

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ КОНВЕЄРНИХ РОЛИКІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Григорій Волошин¹, Володимир Гарнець², Оксана Вовк³, Стефан Зайченко³,
Вадим Шаленко²

¹Науково-виробничий комерційний центр "Прес",
17100, Мринський шлях, 159, м. Носівка, Україна, e-mail: pres2008@ukr.net

²Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, e-mail: vadshal@i.ua

³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
03056, проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна, e-mail: zstefv@gmail.com

STUDY DESIGN PARAMETER ELEMENTS OF CONVEYOR ROLLERS FOR ENERGY EFFICIENCY CRITERIA

Grigoriy Voloshin¹, Vladimir Garnets², Oksana Vovk³, Stefan Zaichenko³, Vadim Shalenko²

¹Research and Production Commercial Center "Press"
17100, Mrynsskyu path, 159 m. Nosivka, Ukraine, e-mail: pres2008@ukr.net

²Kyivskyu National University of Construction and Architecture,
03680 Povitroflotsky Avenue. 31 Kyiv, Ukraine, e-mail: ma4ichin@ukr.net, pelevin_leonid@ukr.net

³Natsionalnyy Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
03056 Victory Avenue, 37, m. Kyiv, Ukraine, e-mail: zstefv@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Обґрунтовано параметри конструкції елементів конвеєрних роликів шляхом порівняння питомих енергетичних показників, які витрачаються при пуску і експлуатації стрічкових конвеєрів з різними масогабаритними параметрами, на основі проведеного системного аналізу існуючих вітчизняних стандартних типових рішень і іноземних аналогів. Проведенні дослідження дозволили розробити принципово нову конструкцію конвеєрного ролика з суцільнотянутим корпусом, який по своїм масогабаритним показникам дозволяє наблизитись до закордонних зразків.

Ключові слова: конвеєрний ролик, конвеєр, навантаження, питома енергія.

АННОТАЦИЯ. Обосновано параметры конструкции элементов конвейерных роликов путем сравнения удельных энергетических показателей, расходуемых при пуске и работе ленточных конвейеров с различными массогабаритными параметрами, на основе проведенного системного анализа существующих отечественных стандартных типовых решений и зарубежных аналогов. Исследования позволяют разработать принципиальную новую конструкцию конвейерного ролика с цельнотянутым корпусом, который по своим массогабаритным показателям позволяет приблизиться к зарубежным образцам.

Ключевые слова: конвейерный ролик, конвейер, нагрузки, удельная энергия.

ABSTRAKT. Purpose. The aim is to justify the minimization of mass of the rotating parts on the conveyor rollers letchnogo Emulcifying criterion. Proof of an adequate definition of the theoretical dependence energii start from the roller weight. **Methodology of research.** Checking the analytical relationships by analyzing the existing world standards of transport equipment.. **Finding.** It was found that the difference between the mass of domestic and foreign counterparts more than 30%. **Research limitations/implications.** Theoretical dependence can be used to determine efekta energii decrease consumption during start-up that lets you select the drive with minimum power consumption. **Originality/value.** This information allows us to recommend the work rolls with a mass ensures minimal energy consumption.

Key words: conveyor roller, conveyor, load, specific energy.

ВСТУП

З усіх існуючих типів конвеєрів все більшого поширення в гірській промисловості знаходять стрічкові, незважаючи на обмеження за крупністю матеріалу, що транспортується, абразивостійкості і слабкостійкість до ударних навантажень. На їх

долю в загальному обсязі переміщення си-пких вантажів припадає більше 12%, що пояснюється високою продуктивністю і можливістю повної автоматизації транспортно-перевантажувального процесу. Його використання замість залізничного і автомобільного транспорту дозволяє ефективніше забезпечувати доставку масових си-п-

ких вантажів (вугілля, руди, піску та ін.) на великі відстані (до 100 км і більш).

