

Семериков Леонтий Андреевич

ассистент кафедры горной механики,
Уральский государственный
горный университет,
620144 г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,
e-mail: Demus77@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ НА ПОЛКЕ
СЕПАРАТОРА ПО ТРЕНИЮ И
УПРУГОСТИ (СПРУТ)**

Аннотация:

Обогащение по трению основано на различии в величине трения скольжения минералов. Непременной частью всякой машины для обогащения по трению является наклонная поверхность (полка). Действие доски сводится к замедлению движения тел, вследствие чего при достаточной длине наклонной плоскости успевают обнаружиться разница в их скоростях, вызываемая разными величинами коэффициентов трения. Это позволяет провести расслоение компонентов при перемещении по полке и сформировать параболические траектории их движения на сходе с наклонной плоскости.

Ключевые слова: обогащение, угол наклона, коэффициенты трения, восстановления, качения, асбест, слюда, гранат и вмещающие породы.

Semerikov Leontiy A.

graduate student, assistant of the Department of
mining mechanical engineering
of the Ural state mining University.
620144, Yekaterinburg, Kuibishev st., 30,
e-mail: Demus77@mail.ru

**STUDYING THE REGULARITIES OF MIN-
ERALS SEPARATION ON THE SEPARA-
TOR'S SHELF BY FRICTION AND ELAS-
TICITY (SPRUT)**

Abstract:

The friction enrichment is based on the difference in the value of friction sliding minerals. An indispensable part of any friction enrichment machine is an inclined surface (shelf). The shelf action is brought to slowing the motion of bodies, so that the difference in bodies velocities caused by different values of the friction coefficient can be detected when the length of an inclined plane is different. This permits to make a bundle of components when moving on the shelf and to form a parabolic trajectory of their movement when crawling down the inclined plane.

Keywords: enrichment, slope, the coefficients of friction, recovery, rolling, asbestos, mica, garnet and enclosing rocks.

Обогащение по трению основано на различии в величине трения скольжения минералов.

Непременной частью всякой машины для обогащения по трению является наклонная поверхность (полка). Действие доски сводится к замедлению движения тел, вследствие чего при достаточной длине наклонной плоскости успевают обнаружиться разница в их скоростях, вызываемая разными величинами коэффициентов трения. Это позволяет провести расслоение компонентов при перемещении по полке и сформировать параболические траектории их движения на сходе с наклонной плоскости [1, 2, 3].

Оценка качества подготовки продуктов к последующему разделению в аппаратах осуществлялась по ширине веера разделения после схода с плоскости. Если расположить приемники по всей длине под плоскостью, то количественные и качественные параметры элементарных фракций будут характеризовать качество веера, т. е. качество подготовки материала к последующему разделению. Косвенной обобщенной характеристикой всех элементарных фракций в ячейках приемника может явиться и характеристика потенциального разделения продукта уже в результате стратификации. Такой критерий позволяет учесть и ширину веера, и качество распределения частиц внутри него. Используем критерий для разделения асбеста и пород – выход хвостов при $V = 0,3 \%$. Рассматривалось несколько вариантов в установке дополнительных плоскостей в зоне схода продукта с разгонной плоскости (рис. 1).

Режим разделения перестраивался за счет изменения угла наклона всех плоскостей (основной и дополнительных K, L, C), варьировались высота уступа и размер раз-

грузочной щели дополнительной плоскости. Кроме этого, изучались возможности разделения асбестосодержащих продуктов стратификацией с помощью полки с трамплином, футерованной резиной и сталью.

