



ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

В. О. Пенчук, Е. О. Крикун, В. М. Гусаков, П. О. Крикун

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна 2, Макіївка, Україна, 86123.*

e-mail: penshyk@rambler.ru

Отримана 2 листопада 2009; прийнята 27 листопада 2009.

Анотація. У роботі розглядаються питання підвищення ефективності використання об'єму складу, розташованого під скидаючим барабаном конвеєра. Авторами запропонована установка на розвантажувальній ділянці конвеєра пасивного розподільного пристрою, що забезпечує збільшення дальності польоту частинок, а також рівномірний розподіл сипкого матеріалу, що транспортується, в зоні складування. Розроблена кінематична схема руху частинок сипкого для даного пасивного пристрою з трьома напрямками вивантаження, на підставі якого вирішена задача оптимального розподілу сипких матеріалів в зоні складування з урахуванням геометричних параметрів даного розподільного пристрою. Запропонована математична модель процесу вивантаження сипких матеріалів дозволяє визначати основні геометричні параметри пасивних розподільних пристроїв стрічкових конвеєрів залежно від інерційних і швидкісних характеристик сипкого матеріалу, що транспортується, а також вирішувати задачу за визначенням кількісних частин матеріалу, що транспортується, для рівномірного заповнення площі складування при заданих геометричних параметрах розподільного пристрою.

Ключові слова: розподіл, сипкі матеріали, транспортування, розвантаження, склади, об'єм.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СКЛАДИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В. О. Пенчук, Э. А. Крикун, В. Н. Гусаков, П. А. Крикун

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина 2, Макеевка, Украина, 86123.*

e-mail: penshyk@rambler.ru

Получена 2 ноября 2009; принята 27 ноября 2009.

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы повышения эффективности использования объема склада, расположенного под сбрасывающим барабаном конвейера. Авторами предложена установка на разгрузочном участке конвейера пассивного распределительного устройства, обеспечивающего увеличение дальности полета частиц, а также равномерное распределение транспортируемого сыпучего материала в зоне складирования. Разработана кинематическая схема движения частиц сыпучего для рассматриваемого пассивного устройства с тремя направлениями выгрузки, на основании которой решена задача оптимального распределения сыпучих материалов в зоне складирования с учетом геометрических параметров рассматриваемого распределительного устройства. Предложенная математическая модель процесса выгрузки сыпучих материалов позволяет определять основные геометрические параметры пассивных распределительных устройств ленточных конвейеров в зависимости от инерционных и скоростных характеристик транспортируемого сыпучего материала, а также решать задачу по определению количественных частей транспортируемого материала для равномерного заполнения площади складирования при заданных геометрических параметрах распределительного устройства.

Ключевые слова: распределение, сыпучие материалы, транспортировка, разгрузка, склады, объем.

INCREASING OF EFFICIENCY OF FRIABLE MATERIALS STORAGE

V. A. Penchuk, E. A. Krikun, V. M. Gusakov, P. O. Krikun

The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

Derzhavin Street 2, Makeyevka, Ukraine, 86123.

e-mail: penshyk@rambler.ru

Received 2, November 2009; accepted 27 November 2009.

Abstract. The questions of efficiency increasing of volume of storage, using located under the throwing down of conveyer drum are considered. Authors offered the passive distributive device, on the unloading part of the conveyer providing multiplying distance of particles flight, as well as proportional distributing of friable material transporting in the area of storage. The cinematics chart of particles motion of the friable substance for the examining passive device with three directions of unloading on the basis of which the task of the optimum of friable materials distributing has been solved in the area of storage taking into account the geometrical parameters of the considering distributive device. The offered mathematical model of unloading friable materials process allows to determine the basic geometrical parameters of passive distributive devices of band conveyers depending on descriptions of inertial and speedful features of the transported friable material, as well as solve the task determining quantitative parts of the transported material for proportional filling the storage area under the geometrical parameters of the distributive device.

Keywords: distributing, friable materials, transporting, unloading, storages, volume.

Формулировка проблемы

Погрузочно-разгрузочные работы — один из важнейших резервов повышения экономической эффективности технологических операций с сыпучими грузами.

Многообразие насыпных грузов, различающихся по свойствам и назначению, обуславливает применение различных конвейеров, бункеров, бункерных устройств, загрузочных приспособлений, стабилизаторов истечения, питателей и т. д. Все они относятся к системе транспортирующих механизмов для комплексной механизации грузопотока соответствующего складирования материалов. Однако существует необходимость в увеличении плотности заполнения склада без перемещения транспортирующих устройств.