Суттєвим недоліком, який стримує використання стрічкових конвеєрів, є їх висока енергоємність, що пояснюється насиченістю конструкції однотипними складальними одиницями (конвеєрними роликками), в яких суттєво проявляється тертя. Це характерно для всіх типів роликкоопор (жорстких ГОСТ 22645-77 і гірляндних з шарнірним кріпленням роликів ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-78)). За нормальних умов експлуатації потужність конвеєра може сягати понад 500 кВт (для конвеєра 2Л120Б) [1], що є значною складовою енерговитрат при транспортуванні матеріалів. Підвищення потужності приводу стрічкових конвеєрів пояснюється великими інерційними показниками мас, що обертаються, конвеєрних роликів, які споживають основну частину енергії при пуску і є основною причиною виходу з ладу як самих роликів, так і конвеєрів в цілому.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є обґрунтування масогабаритних параметрів конвеєрних роликів за критеріями енергоефективності.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Серед кар'єрних (забійних, складальних, передаточних, підйомних, магістральних, відвальних) і підземних (забійних, штрекових, похилих, бремсбергових) стрічкових конвеєрів можливо виділити традиційно прийнятну конструкцію за ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-78), в якій застосовуються уніфіковані елементи.

Особливістю уніфікованих стрічкових конвеєрів є те, що елементи, з яких вони складаються, прийняті єдиними для одного типорозміру і однієї ширини стрічки незалежно від сумарної потужності приводів. Головні параметри роликкоопор визначаються в залежності від ширини стрічки і стандартизовані за ГОСТ 22645-77 "Конвейеры ленточные. Роликкоопоры. Типы и

основные размеры". Даний стандарт розповсюджується на всі типи жорстких роликкоопор (крім гірляндних), які за конструкцією підшипникових корпусів роликів подібні жорстким.

Для встановлення значень головних параметрів конвеєрів гірничої промисловості розглянемо основні типи конвеєрів, які випускаються на пострадянській території.

До основних параметрів конвеєрів, які суттєво впливають на конструкцію і ресурс ролика, відносять продуктивність; швидкість руху стрічки; ширину і тип стрічки; діаметр, масу і довжину роликів; умови роботи.

Серед конвеєрів, що випускаються серійно, найбільшого застосування знайшли наступні: 1Л80У (1Л80У, 1Л80У-2), 2Л80У(2Л80У, 22Л80У-01, 2Л80У-10, 2Л80У-11), 1ЛТ80У(2ЛТ80У, 2ЛТ80У-01), 1ЛТП80У, 2ЛТП80У, 1Л100У, 1Л100У-01, 3Л100У, 3Л100У-02, 1ЛТ100У, 2ЛТ100У, 2ЛТ100У-01, 2ЛН100, 2ЛН100-01, Л120(1Л120, 1Л120-01, 2Л120Б, 2Л120В), 2ЛБ120(2ЛБ120М, 1ЛБ120М-01, 2ЛБ120М-02), КЛ-600, КЛ-600М, КЛШ1-1000, КЛШ2-1000, МКЛ2-1200 і т.д.

Основні функціональні параметри конвеєрів, які знайшли своє застосування в гірничій промисловості, наведено в табл. 1.

Встановлений термін служби для конвеєрів коливається від 2,6 до 6 років, а термін служби конвеєрних роликів складає 1,2 роки, що є характерною ознакою їх інтенсивного зношування внаслідок тертя.

Показниками, які особливо впливають на роботу як конвеєра в цілому, так і окремих його складових частин, є умови роботи, які визначаються кліматом; температурними умовами; умовами роботи в залежності від характеру установки; завантаженої; кусковатістю матеріалу, що транспортується; вологістю; запиленістю.

Встановлення параметрів конвеєрів гірничої промисловості дозволить визначити значення основних факторів, які впливають на енерговитрати при роботі обладнання.

Важливою проблемою є процес пуску конвеєрів, що змушує виробників застосовувати складні системи автоматичного керування з основними і допоміжними дви-

гунами і, в деяких випадках, із застосуванням електродвигунів постійного струму. В цілому це призводить до значного підвищення ціни транспортуючого обладнання [2].