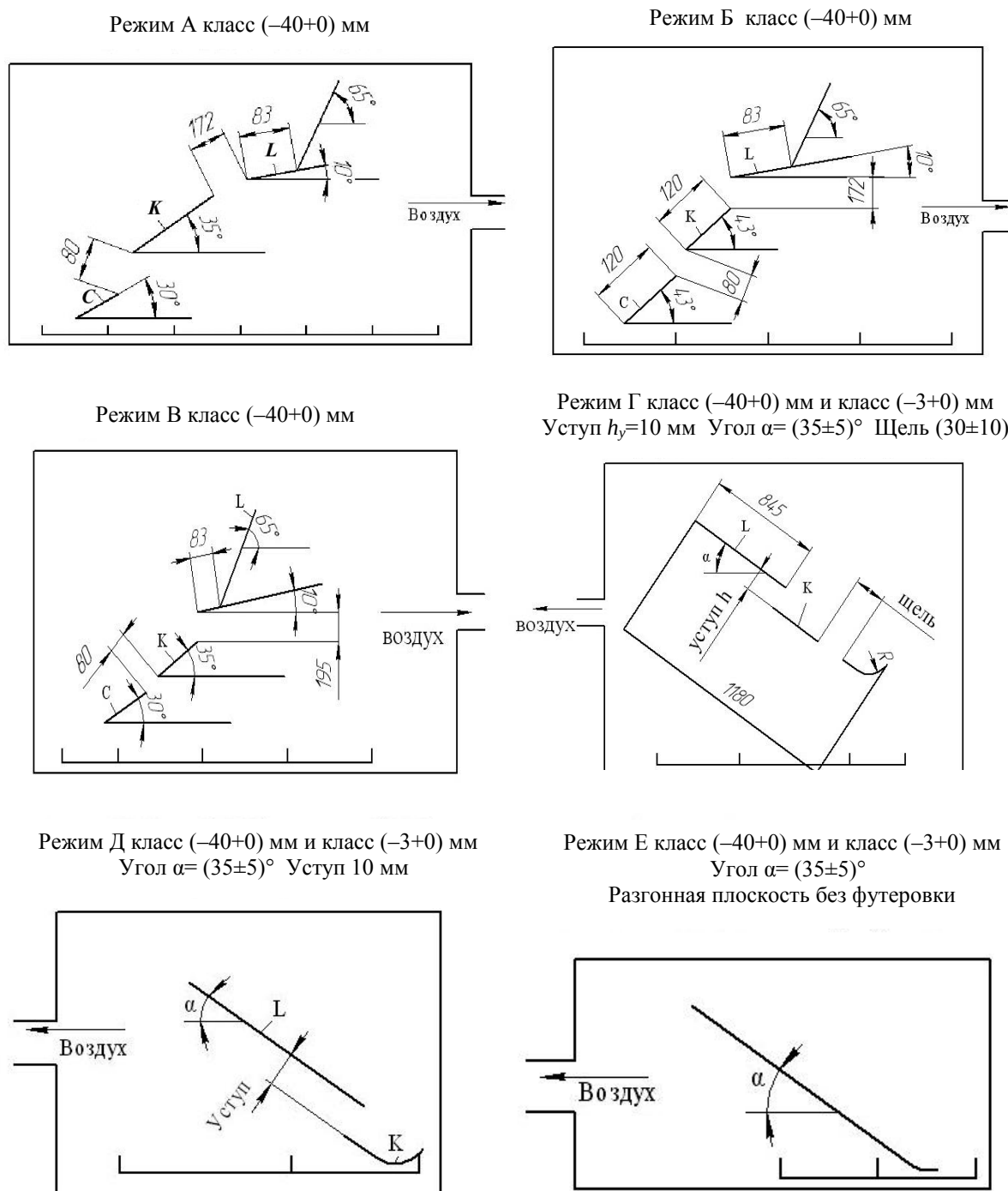


Рис. 1 – Схемы комбинированной установки плоскостей узла стратификации

Процесс разделения на плоскостях осуществляется следующим образом. При подаче материала на плоскость за счет различия в коэффициентах трения куски асбеста и вмещающих пород приобретают различную скорость при сходе с основной плоскости. Породные куски, обладающие большей упругостью, меньшим коэффициентом трения и большей скоростью, соударяясь с плоскостью L , отражаются и перескакивают на плоскость K , затем на плоскость C и достигают приемников породных продуктов. Асбест и

прочие минералы, обладающие меньшим коэффициентом восстановления и большим коэффициентом трения, скользят по поверхности полок и разгружаются через щелевые отверстия. Результаты разделения продуктов класса $-40+0$ мм и $-3+10$ мм для различных режимов установки полок приведены в табл. 1.

