски, 6, 8-каналы, 9, 10-патрубок, 11-течка.

Рис. 1, лист 1. - Матрица вариантов элементов конструкций новых центробежно-ударных мельниц в связи с их эффективностью



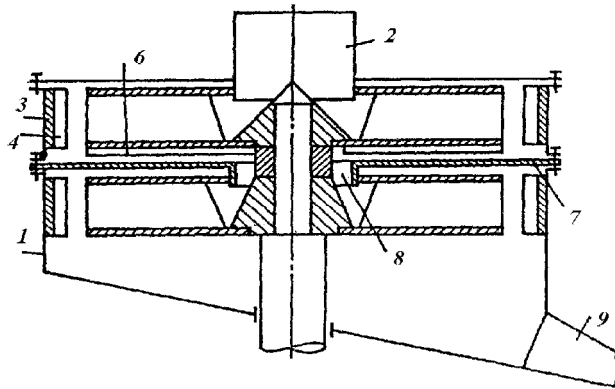
4 А.с. СССР № 1796248

1-корпус, 2-воронка, 3-отбойное кольцо, 4-футеровка, 5-ротор, 6-цилиндр, 7-трубы, 8-зазор, 9-течка, 10-окно, 11-отвод.



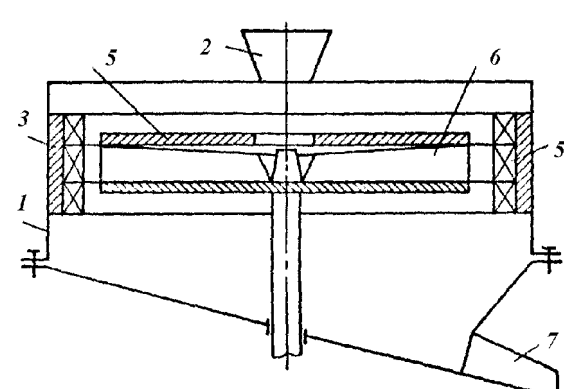
5 А.с. СССР № 1791006

1-корпус, 2-воронка, 3-вал, 4-ротор, 5-канал, 6-диск, 7-билы, 8-отбойное кольцо, 9, 10-зубчатый профиль, 11-течка.



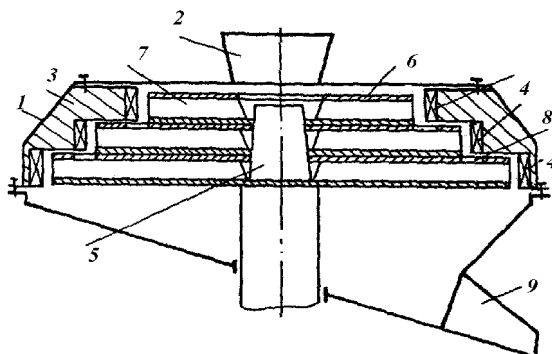
6 Патент России № 2029618

1-корпус, 2-воронка, 3-отбойное кольцо, 4-зубчатый профиль, 6-ротор, 7-перегородка, 8-отверстие, 9-течка.



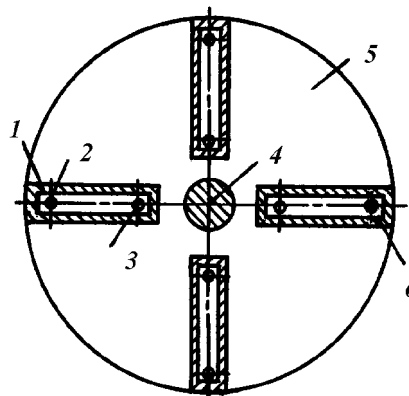
7 А.с. СССР № 1759456

1-корпус, 2-воронка, 3-отбойное кольцо, 4-зубчатый профиль, 5-ротор, 6-лопасть, 7-течка.



8 А.с. СССР № 1787532

1-корпус, 2-воронка, 3-отбойное кольцо, 4-зубчатый профиль, 5-ротор, 6-диски, 7-лопасти, 8-окна, 9-течка.



9 А.с. СССР № 1827285

1, 6-рабочие органы, 2-клинья, 3-болт, 4-ротор, 5-диск, 6-штифт.