Кількість енергії, яка витрачається під час пуску конвеєра, складається з кінетичної енергії поступального $W_{\text{пост}}$ і обертального $W_{\text{оберт}}$ рухів складових елементів системи з витратами на тертя $W_{\text{терт}}$

$$W = W_{\text{пост}} + W_{\text{оберт}} + W_{\text{терт}} \quad (1)$$

Питома кінетична енергія поступального руху при пуску ненавантаженого конвеєра

$$w_{\text{пост}} = \frac{q_{\text{стр}} v^2}{g}, \quad (2)$$

де $q_{\text{стр}}$ – питома сила ваги одного метра стрічки; v – швидкість стрічки (див. табл.1).

Питома кінетична енергія обертального руху

$$w_{\text{оберт}} = \frac{I_{\text{рол}} \omega^2}{2} = \frac{m_{\text{о.ч}} v^2}{2}, \quad (3)$$

де $I_{\text{рол}}$ – момент інерції роликів на одному погонному метрі конвеєра; ω – кутова швидкість обертання роликів; $m_{\text{о.ч}}$ – маса частин роликів, які обертаються.

Питома енергія, яка втрачається на тертя при пуску,

$$w_{\text{терт}} = \omega P \Delta t, \quad (4)$$

де ω – коефіцієнт опору руху стрічки в пусковий момент; P – навантаження, яке діє на ролик; Δt – час пуску конвеєра.

Навантаження, що діють на ролик, залежать від виду і конструкції ролик-опор, які поділяються на ролик-опори верхньої (навантаженої) і нижньої (холостої) гілки. Ролик-опори також поділяються на рядові, які складають основне число несучих ролик-опор, і на спеціальні: амортизуючі, центруючі та ін. В дослідженні головну увагу приділено роботі рядових ролик-опор з причин відносного найбільшого об'єму використання і виходу з ладу [3...5].

В загальному випадку навантаження, які діють на ролик-опору, складаються з навантажень від складових сили ваги транспортуемого матеріалу, стрічки і частин ролика, що обертаються (рис. 1).

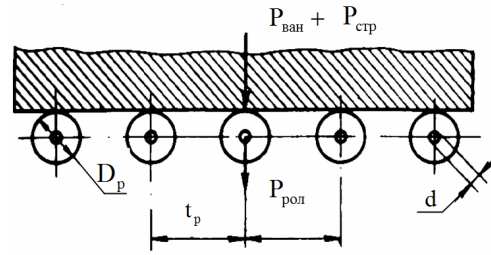


Рис. 1. Схема навантаження ролик-опор: D_p – діаметр ролика; $P_{\text{ван}}$ – навантаження від дії транспортуемого матеріалу; $P_{\text{стр}}$ – навантаження від сили ваги стрічки; $P_{\text{рол}}$ – навантаження від сили ваги ролика; t_p – відстань між ролик-опорами

Fig. 1. Scheme load rollers:

D_p – the diameter of the roller; $P_{\text{ван}}$ – loads of action the transported material; $P_{\text{стр}}$ – load the weight belt; $P_{\text{рол}}$ – on-loading of the weight of the roller; t_p – distance between bearing roller

Сумарне навантаження, яке діє на ролик-опору,

$$P = P_{\text{ван}} + P_{\text{стр}} + P_{\text{рол}} \quad (5)$$

Навантаження, діюче на ролик-опору від дії транспортуемого матеріалу при повному завантаженні,

$$P_{\text{ван}} = \frac{Q t_p}{0,36v}, \quad (6)$$

де Q – продуктивність конвеєра.

Навантаження від сили ваги стрічки

$$P_{\text{стр}} = t_p q_{\text{стр}}, \quad (7)$$

де $q_{\text{стр}}$ – питома сила ваги одного метра стрічки.

$$q_{\text{стр}} = q'_{\text{стр}} B, \quad (8)$$

де $q'_{\text{стр}}$ – питома сила ваги одного квадратного метра стрічки (табл.2).