Анализ последних исследований и публикаций

В некоторых работах [1,3] дается обоснование актуальности проблемы повышения объемов складов сыпучих материалов, в других работах [4,5,6] также показана и доказана техническая возможность увеличения объемов складов за счет применения пассивных распределителей.

Цели

При перемещении и складировании сыпучих материалов с помощью ленточных транспортеров одной из актуальных задач является эффективное использование свободного пространства под конвейером и равномерное распределение сыпучих материалов по всему объему склада.

Основной материал

В данной работе рассматриваются процессы распределения сыпучих материалов пассивными распределителями, в котором имеется центральное прямоугольное отверстие и плоские боковые распределительные поверхности. На рисунке 1 представлена конструктивная схема распределителя сыпучих материалов.

Конструкция пассивного распределителя позволяет распределить сыпучие материалы по крайней мере по четырем направлениям: вертикально вниз через отверстие и трем боковым сторонам.

Рассмотрим случай распределения сыпучих материалов, когда толщина слоя материала не превышает ширину отверстия b , а ширина отверстия составляет $a_1 + a_2 + a_3 \gg a_1$.

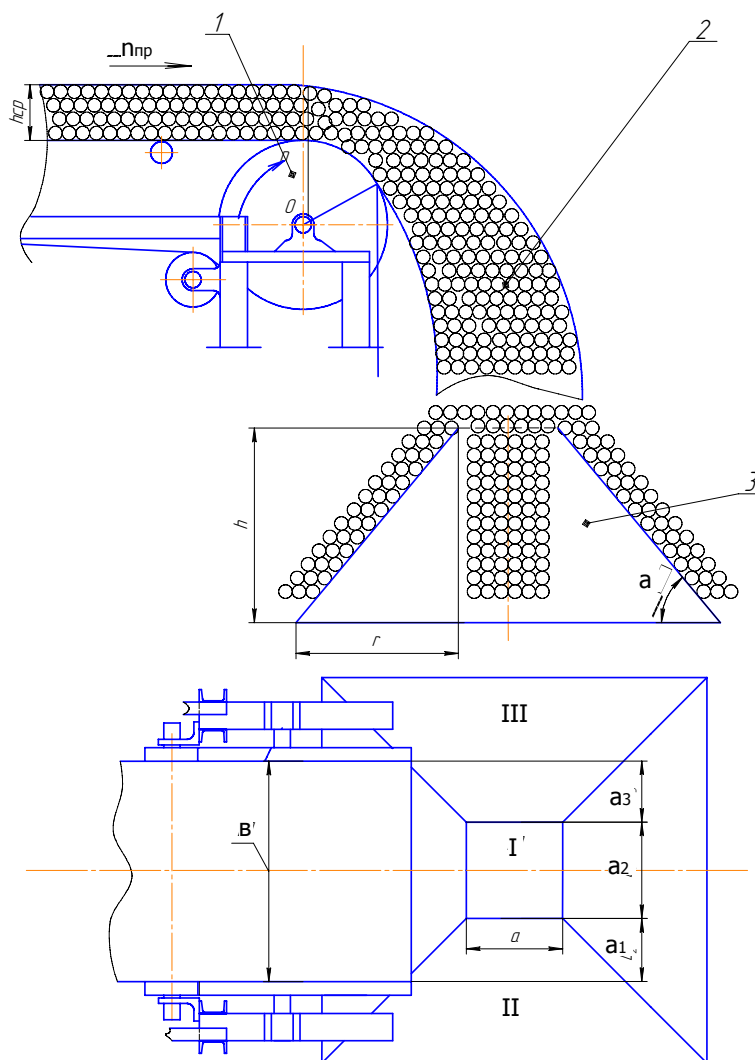


Рис. 1. Конструктивная схема пассивного распределителя сыпучих материалов, где: 1 – ленточный конвейер; 2 – сыпучий материал; 3 – пассивный распределитель.

При таком поступлении материала распределение будет происходить только по трем направлениям (потокам).

Если поставить цель – равномерно распределить сыпучие материалы по всему объему склада (рис. 2), то анализ движения частиц по направлениям 1, 2 и 3. В первом направлении частицы материала после слета конвейера будут совершать свободное падение вплоть до соприкосновения с основанием, а по направлениям 2 и 3 будут скользить по соответствующим поверхностям.

