

УДК 622.271:658.567

Кустов В.В., магистр
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**УПРАВЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ФЛЮСОВ НА СКЛАДАХ ТОВАРНОЙ
ПРОДУКЦИИ ЧАО «ДОКУЧАЕВСКИЙ ФЛЮСО-ДОЛОМИТНЫЙ
КОМБИНАТ»**

Кустов В.В., магистр
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**УПРАВЛІННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ
МЕТАЛУРГІЙНИХ ФЛЮСІВ НА СКЛАДАХ ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ
ПРАТ «ДОКУЧАЇВСЬКИЙ ФЛЮСО-ДОЛОМІТНИЙ КОМБІНАТ»**

Kustov V.V., M. S. (Tech.)
(State H E I «NMU»)

**CONTROL OF STEEL FLUX GRANULOMETRIC
CHARACTERISTICS IN THE FINISHED-PRODUCT WAREHOUSES OF
THE PJSC "DOKUCHAIEVSK FLUX-DOLOMITE WORKS"**

Аннотация. Исследована связь между гранулометрическим составом сыпучего материала, технологией формирования насыпного образования и структурой массива. Предложена схема по определению распределения сыпучего материала по крупности в тонком слое откоса насыпного образования на основе кривой распределения частностей весовых выходов. На примере складов товарной продукции ЧАО «Докучаевский ФДК», рассмотрена особенность распределения сыпучего материала по крупности в насыпи различной формы. Предложены схемы селективной разгрузки напольных складов предприятий по производству металлургических флюсов различными видами выемочно-погрузочного оборудования. Даны рекомендации по снижению затрат на поддержание качественных показателей товарной продукции на напольных складах флюсодобывающих предприятий.

Ключевые слова: металлургические флюсы, гранулометрический состав, сегрегация, склады товарной продукции, техногенные образования, распределение сыпучего материала по крупности, структура массива.

Подходы к определению качества металлургических флюсов определяются технологическим уровнем потребителей данного минерального сырья. Гранулометрический и химический состав товарной продукции флюсодобывающих предприятий являются определяющими показателями.

В результате переработки карбонатного сырья зерновой состав горных пород претерпевает значительные колебания. Это на конечной стадии процесса переработки может привести к выходу качественных показателей за пределы нормативных требований по содержанию определенной крупности. При получении известняка обычного на циклично-поточной технологической линии (ЦПТЛ) ЧАО «Докучаевский флюсо-доломитный комбинат» («ДФДК») по результатам ситового анализа материал с крупностью 40 – 80 мм содержит

15.34% мелких фракций, при нормативном требовании – не более 10%. Для материала с крупностью 5 – 20 мм наблюдается превышение допустимого значения более крупных фракций на 5.5%.

С целью уменьшения значительных потерь требуется направлять значительные объемы конечного продукта на повторную переработку – грохочение. По результатам работы участка ЦПТЛ ЧАО «ДФДК» в 2013 г. на повторную переработку было отправлено 96 тыс. м³ горной массы крупностью 40 – 80 мм.

На флюсовых предприятиях наиболее характерными складами полезного ископаемого являются эстакадные склады, открытые склады – конусные и штабельные. При формировании складов в результате сегрегации происходит разделение материала по крупности. В подошве и к краям штабеля откладываются более крупные фракции, а в средних зонах располагаются более мелкие. Для большинства рудных и нерудных горных предприятий это явление негативно сказывается на эффективности усреднения.

Уменьшить или полностью исключить объемы сыпучих пород, которые требуют повторного грохочения, возможно за счет селективной отгрузки материала из штабеля с учетом структуры последнего, которая, в свою очередь, определяется технологией формирования и особенностями сегрегации сыпучих породах в процессе складирования.

Рассмотрим три варианта формирования склада: первый вариант – склад представляет отдельные насыпи в форме конуса (рис. 1); второй вариант – на складе отсыпается хребтовый штабель треугольного сечения; третий вариант – отсыпается склад штабельного (слоевого) типа.

Характер перераспределения материала по крупности в первом случае аналогичен распределению материала по крупности в идеальном насыпном конусе [1], и определяется гранулометрической характеристикой исходного материала через закон изменения величины среднего размера куска – параметра d_{cp} .