З аналізу діаграми усередненого розподілу енергії при пуску конвеєрів (рис. 2) єдиним можливим параметром, який дозволяє підвищити ресурс конвеєрного ролика, є зменшення загального навантаження за рахунок масогабаритних параметрів конвеєрного обладнання, оскільки навантаження від сили ваги матеріалу і сили ваги стрічки є

Таблиця 1. Технічні характеристики конвеєрів гірничої промисловості
Table 1. Specifications mining conveyors mining industry

Параметр	Конвеєри							
	1Л80У, 1Л80У-2, 2Л80У, 2Л80У-01, 2Л80У-10; 2Л80У-11	2Л100У, 1Л100У0-1, 2Л100У, 2Л100У-01, 3Л100У, 3Л100У-02	1ЛТ100У, 2ЛТ100У, 2ЛТ100У-01	2ЛН100, 2ЛН100-01	1Л120, 1Л120-01, 2Л120А, 2Л120Б, 2Л120В	2ЛБ120М, 2ЛБ120М-01, 2ЛБ120М-02	КЛШ1-1000, КЛШ2-1000	МКЛ2-1200
Продуктивність, т/г при швидкості стрічки 2,0 м/с при швидкості стрічки 2,5 м/с	420 520	680 850	680 850	620 -	1590* 1260	1590* 1260	800* 350	1500*
Швидкість руху стрічки, м/с	2,0; 2,5	2,0; 2,5	2,0; 2,5	2,0	2,5; 3,15	2,5; 3,15	2,5; 3,15	3,15
Ширина стрічки, мм	800	1000	1000	1000	1200	1200	1000	1200
Тип стрічки	2Ш-800	2Ш, 2РТЛО-1500	2Ш-800	2РТЛО- 2500РИФ	2РТЛО-1500	2РТЛО-1500	2РТЛО-1500	2РТЛО- 1500-
Діаметр ролика, мм	89	127	127	127	159	159	127	159
Довжина ролика, мм	315	380	380	380	465	465	465	465
Маса частин ролика, що обертаються, кг	7	8,5	8,5	8,5	12-16	12-16	8,5	12-16
Навантаження на роликпоопору, Н	444	663	663	744	1107	1107	621	1068
Потужність приводу, кВт	55	75-250	110	250	250-500	250	250	250
Витрати енергії при пуску, Дж	363,1	489,6	489,6	674,3	929,4	929,4	570,8	914,8

* – продуктивність при швидкості 3,15 м/с.

Таблиця 2. Питома сила ваги стрічок, Н/м²
Table 2. Specific gravity feeds, N/m²

Тип стрічки				
2Ш-800	2РТЛО-1500	2РТЛО-2500	2РТЛО-2500РИФ	2РТЛО-3150
128	280	370	370	432

взаємопов'язаними величинами, які визначені продуктивністю.



Рис. 2. Усереднений розподіл енергії при пуску конвеєрів

Fig. 2. Energy distribution at start-up conveyors

Встановимо за отриманими залежностями як змінюються параметри енергоємності при зміні сили ваги частин ролика, що обертаються, на 15%, 30% і 45% (рис. 3).

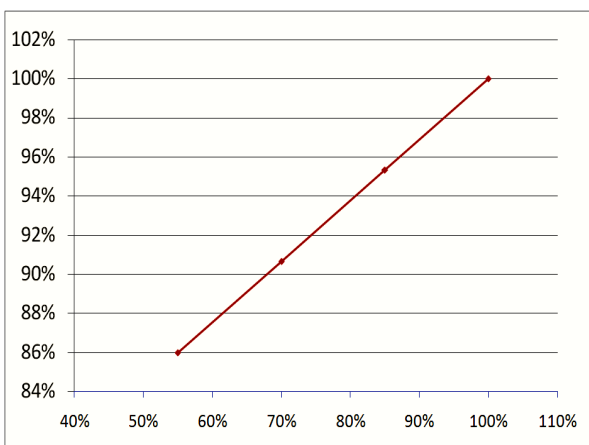


Рис.3. Зміна енергії від маси обертаючих частин роликів

Fig. 3. Changing energy from the rotating parts masses rollers

З аналізу отриманої залежності витікає висновок про пряму залежність зменшення енергії, яка витрачається при пуску, від зменшення маси частин роликів, що обертаються. Дану властивість комплектуючих конвеєрного обладнання використовують світові виробники і споживачі транспортного обладнання, що дозволяє, крім підвищення показників енергоефективності машин, позбутися проблем з балансуванням, шумом, зменшити навантаження при