Кроме изменения угла и положения полок, оценивалось влияние наличия аспирации в рабочей зоне сепаратора на разделение продуктов.

Как показали результаты исследования, использование сочетания таких полок в узле стратификации позволяет эффективно подготовить продукты для разделения на подвижной разделительной поверхности. Использование аспирации в режиме А несколько ухудшило показатели разделения за счет поступления части породной фракции с потоком воздуха в асбест. Это, по-видимому, объясняется неудачной точкой забора аспирационного воздуха. В режиме Г плоскость L была снабжена дополнительной плоскостью K с трамплином и щелью с задвижкой, позволяющей изменять размер щели. Плоскость K закреплена по отношению к плоскости L с параллельным смещением (уступом), $h_y = 10$ мм.

Диапазон варьирования угла наклона плоскости L равен $\alpha = 35^\circ \pm 5^\circ$; размеры щели для класса $-40+0$ мм – $d_{щ} = 30 \pm 10$ мм, а для класса $-3+0$ – $d_{щ} = 10 \pm 10$. Процесс разделения в данном режиме аналогичен описанному выше. Использование уступа позволяет сообщить породным частицам скорость, достаточную для преодоления щели плоскости (см. рис. 1), а применение трамплина с криволинейной поверхностью обеспечивает большую горизонтальную составляющую скорости породной частицы при сходе с поверхности полки K . Часть продукта, обладающего большим коэффициентом трения, разгружается через щель (асбест, сrostки).

В режиме Д и Е переменным фактором является угол наклона α плоскости L и K . Эксперимент осуществлялся с параллельными опытами (табл. 1). В результате исследований установлено, что оптимальным сочетанием варьированных факторов для режима Г является $\alpha (-3+0)$ мм = 40° и $d_{щ} (-3+0)$ мм = 10 мм, $\alpha (-40+0)$ мм = 35° , $d_{щ} (-40+0)$ мм = 20 мм, что позволяет получить максимальный выход породных фракций для класса $-40+0$ мм $\gamma_{хв} = 86$ %, для класса $-3+0$ мм $\gamma_{хв} = 45$ %.

В режиме Д таким параметром является угол $\alpha (-3+0)$ мм = 35° ; $\alpha (-40+0)$ мм = 35° , при котором максимальный выход хвостов составил, соответственно, $\gamma_{хв} = 51,35$ % и $\gamma_{хв} = 90,4$ %. Установлено, что наличие щелевого промежутка в полке для класса $-3+0$ мм ухудшает показатели разделения.

В режиме Е исследования осуществлялись на разгонной плоскости, оснащенной трамплином. Процесс разделения осуществляется на стальной поверхности и поверхности полки, футерованной резиной. Переменным фактором, как и в предыдущем режиме, был угол наклона полки $\alpha = (35 \pm 5)^\circ$.

Как видно из рис. 2, 3 и табл. 2, на процесс разделения асбестосодержащих продуктов сильно влияет угол наклона разгонной плоскости.

Для стали максимальные значения выхода получены при меньших значениях углов, для резины – при больших значениях углов. Менее чувствительно смещение максимума для класса $-40+10$ мм. Так при стальном покрытии максимум соответствует углу 35° , при резиновом покрытии угол также достигает экстремума, начиная с 35° , и почти не меняется до 45° .

Существенно различны тенденции в изменении оптимальных углов для класса $(-3+0)$ мм у различных покрытий. Для стали максимум выхода, очевидно, будет достигнут при углах, меньших, чем 30° , а для резины – при углах, больших 40° . Это объясняется различиями коэффициентов трения асбеста и вмещающих пород в классе $-3+0$ мм по стали и резине.

Абсолютные значения выходов хвостов при разделении на поверхностях, футерованных резиной и без нее, весьма близки, они несколько выше (до 3 – 10 %) при использовании футерованных поверхностей.