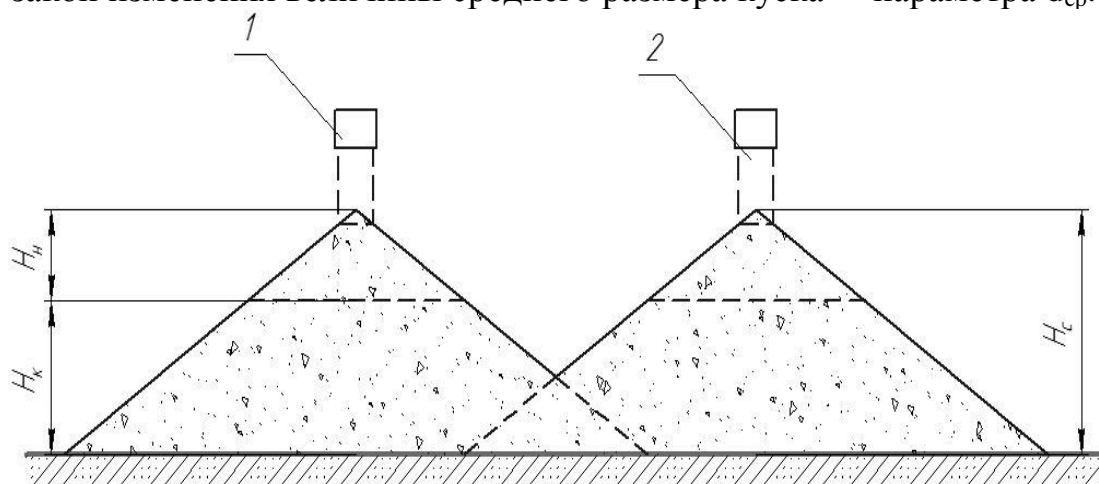


Рисунок 1 - Схема склада конусного типа: 1 – начальное положение ленточного конвейера; 2 – конечное положение ленточного конвейера

Определим структуру техногенного образования (напольного склада) в виде насыпного конуса для фракции 40 – 80 мм известняка обычного, с превышени-

ем допустимого предела по классу -40 мм более 5%, в следующей последовательности:

- на основании ситового анализа данной крупности (рис. 2) определяем согласно [2] средний размер куска исходного материала - d_{cp1}

$$d_{cp1} = \frac{\sum \frac{w}{d}}{\sum \frac{w}{d}} = \frac{29,83}{0,531} = 56,2 \text{ мм.}$$