пуску, забезпечити більш щадний режим роботи стрічки. Застосування конвеєрних роликів з меншими масогабаритними параметрами дозволить також збільшити їх ресурс і ресурс конвеєра в цілому за рахунок зменшення динамічних навантажень при пуску, викликаних інерцією частин ролика, що обертаються.

Аналіз масогабаритних параметрів роликів європейських виробників транспортного обладнання TRANSROLL, RULMECA, SANDVIK, ULMA та ін. наведено в табл. 3. При порівнянні маси частин роликів, що обертаються, відмічено суттєву різницю (до 30%) маси в бік зменшення конструкції для іноземних складових конвеєрів, що необхідно використовувати при виробництві вітчизняного обладнання.

Таблиця 3. Маса частин роликів, що обертаються, європейських виробників, кг

Table 3. Weight parts rollers rotating European producers, kg

Виробник	Типорозмір ролика, Діаметр*довжина(мм)		
	89*315	127*380	159*465
TRANSROLL	2.4	4.6	9
RULMECA	2.7	6.1	8.6
SANDVIK	3.2	4.3	7.5
ULMA	2.6	5.6	10.8
DAMON	2.58	6.04	-

Вітчизняні підприємства (НВКП Прес) розвиваються шляхом збільшення ресурсу обладнання, що випускається, і покращенням енергопоказників [6...9]. Так, практично більшість з них перейшла на конструкцію суцільнотягнутого корпусу з товщиною листа менш 3 мм і на використання труб товщиною обичайки меншою 3,5 мм.

При виготовленні тонкостінних елементів роликів особливу увагу приділено моделюванню процесів витяжки (рис. 4), що дозволило скоротити кількість технологічних переходів з семи до двох.

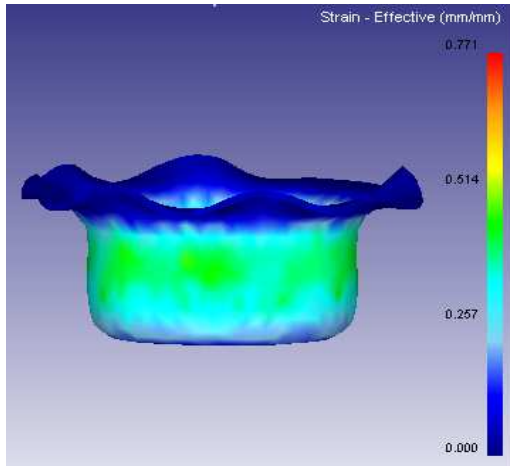


Рис. 4. Деформації при виготовленні конвеєрного ролика

Fig. 4. Deformation in the manufacture conveyor roller

ВИСНОВКИ

1. У загальному випадку навантаження, які діють на роликкоопору, складаються з навантажень від складових сили ваги транспортуемого матеріалу, сили ваги стрічки і частин ролика, що обертаються.
2. Єдиним можливим параметром, який дозволяє зменшити витрати на пуск конвеєрів, є зменшення загального навантаження за рахунок масогабаритних параметрів конвеєрного обладнання, оскільки навантаження від сили ваги матеріалу і сили ваги стрічки є взаємопов'язаними величинами, які визначаються продуктивністю.
3. Енерговитрати конвеєрного обладнання обернено пропорційні масі його частин, що обертаються.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клорикьян С. Х., Старичнев В. В., Сребный А. и др. Машины и оборудование для шахт и рудников: справ. / - 7.изд., репр., с матриц 5 изд (1994 г.). - М.: 2002. - 471с.
2. Чермалых В. М., Родькин Д. И., Каневский В. В. Системы электропривода и автоматизации рудничных стационарных машин и установок. - М.: Недра, 1976. - 398с.