При складировании сыпучих материалов с помощью ленточных транспортеров вечным вопросом является минимизация количе-

ства установок ленточного транспортера. С этой целью предлагается использовать распределитель сыпучих материалов, который позволяет распределять сыпучий материал в трех направлениях (рис. 1).

Здесь $V_{\text{тп}}$ – горизонтальная скорость транспортировки сыпучего материала; $a_1 + a_2 + a_3$ – ширина потока транспортируемого материала; a, θ – геометрические размеры сквозного окна распределителя; a_2, a_3 – геометрические размеры частей потока сыпучего материала с транспортера, падающие на каждое крыло разбрасывателя; h – высота конструкции разбрасывателя; α – угол между плоскостями разбрасывателя и горизонтом. При раз-

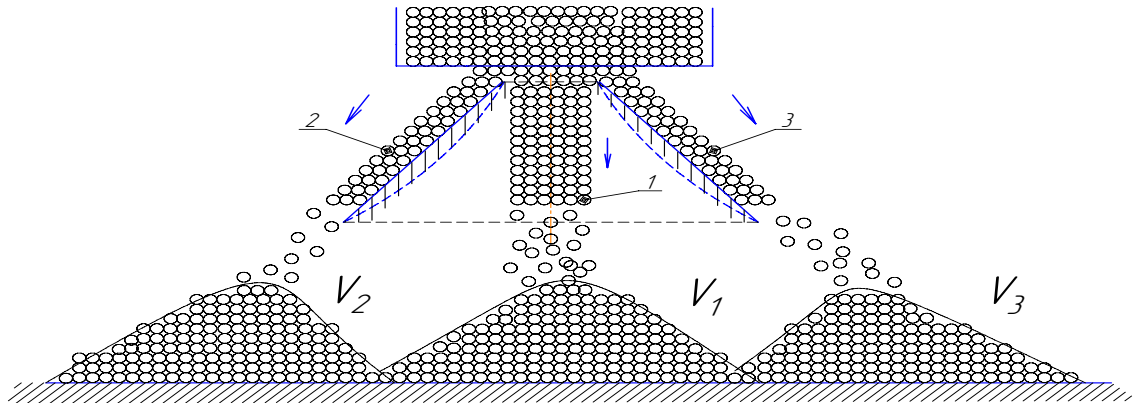


Рис. 2. Схема заполнения склада посредством пассивного распределителя.

грузке сыпучего материала с транспортера он будет распределяться на три потока, обозначенные на рисунке 1 цифрами *I, II, III*. Скорости и время перемещения потоков к моменту достижения горизонтальной поверхности у частиц каждого из потоков будут различны. Это различие будет обусловлено тем фактом, что в зоне I частицы будут испытывать свободное падение, а в зонах II и III они будут скользить вдоль крыльев разбрасывателя под действием силы тяжести с учетом силы трения скольжения частиц.

Поставим перед собой задачу: какое должно быть соотношение между a_1 , a_2 , a_3 и время t_a , для того, чтобы, под каждым из потоков *I, II, III* был заполнен одинаковый объем.

Будем полагать, что каждый из заполненных объемов имеет форму конуса. Тогда

$$V = \frac{1}{3} \pi R H = \frac{1}{3} \pi R^3 \operatorname{tg} \varphi,$$

где R – радиус конуса, H – высота конуса, φ – угол естественного откоса сыпучего материала.

Объемный расход материала, поступающего с ленты транспортера будет равен:

$$Q = v_{\text{лп}} (a_1 + a_2 + a_3) v$$

Весь этот материал перераспределяется по трем зонам пропорционально площади каждой из зон. После этого он начнет под действием силы тяжести в зоне I свободно падать а в зонах II и III скользить вдоль поверхности крыльев разбрасывателя.

На рисунке 3 представлена кинематическая схема движения частиц сыпучего материала в каждой из зон.

Здесь точки *A* и *B* указывают на границы попадания частиц сыпучего материала, соответственно на левое и правое крыло разбрасывателя. Координаты этих точек оказывают влияние на скорость и время перемещения частиц (падения) вдоль каждого из крыльев разбрасывателя. Скорость движения частиц в первой зоне разбрасывателя будет равна $v_1 = \sqrt{2gh}$. Далее будем полагать, что величина $r-r_2$ и $r-r_3$ мала, тогда скорость движения частиц в зоне II и III можно определить из закона сохранения энергии:

$$\begin{aligned} mgh_2 - \frac{mv_2^2}{2} &= fmg r_2 \quad \text{и} \\ mgh_3 - \frac{mv_3^2}{2} &= fmg r_3 \end{aligned} \quad (1)$$

В формуле (1) v_2 и v_3 – скорость частиц в момент слета с разбрасывателя, f – коэффициент трения скольжения.