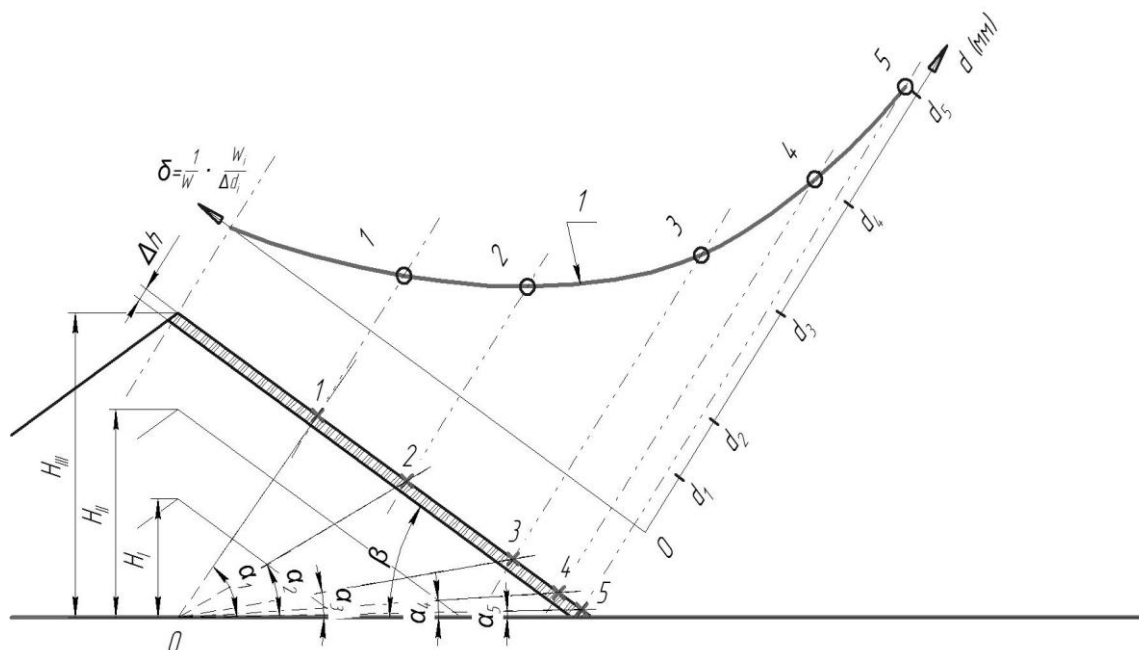


Рисунок 2 - Схема к определению распределения сыпучего скального материала по крупности в тонком слое Δh откоса насыпного образования на основе кривой – 1 распределения частностей весовых выходов $\delta = f(d)$: H_1, H_2, H_3 – этапы образования насыпи; β – угол откоса; $\alpha_1 \dots \alpha_5$ – углы определяющие границы (пределы) для соответствующей крупности

- в соответствии с существующими ТИ 14.1-0019 1856-02-2004 на данный вид продукции, для крупности 40-80 мм определим средний размер куска кондиционного материала - d_{cp2} , с учетом допустимых значений по крупности +80 мм не более 20%, а по крупности - 40 мм не более 10%

$$d_{cp2} = \frac{\sum \frac{w}{d}}{\sum \frac{w}{d}} = \frac{29,83}{0,517} = 57,7 \text{ мм.}$$

- на основании результатов, полученных в работе [1] для d_{cp1} и d_{cp2} определим значения параметров $H_{1,2}$

$$H_{1,2} = H - (H d_{cp1,2}/2) \times (d_{max} - d_{cp1,2}/2 \times \exp(-r^2/H^2 \text{ctg}^2 \alpha))^{-0.5}, \quad (1)$$

Следовательно, для исходного материала при d_{cp1} получим $H_1 = 9,2$ м, а для кондиционного сырья d_{cp2} получим $H_2 = 8,4$ м. Высота определена относительно оси техногенного образования (рис. 3).

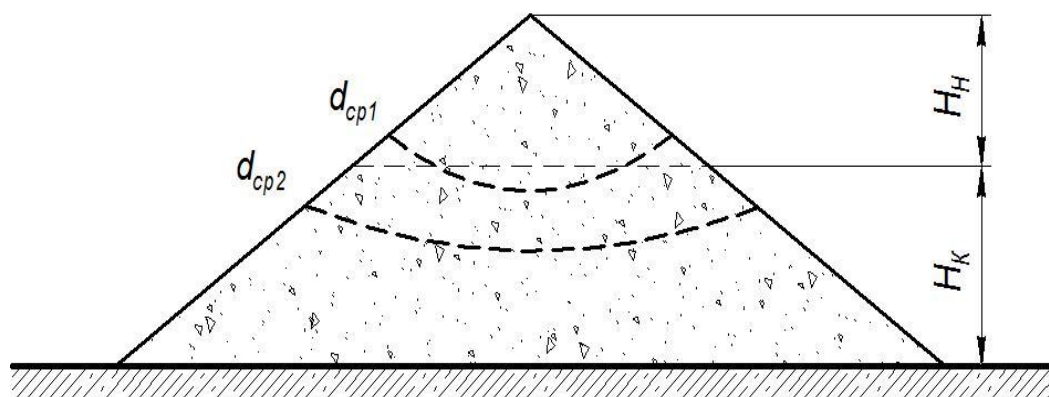


Рисунок 3 - Распределение объема штабеля готовой продукции на области фактического и нормативного качества сырья определенных по значениям d_{cp} (обозначены пунктирными линиями)

Поверхность постоянного значения размера куска имеет экспоненциальный прогиб, величина которого в первом приближении соответствует поверхности перевернутого конуса. Таким образом, положение кондиционного слоя ограничивается значением $H'_k = 8,8$ м по поверхности откоса.