Рис. 1. лист 2

В НИПКИ "Параметр" при Донбасском горно-металлургическом институте были разработаны, изготовлены и испытаны опытные образцы двухпоточных ударных дробилок производительностью 5 и 10 тонн в час, предназначены для переработки горнорудных материалов. Испытания показали, что частицы, полученные в режиме одного потока, отличаются более высокой крупностью. Это объясняется тем, что при работе двумя потоками происходит дополнительное дробление материала как боковыми поверхностями лопаток нижнего ротора, так и вылетающим из него материалом [10, 11].

Эта же цель достигается и в центробежной мельнице по а.с. СССР № 1796248 [12], где отбойное кольцо выполнено из нескольких частей, не сообщенных между собой, а материал выбрасывается на них из ротора через патрубки под различными углами наклона таким образом, что каждый из них может обеспечить подачу материала только на соответствующее ему отбойное кольцо. Такая схема устраняет недостатки предыдущих тем, что исключает контакт материала, поступающего из верхней части отбойного кольца с материалом, поступающим с нижней его части.

Три следующие схемы центробежных машин позволяют повысить эффективность измельчения путем обеспечения многоступенчатого измельчения. Так, центробежная мельница по а.с. СССР № 1791006 [13] благодаря наличию на нижней части ротора дополнительных бил, обладающих большей окружной скоростью чем верхние, позволяет получить готовый продукт более мелких фракций. Центробежная дробилка по патенту Российской Федерации № 2029618 [14] и центробежная мельница по а.с. СССР № 1787532 [15] позволяют проводить последовательное многоступенчатое измельчение исходного материала, чем достигается его более полное разрушение.

Центробежная мельница по а.с. СССР № 1759456 [16] позволяет эффективно измельчать материалы различных видов и обладающих разными физико-механическими свойствами, например, коэффициентом трения. По этой причине частицы различных материалов вылетают из ротора под различными углами к отбойной поверхности. Установить рациональный угол встречи материалов с преградой позволяет многоступенчатая конструкция отбойного кольца. При этом для каждого конкретного вида материала подбирается та ступень, для которой угол встречи наиболее близок к прямому, чтобы обеспечить "лобовой" удар.

Одним из определяющих факторов работы центробежных машин является износостойкость рабочих органов ротора, которые подвергаются значительным фрикционным нагрузкам.

Центробежная дробилка по а.с. СССР № 1827285 [17] позволяет повысить надежность работы за счет применения быстросменных пере-

устанавливаемых лопаток ротора. Эта схема (в варианте замены лопаток на конических штифтах) также была реализована в НИПКИ “Параметр” при ДГМИ [18].

Выводы и направления дальнейших исследований. В качестве центробежно-ударных дробильно-измельчительных машин в промышленности получили широкое распространение молотковые дробилки, допускающие переизмельчение материалов и большие энергозатраты.

Разгонно-ударные машины являются перспективными с точки зрения снижения энергозатрат на разрушение материала, при этом закономерности их работы остаются малоизученными.

Для повышения эффективности дробления необходимо дальнейшее совершенствование конструкций центробежно-ударных дробильно-измельчительных машин разгонного типа.

Рассмотрены основные пути повышения эффективности работы центробежно-ударных машин, работающих по принципу разгонно-ударного действия разрушения материалов.

The basic ways of increase of an overall performance of the centrifuga-shock machines working by a principle of dispersal-shock action of destruction of materials are considered.

Библиографический список.

1. Клушанцев Б. В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Елисеев В.А. Исследование процесса измельчения зерна ударом: Автореферат диссертации канд. техн. наук: 05.20.01 / Моск. технол. ин-т пиц. пром-ти. - М., 1962. - 11 с.
3. Багян Э.Р. Исследование и разработка способа механического дробления хрупких материалов свободным ударом с использованием центробежного ускорителя: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.06 / Ин-т геотехнич. мех. АН УССР. - Днепропетровск, 1977. - 24 с.
4. Сокур Н. И., Учитель С.А., Калиниченко А.Ф. Разработка и испытание центробежной дробилки для мелкого дробления магнетитовых руд // Сборник тезисов докладов Всесоюзной научно-практической конференции “Комплексное освоение техногенных месторождений”. - Ч. 2. - Челябинск, 1990. - С. 110.
5. Товаров В.В., Оскаленко Г.Н. Исследование вылета частиц из лопастных роторов центробежных измельчающих машин: Труды института Гипроцемент. - Днепропетровск: Госстройиздат, 1962. - С. 64 - 91.
6. Левченко Э.П. Интенсификация технологического процесса измельчения зерна на комбикорм в центробежно-ударной мельнице. Дис-