Если мы хотим достичь заполнения одинаковых объемов в зонах *I, II, III* за одно и то же время, необходимо, чтобы $a_2 = a_3$, тогда $v_2 = v_3$. Время заполнения необходимого объема под зоной I определится соотношением

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi}{a_1 B v_1}, \quad \text{а в зоне II, III} \\ t_2 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi}{a_2 B v_2} \end{aligned}$$

Определим величины a_1 , a_2 – для того, чтобы потоки сыпучего материала из разных зон заполнили одинаковые объемы, т.е. чтобы $t_1 = t_2$, получим соотношение

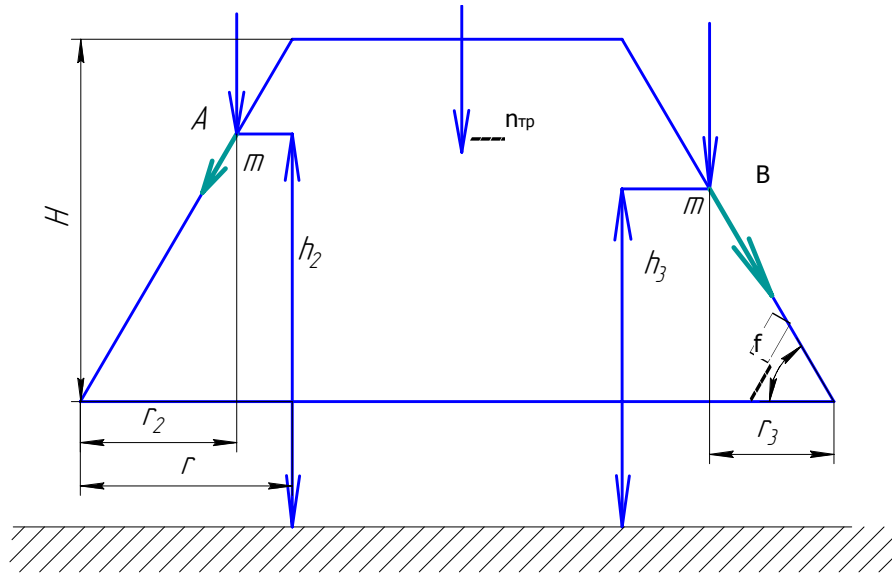
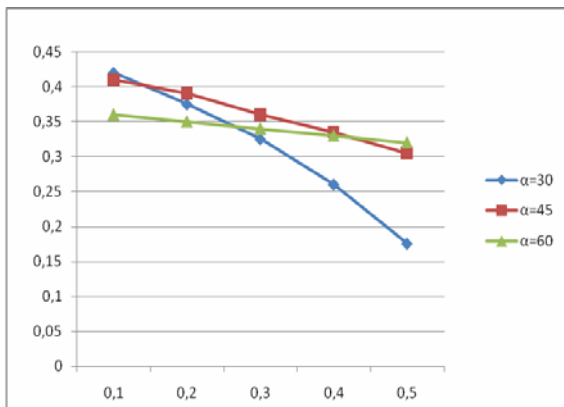


Рис. 3. Кинематическая схема движения частиц при наличии разбрасывателя.

Таблица 1. Зависимость размеров пассивного распределителя от коэффициента трения материала.

$\alpha = 30$	f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	a_1	0,42	0,375	0,325	0,26	0,175
$\alpha = 45$	f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	a_1	0,41	0,39	0,36	0,335	0,305
$\alpha = 60$	f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	a_1	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32

Рис. 4. Зависимость ширины отверстия распределителя a_1 от коэффициента трения материала о поверхность для различных значений угла наклона стенок α .

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi}{a_1 v_1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi}{a_2 v_2} \quad (2)$$

из (2) получим $a_1 v_1 = a_2 v_2$, или же

$$a_1 \sqrt{2gh} = a_2 \sqrt{2gh_2 - fr_2} \quad (3)$$

Из соотношения (3) получим

$$a_1 = a_2 \sqrt{\frac{h_2}{h} - f \frac{r_2}{h}} \quad (4)$$

Соотношение (4) устанавливает связь между a_1 и a_2 при условии, что

$$\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi = v_p (a_1 + a_2 + a_3) B t$$

Время заполнения складываемого помещения с использованием распределителя определяется по формуле

$$t = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi R^3 \operatorname{tg} \varphi}{a_1 v \sqrt{2gh_1}} \quad (5)$$