Порядок отработки штабеля состоит из двух этапов. Первый этап – снятие некондиционного верхнего слоя мощностью $H_n = 7,6$ м (верхняя часть конуса) для повторной переработки. Второй этап – выемка кондиционного слоя мощностью $H_k = 8,4$ м с отгрузкой потребителю.

Объем некондиционной верхней части склада V_n при мощности слоя H_n

$$V_n = \frac{\pi \cdot H_n \cot^2 \beta}{3}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

Объем кондиционного материала V_k в теле конуса

$$V_k = V_c - V_n, \text{ м}^3 \quad (3)$$

где V_c – общий объем склада, м^3 .

В таблице 1 приведены результаты для склада готовой продукции ЦПТЛ ЧАО «ДФДК» для известняка обычного фракции 40 – 80 мм.

Таблица 1 - Характеристика склада известняка обычного (фракция 40 – 80 мм)

Высота склада $H_c, \text{ м}$	Мощность кондиц. слоя $H_k, \text{ м}$	Мощность некондиц. слоя $H_n, \text{ м}$	Объем склада $V_c, \text{ м}^3 / V_c, \%$	Объем кондиц. продукции $V_k, \text{ м}^3 / V_k, \%$	Объем неконд. продукции $V_n, \text{ м}^3 / V_n, \%$
16	8,4	7,6	9500/100	8400/88	1100/12

Следовательно, при отгрузке фракции 40 – 80 мм со склада известняка обычного, требуется возвращать на дополнительное грохочение (пересеивание) до 12% горной массы. Для параметров склада ЦПТЛ это составит 11500 м³.

Разгрузка продукции из объема конуса или штабеля горизонтальными слоями позволяет эффективно применять на складах традиционное выемочно-погрузочное оборудование – карьерные мехлопаты, роторные экскаваторы, погрузчики.

Однако полное извлечение некондиционных объемов из массива техногенного образования с минимальным разубоживанием возможно при технологиях позволяющих производить выемку обелисковой (центральной) части конуса, где и располагается наиболее мелкие фракции [3, 4]. Применение в условиях напольных складов флюсовых предприятий грейферной разгрузки штабеля позволит дополнительно уменьшить потери кондиционного материала на 2 – 4 %, а, следовательно, позволит более рационально и эффективно использовать минерально-сырьевой потенциал месторождения [5-7].

На безэстакадных складах складирование полезного ископаемого происходит путем укладки его консольными отвалообразователями в ряд хребтовых штабелей. Процесс сегрегации, а, следовательно, и характер распределения полезного ископаемого по крупности, аналогичен сегрегации на конусных складах.

Техногенные образования подобного типа представлены одним или несколькими хребтовыми штабелями. Укладка слоев производится тонкими наклонными слоями равной толщины или равного объема, которые располагаются вдоль оси штабеля. Разгрузка штабелей этого склада осуществляется вразрез отсыпным слоем выемочно-погрузочным оборудованием (рис. 4).