сертификация на соискание научной степени кандидата технических наук. - Алчевск: 2001. - 288 с.

7. А.с. № 1768284. СССР. Центробежная мельница / А.Н. Онопченко, А.М. Зинченко, Э.П. Левченко, Р.М. Сухомлин (СССР). - № 4910402/33; Заявлено 13.12.90; Оpubл. 15.10.92, Бюл. № 38.

8. А.с. № 1797995. СССР. Измельчитель / Р.М. Сухомлин, Э.П. Левченко, А.М. Зинченко и др. (СССР). - № 4887067/ 33; Заявлено 04.12.90; Оpubл. 28.02.93, Бюл. № 8.

9. А.с. № 1827286. СССР. Центробежная дробилка / П.П. Королев, А.Н. Онопченко, Э.П. Левченко, С.В. Сергиенко (СССР). - № 4925557/33; Заявлено 08.04.91; Оpubл. 15.07.93, Бюл. № 26.

10. Исследование режимов работы и разработка опытных образцов двухпоточной роторной ударной дробилки производительностью 5 и 10 тонн в час: Отчет о НИР/ Науч.-исслед. проектн.-констр. ин-т "Параметр"; № ГР 0295U003812; - Алчевск, 1996. - 47 с.

11. П.П. Королев, В.Н. Алтухов, Э. П. Левченко. Разработка и исследование роторно-ударной дробилки. Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. № 13. Том 3. - Днепропетровск, "Навчальна книга". 2002. с. 36 - 39.

12. А.с. № 1796248. СССР. Центробежная мельница / Э.П. Левченко, А.Н. Онопченко, А.М. Зинченко, Р.М. Сухомлин (СССР). - № 4890240/33; Заявлено 13.12.90; Оpubл. 23.02.93, Бюл. № 7.

13. А.с. СССР № 1791006. СССР. Центробежная мельница / А.Н. Онопченко, А.М. Зинченко, Э.П. Левченко, Р.М. Сухомлин (СССР). - № 4882162/ 33; Заявлено 16.11.90; Оpubл. 30.01.93, Бюл. № 4.

14. Пат. № 2029618. Россия. МКИ В 02 С 13/14. Центробежная дробилка / А.Н. Онопченко, А.М. Зинченко, Э.П. Левченко, Р.М. Сухомлин. (Россия); - №4882162/33; Заявл. 16.11.90; Оpubл. 30.01.93; Бюл. № 6.

15. А.с. № 1787532. СССР. Центробежная мельница / Э.П. Левченко, А.М. Зинченко, А.Н. Онопченко, Р.М. Сухомлин (СССР). - № 4904058/33; Заявлено 22.01.91; Оpubл. 15.01.93, Бюл. № 2.

16. А.с. др. № 1759456. СССР. Центробежная мельница / Э.П. Левченко, А.М. Зинченко, Р.М. Сухомлин и др. (СССР). - № 4881156/ 33; Заявлено 11.11.90; Оpubл. 07.09.92; Бюл. № 33.

17. А.с. № 1827285. СССР. Центробежная дробилка/ П.П. Королев, А.Н. Онопченко, Э.П. Левченко (СССР). - № 4920795/33; Заявлено 21.03.91; Оpubл. 15.03.91; Бюл. № 26.

18. Создание опытного образца роторно-ударной дробилки для рудных и нерудных материалов производительностью до 10 т/ч. Отчет о НИР (заключительный) / Научн.-исслед. проектн.-констр. ин-т "Параметр"; № ГР 0295U003812. - Алчевск, 1993. - 18 с.