3. Пелевін Л.Є. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: Підручник / Л.Є. Пелевін, Д.О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков. - КНУБА. Київ, 2015. - 340 с.
4. Міщук Д.О. Дослідження динамічної моделі гідравлічного циліндра об'ємного гідропри-воду / Д.О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - №87, 2016. - С. 74-81.
5. Зайченко С.В. Тривимірне моделювання процесу ролико-вого ущільнення стовбурного кріплення) / С.В. Зайченко, С.П. Шевчук, В.М. Гарнець // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - № 79, 2012. - С. 40-45.
6. Добровольський О. Конструкційні наноматеріали - новий тип матеріалів з надзвичайними властивостями / О. Добровольський, Т. Людвінська // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - №81, 2013. - С. 48-52.
7. Добровольський О.Г. Борування - ефективний спосіб захисту деталей від абразивного зношування / О.Г.Добровольський, Б.В. Борисевич, В.А. Косенко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - №79, 2012. - С. 73-78.
8. Богуславський В.Є. Фізичне моделювання робочого процесу роликових центрифуг / В.Є. Богуславський, О.О. Шаленко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - №75, 2010. - С. 49-51.
9. Богуславський В.Є. Математичне моделювання робочого процесу роликових центрифуг / В.Є. Богуславський, О.О. Шаленко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - №66, 2005. - С. 43-45.

REFERENCES

1. Klorikyan S. H., Starichnev V. V., Srebny M. A., 2002. Machinery and equipment for mines and pits: a handbook, no. 7, 471.
2. Chermalykh V. M., Rodkin D. I., Kanevsky V. M., 1976. Electric automation systems and mine stationary machines and plants, 398.
3. Pelevin L.E., Mishhuk D.O., Rashkivskij V.P., Gorbatjuk E.V., Arzhaev G.O., Krasnikov V.F., 2015. Gidravlika, gidromashini ta gidropnevmoavtomatika: Pidruchnik [Hydraulics, Hydraulic and hydropneumoautomatics]. Kyiv, KNUCA Publ., 340. - (in Ukrainian).

4. *Mishhuk D.O., 2016.* Doslidzheniya dinamichnoi modeli gidravlichnogo cilindra obemnogo gidroprivoda [Hydraulic cylinder of the volumetric hydraulic drive research of the dynamic model]. *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 87, 74-81. – (in Ukrainian).
5. *Zajchenko S.V., Shevchuk S.P., Garnec V.M., 2012.* Tryvymirne modeljuvannja procesu rolykovogo ushhlennnja stovburnogo kriplennja [Threedimensional design of process of roller compression fastening barrelnogo]. *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 79, 40-45. – (in Ukrainian).
6. *Dobrovolsky A., Lyudvinskaya T., 2013.* Konstrukciini nanomaterialu – noviy tip materialiv z nadzvichaynimi vlastivostyimu [Constructional nanomaterials – new type materials with extraordinary properties]. *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 81, 48-52. – (in Ukrainian).
7. *Dobrovolsky A.G., Borysevich B.V., Kosenko V.A., 2012.* Boronuvaniya – effektivnyi sposib zahistu detaley vid abrazivnogo znosheniya [Boriding - an effective way to protect against abrasive wear parts] *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 79, 73-78. – (in Ukrainian).
8. *Boguslavskii V.E., Shalenko A.A., 2010.* Fizichne modeluvanie robochogo procesy rolikovih centrifug [Physical modeling workflow roller centrifuges]. *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 75, 49-51. – (in Ukrainian).
9. *Boguslavskii V.E., Shalenko A.A., 2005.* Matematichne modeluvanie robochogo procesy rolikovuh centrifug [Mathematical modeling workflow roller centrifuges]. *Girnichy, budivelny, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 66, 43-45. – (in Ukrainian).