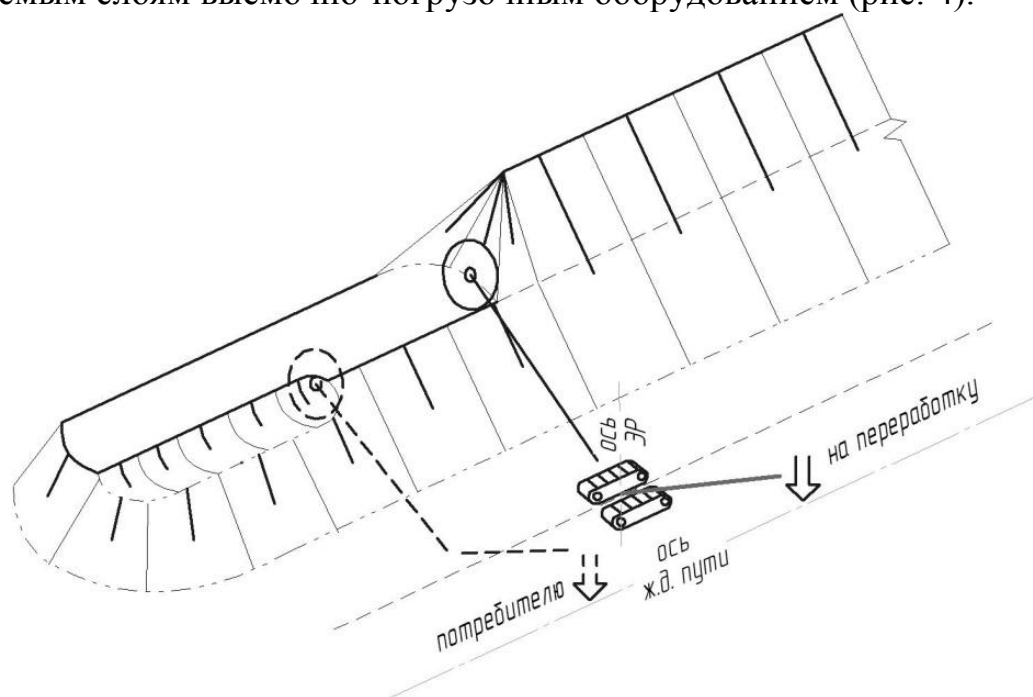
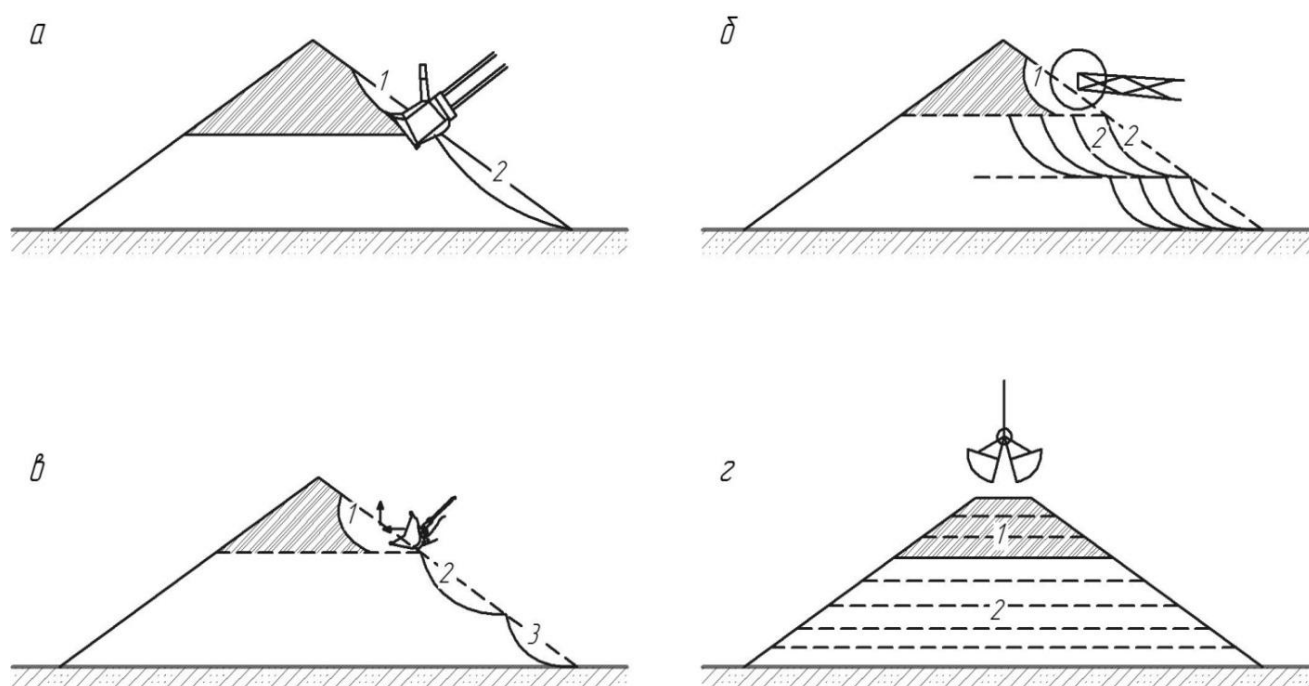


Рисунок 4 - Схема раздельной разгрузки штабеля хребтового роторным экскаватором

Характер перераспределения материала по крупности в массиве хребтового штабеля соответствует характеру распределения материала по крупности в насыпном конусе, и определяется гранулометрической характеристикой исходного материала. Основным отличием является симметричное расположение изоповерхностей распределения материала по крупности относительно вертикальной плоскости симметрии штабеля.