Таблица 1

Результаты разделения асбестосодержащих продуктов на различных модификациях узла стратификации (сводная таблица)

Название продуктов	Выход, %	Массовая доля, %	Извлечение, %	Угол наклона, град
Режим А (крупность –40+0 мм)				
Концентрат	11,91	21,80	90,77	30
Хвосты	88,09	0,30	9,23	
Итого	100,00	2,86	100,00	
Режим Б				
Концентрат	17,74	12,36	89,89	43
Хвосты	82,26	0,30	10,11	
Итого	100,00	2,87	100,00	
Режим В				
Концентрат	10,52	10,72	90,40	30
Хвосты	79,14	0,30	9,60	
Итого	100,00	2,47	100,00	
Режим Г				
Концентрат	44,28	6,83	94,76	40
Хвосты	55,72	0,30	5,24	
Итого	100,00	3,19	100,00	
Режим Д (крупность –40+0 мм)				
Концентрат	42,30	8,35	93,95	40
Хвосты	57,70	0,30	6,05	
	100,00	3,18	100,00	
Режим Д (крупность –3+0 мм)				
Концентрат	68,75	1,68	92,44	20
Хвосты	31,25	0,30	7,56	
Итого	100,00	1,32	100,00	
Режим Е без футеровки (крупность –40+0 мм)				
Концентрат	42,30	8,50	95,40	30
Хвосты	57,7	0,30	4,60	
Итого	100,00	3,77	100,00	
Режим Е (крупность –3+0 мм)				
Концентрат	97,00	1,85	99,50	35
Хвосты	3,00	0,30	0,50	
Итого	100,00	1,80	100,00	
Режим Е (крупность –40+0 мм)				
Концентрат	36,67	4,75	90,17	30
Хвосты	63,33	0,30	9,83	
Итого	100,00	1,93	100,00	
Крупность –3+0 мм				
Концентрат	85,41	1,76	97,17	30
Хвосты	14,59	0,30	2,83	
Итого	100,00	1,55	100,00	
Крупность –40+0 мм				
Концентрат	75,30	2,93	90,75	30
Хвосты	24,70	0,30	3,25	
Итого	100,00	2,28	100,00	

Зависимости выхода хвостов от наклона полки

Крупность продукта, мм	Наличие футеровки	Уравнение связи	Корреляционное отношение
–40+0	Нет	$y_x = -1303 + 80,4\alpha - 1,16\alpha^2$	0,86
–3+0	Нет	$y_x = 641 - 32,95\alpha + 0,34\alpha^2$	0,69
–40+0	Есть	$y_x = -452,57 + 27,93\alpha - 0,35\alpha^2$	0,91
–3+0	Есть	$y = 248,7 - 16,17\alpha - 0,28\alpha^2$	0,89

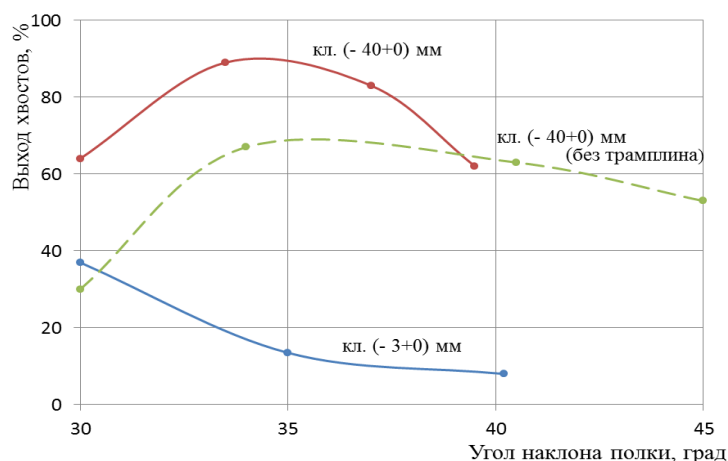


Рис. 2 – Результаты разделения асбестосодержащих продуктов крупностью –40+0 и –3+0 мм в режиме Е (плоскость с трамплином) и на простой плоскости без трамплина и без футеровки