В формуле (4)

$$h_2 = h - a \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad r_2 = h \operatorname{ctg} \alpha - a_2$$

с учетом этого получим

$$a_1 = a_2 \sqrt{1 - \frac{a_2}{h} \operatorname{tg} \alpha - f (\operatorname{ctg} \alpha - \frac{a_2}{h})} \quad (6)$$

Из складирования реальных сыпучих материалов принимаем следующие размеры $h=2$ м, $a_2=0,5$ м,

$\alpha = 30; 45; 60$, $f = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$, из формулы (6) получим значение ширины зоны a_i .

Используя зависимости (2; 3; 6) проводим численный анализ результаты которого сводим в таблицу 1.

Выводы

1. Предложенная математическая модель позволяет при заданных геометрических параметрах распределителя устанавливать количественные части подаваемого материала распределения потоков для равномерного заполнения площади складов.
2. Предлагаемая математическая модель позволяет решать обратную задачу – установление количественных показателей поверхности распределителя по заданным характеристикам грузовых потоков.

Литература

1. Нечаев Г.И. «Развитие теории об увеличении эффективности функционирования транспортно-складских систем». Автореферат на получение научной степени доктора технических наук. Луганск.: 2000. – 36с.
2. Зенков Р.Л. и др. Машины непрерывного транспорта. Учебн. Пособие для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». М.: Машиностроение, 1980. – 304с.
3. Транспортирующие машины /Спиваковский А.О., Дьячков В.И.. Изд.2-е, перераб. И доп. –М.: Машиностроение,1968. – 504с.
4. Пенчук В.А., Крикун Э.А. Расширение функциональных возможностей складов щебзаводов // Сборник научных трудов ПНТУ. – 2009. – №23. – том2. –С.69-77.
5. Пенчук В.А., Крикун Э.А. К вопросу выбора кривизны поверхности пассивного распределителя сыпучих материалов // Подъемно-транспортная техника, 2008, №3.
6. Пенчук В.А., Крикун Э.А. Техническая возможность и экономическая целесообразность модернизации разгрузочных устройств ленточных конвейеров щебеночных заводов // Вестник ДонНАСА. – 2008. – №3(71). – С.140-144
7. Катылов А.В. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Катылов и др. М. : Химия, 1990. 240 с.
8. <http://www.jaensch-foerderanlagen.de/html/foerderbänder.html>
9. Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах/ И.В. Горюшинский, И.И. Кононов, В.В. Денисов, Е.В. Горюшинская, Н.В. Петрушкин. Под общей редакцией И.В. Горюшинского: Учебное пособие. – Самара: СамГАПС, 2003. – 232с.

Пенчук Валентин Олексійович – д.т.н., професор, академік ПТМ України, завідувач кафедри «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, машини і устаткування» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин.

Крикун Едуард Олександрович – аспірант кафедри «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, машини і устаткування» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: наукові основи модернізації комунальної техніки, розвантажувальних пристроїв.

Гусаков Володимир Миколайович – к.ф.-м.н., доцент кафедри “Вища і прикладна математика і інформатика” Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: математичне моделювання і комп’ютерні технології.

Крикун Павло Олександрович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: основи модернізації комунальної техніки, будівельних машин, розвантажувальних пристроїв.

Пенчук Валентин Алексеевич – д.т.н., профессор, академик ПТМ Украины, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин.

Крикун Эдуард Александрович – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: научные основы модернизации коммунальной техники, разгрузочных устройств.

Гусаков Владимир Николаевич – к.ф.-м.н., доцент кафедры «Высшая и прикладная математика и информатика» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: математическое моделирование и компьютерные технологии.

Крикун Павел Александрович – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: основы модернизации коммунальной техники, строительных машин, разгрузочных устройств.

Penchuk Valentine Alekseevich – doctor of engineering sciences, professor, academician PTM of Ukraine, the Head of the «Lifting-transport, building, road, machines and equipment» of Chair Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: scientific bases of building machines modernization.

Krikun Edward Aleksandrovich – post graduate student of the «Lifting-transport, building, road, machines and equipment» of Chair Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: scientific bases of modernization of community technique, unloading devices.

Gusakov Vladimir Nikolaevich – candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor of department is “High and applied mathematics and computer science” of Chair Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mathematical modelling and computer technologies.

Krikun Paul Aleksandrovich a student of Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: bases of modernization of communal technique, building machines, unloading devices.