Технологические схемы отдельной разгрузки штабеля техногенного образования для различного выемочно-погрузочного оборудования приведены на рис. 5.



1, 2, 3 – заходки разгрузки штабеля

Рисунок 5 - Последовательность отдельной разгрузки штабеля техногенного образования различным выемочно-погрузочным оборудованием: *а* – с применением карьерной мехлопаты; *б* – с применением роторного экскаватора; *в* – с применением колесного карьерного погрузчика; *г* – с применением грейфера

Формирование штабельных техногенных образований (складов) слоевой формы производится путем отсыпки их ленточными, консольно-поворотными конвейерами, автомобильным или железнодорожным транспортом, с применением специального оборудования.

При формировании плоскопараллельного штабеля, изоповерхности распределения материала по крупности представляют собой горизонтальные плоскости [8, 9]. Подобная слоевая структура штабеля позволяет эффективно применять основные типы выемочно-погрузочного оборудования при отгрузке продукции с минимальным разубоживанием сырья различной крупности.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кустов, В.В. О математическом моделировании процесса сегрегации горной массы при формировании конусообразного объекта / В.В. Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. - №1. – С. 96-101.
2. Кармазин, В.И. Обогащение руд черных металлов: Учеб. для вузов / В.И. Кармазин. – М.: Недра, 1982. - 216 с.
3. Закономерности количественного распределения минералов в техногенных россыпях / Э.И.Черней, Р.М. Постоловский, С.В.Кравец [и др.]// *Вестник РГТУ. Сб. науч. тр.* – Ровно: РГТУ. – 2001. – Вып. №12. – С. 221-231.
4. Кустов, В.В. О математическом моделировании процесса сегрегации сыпучих горных пород / В.В.Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Тези V Міжнародної наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології та геотехнології», 19 – 22 березня 2008 року.* – Житомир: ЖДТУ, 2008. – С. 445 – 446.
5. Кустов, В.В. Технологические схемы разработки отходов флюсодобывающих предприятий / В.В. Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. - №1. – С. 88-92.
6. Научные основы рационального природопользования при открытой разработке месторождений: моногр. / Г.Г. Пивняк, И.Л. Гуменик, К. Дребенштедт [и др.]. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 568 с.
7. Ishimov, A. Drebenstedt, C. Mathematical and experimental analysis of the sedimentary processes during hydraulic filling of tailings / A.Ishimov, C.Drebenstedt, // *In:12th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production.* - Publishing House of Lesnicka praca s.r.o., Prague, 2010. - P. 208 – 213.
8. Кустов, В.В. О проблеме выбора технологий формирования и последующей разработки техногенного месторождения с учетом сегрегации горных пород / В.В. Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Материалы международной конференции «Форум горняков – 2011».* – 2011.- С.99 – 104.
9. Пчелкин, Г.Д. Влияние технологических процессов и свойств рыхлых пород на особенности структуры и характеристику откоса насыпного техногенного формирования / Г.Д.Пчелкин, В.В. Кустов, А.В. Кустов // *Материалы международной конференции «Форум горняков – 2012», том 3.* – Д.: НГУ, 2012. – С. 89 – 95.