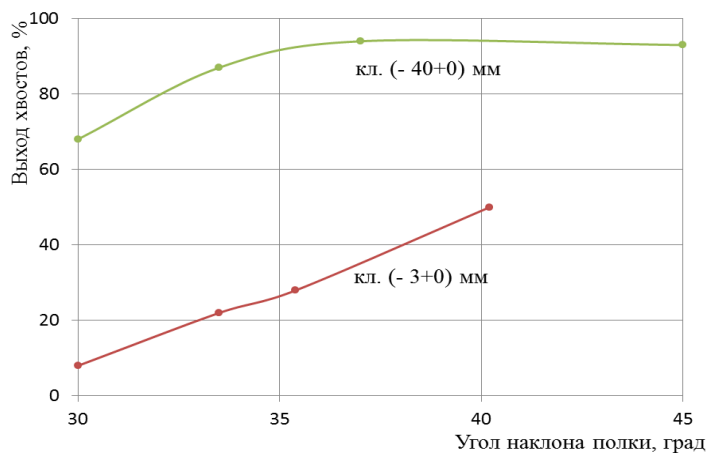


Рис. 3 – Результаты разделения асбестосодержащих продуктов крупностью –40+0 и –3+0 мм в режиме Е (плоскость с трамплином) с резиновой футеровкой

Исследование слюдосодержащих продуктов осуществлялось на полке *Е* с покрытием (резина, линолеум, сталь). Установлено, что экспериментальные траектории движения согласуются с расчетными. Максимальное отклонение от расчетных составляет для слюды 4 – 7, для кварца 2,3 – 2,9, для граната 1,9 – 2,2 % и аппроксимируется нелинейной зависимостью с корреляционным отношением $\eta = 0,95-0,97$. Это

доказывает, что лучшие результаты достигаются при углах наклона плоскости, равных углам кинематического трения смеси минералов. Для класса $-0,7 + 0,4$ мм это 37° . На рис. 4 приведены гистограммы распределения минералов в зависимости от углов наклона плоскости для различных материалов покрытия полки, это также свидетельствует о том, что меньшее взаимопроникновение разделяемых компонентов находится при этом угле.

При использовании узла стратификации в разделительных аппаратах необходимо предусмотреть узел регулирования угла наклона плоскости.

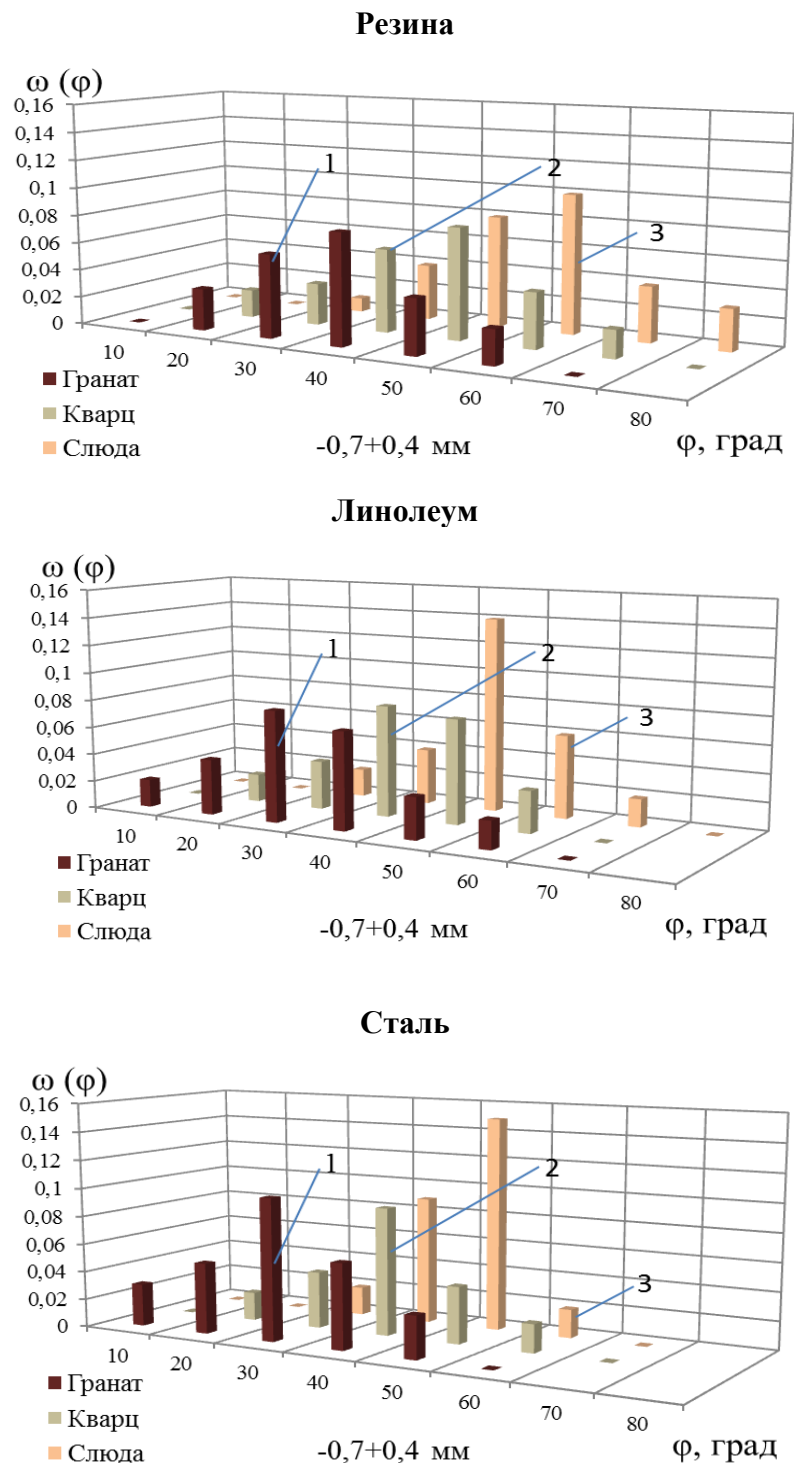


Рис. 4 – Зависимость плотности распределения частиц слюдосодержащей руды от угла наклона полки:
1 – гранат; 2 – кварц; 3 – слюда

Полученные результаты по углам наклона полки для разных поверхностей не могут явиться основанием для окончательного выбора покрытия разгонной плоскости, поскольку для общей эффективности разделения в аппарате необходимо не только обеспечить достаточно широкий веер разделения, но и придать частицам определенные абсолютные значения скорости движения при взаимодействии с разделительной поверхностью. Поэтому окончательный выбор вида покрытия разгонной плоскости может быть сделан при испытаниях разделительного аппарата в целом.

Любой вариант комбинированной поверхности позволяет получить существенно лучшие показатели, чем на простой плоскости, различие выходов достигает 5 – 15 % и более. Это свидетельствует о необходимости использования комбинированных поверхностей. Для асбестовых продуктов близки по эффективности варианты А, В, Г, Д, Е, где выход хвостов достигает 90 % и более на классе –40+0 мм.

Сопоставление вышеперечисленных (приведенных) конструкций свидетельствует о том, что наиболее простым вариантом комбинированных поверхностей является полка с трамплином в нижней части (вариант Е) с наименьшими габаритами. Этот вариант, как довольно эффективный и наиболее простой, может быть рекомендован в качестве узла стратификации фрикционного сепаратора. Комбинирование поверхностей позволяет сделать вывод о возможности построения аппаратов без дополнительных поверхностей разделения.

Литература

1. Фрикционные характеристики кусков – основа для моделирования сепараторов / В.Я. Потапов и др. // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – С. 55 - 59.
2. Теоретический анализ движения и удара частицы обогащаемого материала о наклонную плоскость / В.Я. Потапов, С.А. Ляпцев, Д.В. Матвеев, Ю.Г. Феклистов, В.В. Потапов // Известия вузов. Горный журнал. - 2007. - № 1. – С. 110 - 113.
3. Потапов В.Я. Методика и результаты исследования коэффициентов трения качения горных пород / В.Я. Потапов, В.В. Потапов, Л.А. Семериков // Уральская горная школа – регионам: международная научно-практическая конференция. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. - С. 361 – 362.