REFERENCES

1. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2009), “Mathematical modeling of the process of segregation of the rock mass in the formation of a cone-shaped object”, *Metalurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost* [Metallurgical and Mining Industry], no. 1, pp. 96-101.
2. Karmazin, V.I. (1982), *Obogashchenie rud chernykh metallov* [Dressing of ferrous], Nedra, Moskow, Russia.
3. Cherney, E.I., Postolovskiy, R.M., Kravets, S.V., Malanchuk, Z.P., Sokil, A.M., Cherney O.E. and Kozhaev, A.I. (2001), “Laws of the quantitative distribution of minerals in placers”, *Vestnik RGTU*, no. 12, pp. 221-231.
4. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2008), “Mathematical modeling of the process of segregation of bulk rock”, *Tezy V Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii studentiv, magistriv ta aspiranyiv “Suchasni problemy ekologii ta geotekhnologii”* [Proceedings of the V International Conference of Students, Masters and PhD Students "Modern Problems of Environment and Geotechnology"], Zhytomir, Ukraine, 19-22 March 2008, pp. 445-446.
5. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2011), “Technological development scheme waste flyusodobyvayuschih enterprises”, *Metalurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost* [Metallurgical and Mining Industry], no. 1, pp. 88-92.
6. Pivnyak, G.G., Gumenik, I.L., Drebenshtedt, K and Panasenko, A.I. (2011), *Nauchnye osnovy ratsionalnogo prirodopolzovaniya pri otkrytoi razrabotke mestorozhdenii* [Scientific basis of environmental management at the open mining], National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine.
7. Ishimov, A. and Drebenstedt, C. (2010), “Mathematical and experimental analysis of the sedimentary processes during hydraulic filling of tailings”, *In:12th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, Publishing House of Lesnicka praca s.r.o., Prague, pp. 208 – 213.

8. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2011), "On the problem of the choice of technology formation and subsequent development of man-made deposits with the segregation of rocks", Proc. The International scientific conference "Forum of Mining Engineers-2011", National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 99-104.

9. Pchelkin, G.D., Kustov, V.V. and Kustov, A.V. (2012), "Influence of technological processes and properties of loose rocks on the features of the structure and characteristics of the slope of the bulk of man-made form", Proc. The International scientific conference "Forum of Mining Engineers-2012", National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 89-95.

Об авторе

Кустов Владимир Васильевич, магистр, доцент кафедры Открытые горные работы Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет (ГБУЗ «НГУ»», Днепропетровск, Украина, kustovvv@mail.ru.

About the author

Kustov Vladimir Vasilyevich, Master of Science, Associate Professor of Open-pit mining, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnipropetrovsk, Ukraine, kustovvv@mail.ru.

Анотація. Досліджено зв'язок між гранулометричним складом сипучого матеріалу, технологією формування насипного утворення і структурою масиву. Запропоновано схему з визначення розподілу сипучого матеріалу за крупністю в тонкому шарі укусу насипного утворення на основі кривої розподілу частковостей вагових виходів. На прикладі складів товарної продукції ПрАТ «Докучаєвський ФДК», розглянуто особливості розподілу сипучого матеріалу за крупністю в насипу різної форми. Запропоновано схеми селективного розвантаження підлогових складів підприємств з виробництва металургійних флюсів різними видами виймально-навантажувального обладнання. Дано рекомендації щодо зниження витрат на підтримку якісних показників товарної продукції на підлогових складах флюсодобувних підприємств.

Ключові слова: металургійні флюси, гранулометричний склад, сегрегація, склади товарної продукції, техногенні утворення, розподіл сипучого матеріалу за крупністю, структура масиву.

Abstract. Interdependence between granulometric composition of loose materials, technology of dump formation and massif structure was studied. A scheme based on the curve of the weight distribution in parts is proposed for determining loose material distribution by size in the thin layer of the dump slope. Peculiarities of the loose product distribution by size in to the dumps of different shapes were analyzed in the warehouses of the private company "Dokuchaevsk Fluxing-Dolomite Industrial Complex". The schemes are proposed for selective unloading of the floor warehouses in enterprises producing metallurgical flux by different kinds of excavating and loading equipment. Recommendations are given for reducing costs of maintain quality of the products stored in the floor warehouses of enterprises producing metallurgical flux.

Key words: metallurgical fluxes, granulometric composition, segregation, warehouses for commercial products, technogeneous formations, loose material distribution by size, massif structure.

Статья поступила в редакцию 04.10.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком