

УДК 621.878.23.001

БУЛЬДОЗЕР ПІДВИЩЕНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ З ШАРНІРНО - З'ЄДНАНИМ СЕКЦІЙНИМ ВІДВАЛОМ

ХМАРА Л. А. ¹, *д. т. н., проф.*,
КРЕКНІН К. А. ², *інженер*,
ПОГОРЖЕЛЬСЬКИЙ Є.Д. ³, *магістрант*,
КОБЗАР М.О. ⁴, *магістрант*.

¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин (БДМ), Державний вищий навчальний заклад (ДВНЗ) «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (ПДАБА), вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID ID 0000-0003-3050-9302.

² Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

³ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 060-16-61, e-mail: e.pogorjelsky@gmail.com.

⁴ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 020-42-16, e-mail: gfhjkmadr@gmail.com.

Анотація. Постановка проблеми. Ефективність робочого обладнання РО бульдозерних агрегатів залежить від багатьох показників і в першу чергу від накопичуваних властивостей в період копання та транспортування ґрунту. Одним із основних напрямів удосконалення РО бульдозерів в теперішній час є розвиток і створення нових конструкцій бульдозерів, які дозволяють розширити технологічні можливості, а саме створення відвалів бульдозера з шарнірно з'єднаними бічними секціями БС. Із цього виходить, що проблема дослідження та визначення раціональних конструктивних параметрів РО бульдозерів з БС є актуальною. **Мета статті.** Вказати області раціонального використання запропонованих конструкцій бульдозерних агрегатів і обґрунтувати їх переваги перед відомими технічними рішеннями. **Висновок.** Складені математичні моделі процесу копання ґрунту запропонованим бульдозерним відвалом. Сформовано більш сорока технічних рішень робочого обладнання бульдозерів з шарнірно з'єднаними боковими секціями, в умовах зміни: кількості секцій відвала, ширини, висоти, форм і розмірів секцій відвала.

Ключові слова: бульдозер, математична модель, трисекційний відвал, формування робочого обладнання

БУЛЬДОЗЕР ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ С ШАРНИРНО - СОЕДИНЕННЫМ СЕКЦИОННЫМ ОТВАЛОМ

ХМАРА Л. А. ¹, *д. т. н., проф.*,
КРЕКНИН К. А. ², *инженер*,
ПОГОРЖЕЛЬСКИЙ Е.Д. ³, *магистрант*,
КОБЗАРЬ Н.А. ⁴, *магистрант*.

¹ Кафедра строительных и дорожных машин (СДМ), Государственное высшее учебное заведение (ГВУЗ) «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (ПГАСА), ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302.

² Кафедра строительных и дорожных машин, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

³ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (098) 060-16-61, e-mail: e.pogorjelsky@gmail.com.

⁴ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (095) 020-42-16, e-mail: gfhjkmadr@gmail.com.

Аннотация. Постановка проблемы. Эффективность рабочего оборудования РО бульдозерных агрегатов зависит от многих показателей и в первую очередь от накапливаемых свойств в период копания и транспортировки ґрунта. Одним из

основных направлений совершенствования РО бульдозеров в настоящее время является развитие и создание новых конструкций бульдозеров, которые позволяют расширить технологические возможности, а именно создание отвалов бульдозера с шарнирно соединенными боковыми секциями БС. Из этого следует, что проблема исследования и определения рациональных конструктивных параметров РО бульдозеров с БС является актуальной. **Цель статьи.** Указать области рационального использования предложенных конструкций бульдозерных агрегатов и обосновать их преимущества перед известными техническими решениями. **Вывод.** Составлены математические модели процесса копания грунта предложенным бульдозерным отвалом. Сформировано более сорока технических решений рабочего оборудования бульдозеров с шарнирно соединенными боковыми секциями, в условиях изменения: количества секций отвала, ширины, высоты, форм и размеров секций отвала.

Ключевые слова: бульдозер, математическая модель, трехсекционный отвал, формирование рабочего оборудования

IMPROVED EFFICIENCY BULLDOZER WITH ARMED JOINT SECTIONAL DUMP

KHMARA L. A.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KREKNIN K. A.², *engineer*,
POHORZHEL'SKYI Y.D.³, *master student*,
KOBZAR M.O.⁴, *master student*.

¹ Department of Building and Travelling of machines (BTM), State Higher Educational Establishment (SHEE) "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302.

² Department of Building and road machines. State Higher Educational Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", str. Chernyshevskogo, 24-A, 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

³ Department of Building and Travelling of machines, State Higher Educational Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (098) 060-16-61, e-mail: e.pogorjelsky@gmail.com.

⁴ Department of Building and Travelling of machines, State Higher Educational Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 020-42-16, e-mail: gfhjkmadr@gmail.com.

Summary. Raising of problem. The efficiency of working equipment for bulldozer units depends on many indicators and, first of all, on the accumulated properties during excavation and transportation of soil. One of the main directions of working equipment improving of bulldozers is currently the development and creation of new bulldozer designs, which allow to expand the technological capabilities, namely the creation of dump bulldozers with hinged side sections of the side sections. In the conclusion of this the problem of research and determination of rational design parameters for working equipment bulldozers with side sections is urgent. **The purpose of the article.** Identify areas of rational use of the proposed designs of bulldozer aggregates and justify their advantages over known technical solutions. **Conclusion.** Created new mathematical models of the digging process of the soil with new bulldozer blade. More than forty technical solutions for working equipment of bulldozers with pivotally connected side sections have been generated, under the conditions of a change: number of sections of the blade, width, height, shape and size of the blade sections.

Summary. Raising of problem. Bulldozer, mathematical model, three-section blade, forming of working equipment

Постановка проблеми. Ефективність робочого обладнання РО бульдозерних агрегатів залежить від багатьох показників і в першу чергу від накопичуваних властивостей в період копання та транспортування ґрунту. Одним із основних напрямів удосконалення РО бульдозерів в теперішній час є розвиток і створення нових конструкцій бульдозерів, які дозволяють розширити технологічні можливості, а саме створення відвалів бульдозера з шарнирно з'єднаними бічними секціями БС. Із цього виходить, що проблема дослідження та визначення рациональних конструктивних параметрів РО бульдозерів з БС є актуальною.

Мета статті. Вказати області рационального використання запропонованих конструкцій

бульдозерних агрегатів і обґрунтувати їх переваги перед відомими технічними рішеннями.

Основний матеріал. При проектуванні відвалу бульдозера, обладнаного шарнирно з'єднаними бічними секціями необхідно визначити рациональні параметри бічних секцій рис. 1. На рис. 2 представлена схема бульдозерного відвала працюючого в традиційному режимі; на рис. 3 - те ж в режимі накопичення ґрунту; на рис. 4 - те ж в грейдерному режимі; на рис. 5 - те ж в шляхопрокладальному режимі.

Основні параметри традиційного відвалу залишаються незмінними: ширина відвалу B ; висота традиційного ріжучого ножа h_T ; висота відвалу H_{OT} ; радіус кривизни відвалу R .

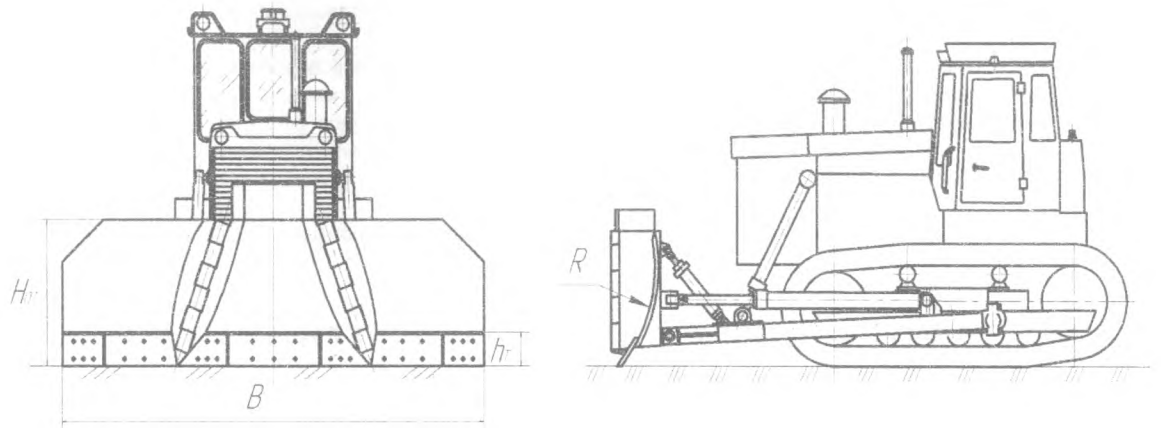


Рис. 1. Схема бульдозера, обладаного відвалом з боковими секціями

Fig. 1. Scheme of a bulldozer, equipped with a dump with side sections

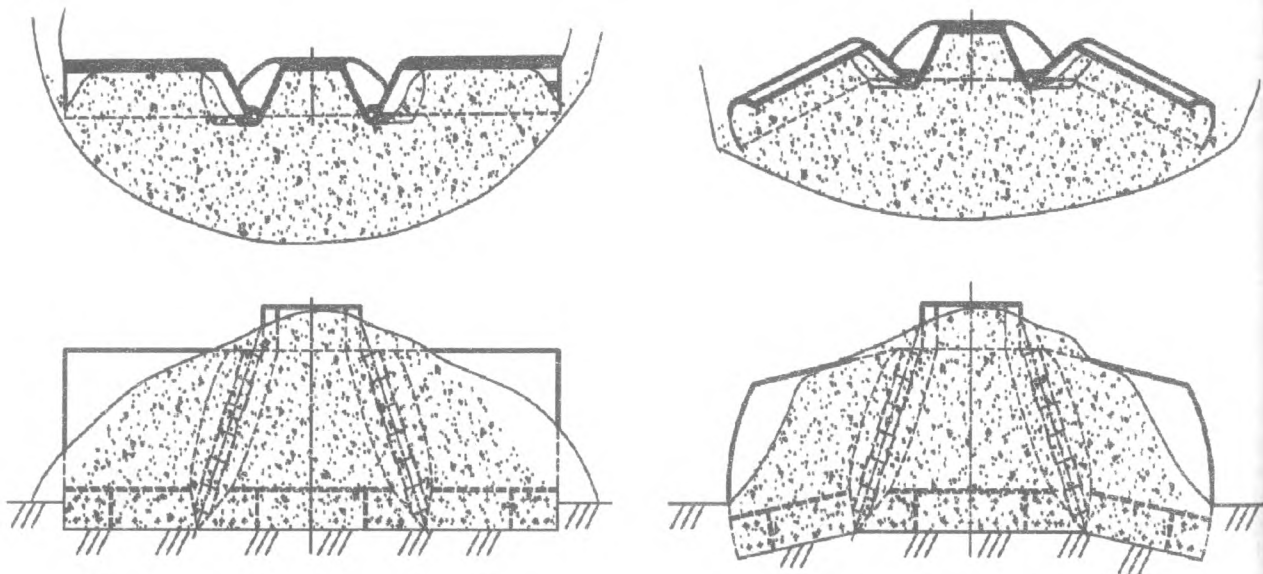


Рис. 2. Робота відвала бульдозера в традиційному режимі

Fig. 2. The work of the bulldozer crashed in traditional mode

Рис. 3. Робота відвала бульдозера в режимі накопичення ґрунту

Fig. 3. The work of the bulldozer crashed in mode of accumulation of soil

В залежності від властивостей ґрунту, що розробляється по таблиці 1 визначаємо основні параметри бічних розширень прорізу в поперечному перерізі: кут бічного розширення ґрунту γ і коефіцієнту бокового розширення ґрунту $k_{бок}$.

Формування нових машин і їх робочих органів (РО) на основі розчленування математичної моделі процесу на складові

елементи з наступним їх об'єднанням в нову систему - один із ефективних методів прискорення творчого пошуку найбільш досконалого технічного рішення (ТР). Такий метод найбільш раціонально використовувати як для вдосконалення традиційних землерийних машин, так і при формуванні машин, заснованих на використанні нових фізичних ефектів [1].

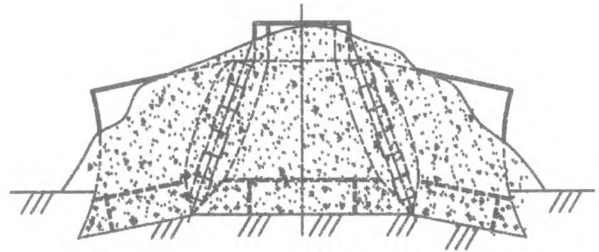
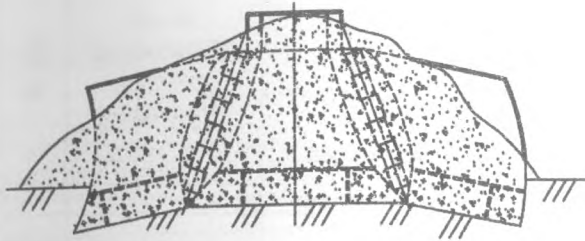
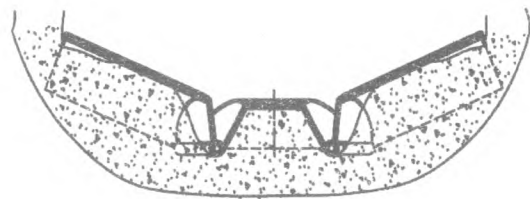
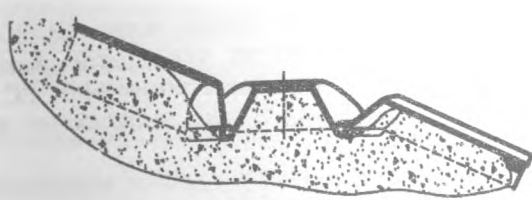


Рис. 4. Работа відвала бульдозера в грейдерному режимі

Fig. 4. The work of the bulldozer crashed in grader mode

Рис. 5. Робота відвала бульдозера в шляхопрокладальному режимі

Fig. 5. The work of the bulldozer crashed in bypass mode

Синтез РО землерийних машин є один з найбільш складних і важливих моментів у формуванні нових машин, який в результаті забезпечує підвищення якості новостворюваних виробів і їх випуск на рівні кращих світових зразків. Завдання синтезу при формуванні високоефективних РО можна умовно розділити на два основних типи [1]. Перший тип - синтез принципу дії, який полягає в пошуку та виборі найбільш ефективного набору фізичних ефектів і явищ, за допомогою яких можна реалізувати робочу функцію виробу. Другий тип - синтез нових ТР для заданого принципу дії, що полягає в пошуку та виборі нової, більш раціональної сукупності конструктивних елементів і їх ознак в рамках заданого принципу дії.

Синтез нових ТР проілюструємо на прикладі формування РО бульдозера з бічними секціями (БС). Зробимо складання математичних моделей процесу копання ґрунту пропонуваним бульдозерним відвалом.

В якості математичної моделі процесу може бути використано вираз у вигляді суми ряду діючих опорів, зв'язок між якими визначається структурою функціонування відвалу. Якщо ґрунт представлений сипучим середовищем, що володіє зчепленням, то модель, яка визначає опір відділенню ґрунту в процесі копання, в загальному випадку може бути представлена у вигляді виразу [1]:

$$P_K = P_p(X_{in}) + P_n(X_{ik}) + P_{np}(X_{ik}), \quad (1)$$

де P_p - опір різанню; P_n - опір руху ґрунту в призмі;

P_{np} - опір призми волочіння.

Математичну модель, складену таким чином, можна розчленувати на ряд приватних складових:

$$P_p = P_{p.нож} + P_{зат}; \quad (2)$$

$$P_n = P_{отв} + P_{ср}; \quad (3)$$

$$P_{np} = P_{np.ср}, \quad (4)$$

де $P_{p.нож}$ - опір на передній поверхні ножа з урахуванням пригрузки на вирізаєму стружку; $P_{зат}$ - опір на майданчику затуплення леза; $P_{отв}$ - опір пересуванню стружки ґрунту по відвалу; $P_{ср}$ - опір тертя ґрунту об ґрунт при русі пласта всередині призми; $P_{np.ср}$ - опір сил на розчленовані математичні моделі, що характеризують процес копання ґрунту відвалом бульдозера $P_{p.нож}$, $P_{зат}$, $P_{отв}$, $P_{ср}$, $P_{np.ср}$, можна сформулювати шляхи вдосконалення та модернізації РО в цілому.

Аналіз здійснюється з метою оптимізації, наприклад, мінімізації цільової функції і її складових. Для зменшення величини $P_{p.нож}$ доцільно здійснити наступні заходи: зменшити ширину пласта, зрізаного відвалом; здійснювати управління кутом різання в процесі копання; знизити кути внутрішнього і зовнішнього тертя ґрунтів.

Аналіз математичної моделі $P_{зат}$ призводить до висновку про необхідність: зменшити довжину ріжучого ножа; зменшити майданчик затуплення; зменшити кути різання і затуплення відвалу.

Аналіз математичної моделі $P_{отв}$ показує, що для зменшення цієї складової необхідно: збільшити радіус кривизни відвалу.

Аналіз складових $P_{зат}$, $P_{отв}$, $P_{ер}$, $P_{пр.ер}$ призводить до висновку про доцільність здійснювати заходи щодо зниження кутів внутрішнього і зовнішнього тертя ґрунтів.

Розроблений метод формування нових ТР РО землерийних машин дозволяє синтезувати різні конструкції відвалів бульдозера, обладнаних БС, загальна схема формування яких представлені в таблиці 2.

На рис. 6 наведено приклад форми вирізуємої стружки ґрунту в залежності від положення бічних секцій відвалу.

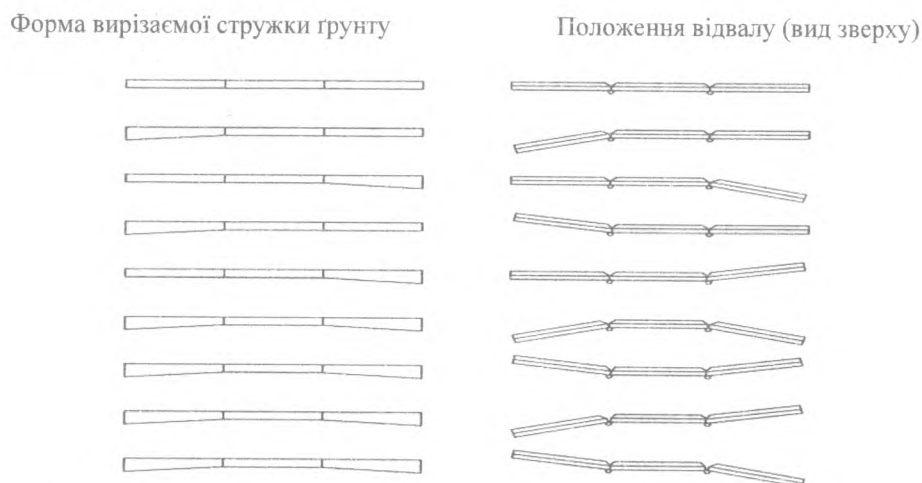


Рис. 6. Форма вирізуємої стружки ґрунту при різних положеннях відвалів

Fig. 6. Form of cut chip soil at different positions of dumps

Для подальшого дослідження необхідно провести експериментальні дослідження втрат ґрунту в бокові валки і дотичної складової опору ґрунту копання трисекційного відвала. Показниками поверхні відгуку прийняті маса втрат ґрунта в бокові валки m_n і дотична складова опору ґрунту копання P_{01} , а впливаючими факторами - кут шарніра відносно вертикалі $\alpha_{ш}$, поворот секцій відносно шарнірів β_c , товщина стружки $h_{стр}$ і щільність ґрунту, яка вимірюється числом ударів моделі ударника ДорНІІ Суд. Рівні варіювання перерахованих факторів

приведені в табл. 1. На рис. 7 та на рис. 8 представлений відвал перед експериментом та під час експерименту в процесі різання і накопичення ґрунту: а – вид спереду, бокові секції повернуті вперед під кутом 30° ; б – вид спереду, відвал в традиційному режимі; в – процес копання ґрунту, вид зверху, бокові секції повернуті вперед під кутом 30° ; г, д - процес копання ґрунту, вид збоку, бокові секції повернуті вперед під кутом 30° ; е – тензометричний реєстратор Tenzo - M8.

Таблиця 1.

Table 1.

Рівні варіювання факторів

Levels of variation of factors

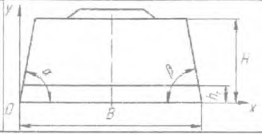
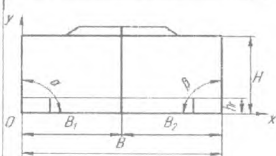
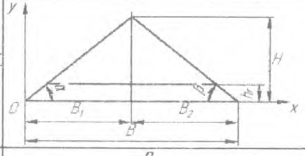
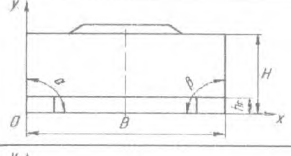
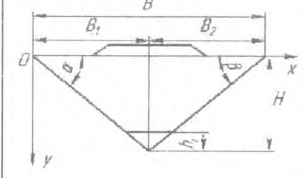
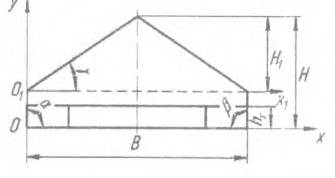
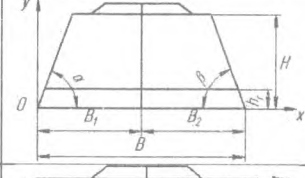
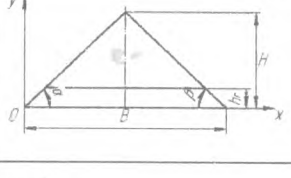
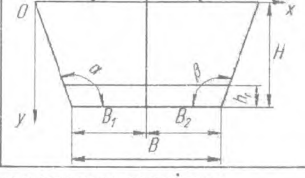
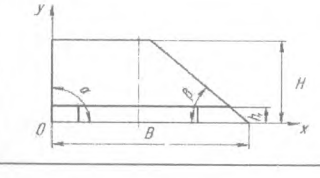
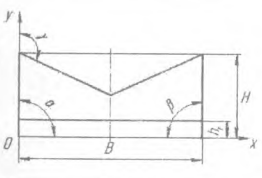
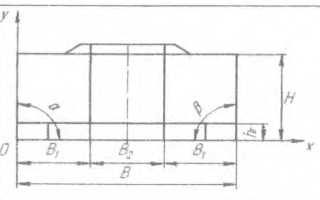
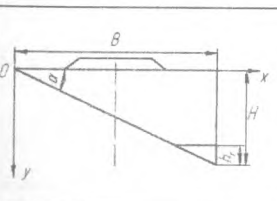
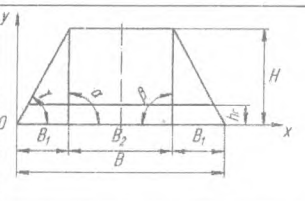
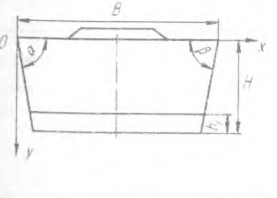
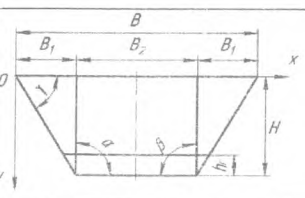
Фактори	Код. знач.	Рівні варіації					Інтервал варіювання
		-2	-1	0	+1	+2	
$\alpha_{ш}$ – кут шарніра відносно вертикалі, град.	X ₁	0	10	20	30	40	10
β_c – поворот секцій відносно шарнірів, град.	X ₂	0	10	20	30	40	10
$C_{уд}$ – щільність ґрунта	X ₃	1	3	5	7	9	2
$h_{стр}$ – товщина стружки, см	X ₄	0,5	1	1,5	2	2,5	0,5

Таблиця 2.

Загальна схема формування робочих органів бульдозера з БС

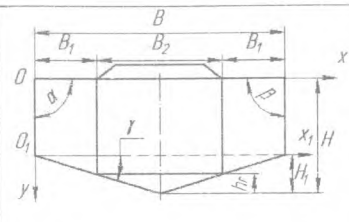
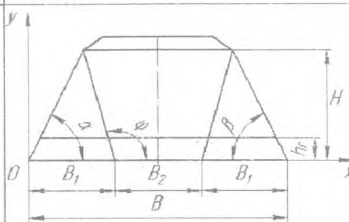
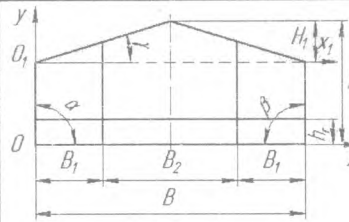
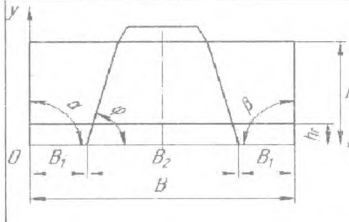
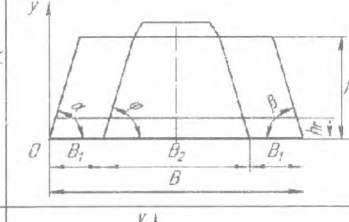
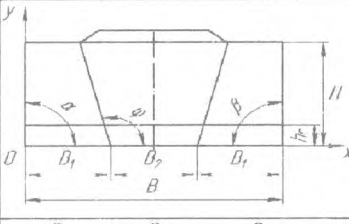
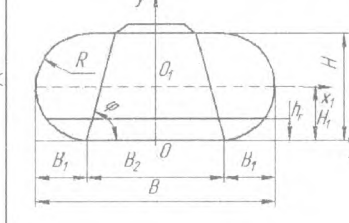
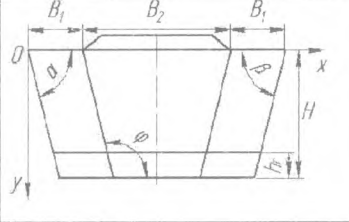
Table 2.

General scheme of formation of working units of a bulldozer with LS

№ п/п	Умови формування робочого органу	Схема робочого органу бульдозера	1	2	3
			8	$B; H;$ $\alpha < \pi/2; \beta < \pi/2;$	
			Відвали з двома секціями		
			9	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2.$	
1	2	3	10	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2; \beta < \pi/2;$	
1	$B; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2.$		11	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2;$ $\beta < \pi/2;$	
2	$\infty O_1 > 0;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\gamma < \pi/2;$		12	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2; \beta < \pi/2;$	
3	$B; H; \alpha < \pi/2; \beta < \pi/2;$		13	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha > \pi/2; \beta > \pi/2.$	
4	$B; H;$ $\alpha = \pi/2; \beta < \pi/2;$		Відвали з трьома секціями		
5	$B; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\gamma > \pi/2;$		14	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2.$	
6	$B; H; \alpha < \pi/2;$		15	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2; \gamma < \pi/2;$	
7	$B; H; \alpha < \pi/2; \beta < \pi/2;$		16	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\gamma < \pi/2;$	

Продовження таблиці 2.

Table 2 continuation.

1	2	3	1	2	3
17	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < 0;$; $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\gamma < \pi/2.$		21	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2;$ $\beta < \pi/2;$ $\varphi > \pi/2;$	
18	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\gamma < \pi/2.$		22	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\varphi < \pi/2.$	
Відвали з трьома секціями, закріпленими під кутом			23	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2;$ $\beta < \pi/2.$ $\varphi < \pi/2.$	
19	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha = \pi/2;$ $\beta = -\pi/2;$ $\varphi > \pi/2.$		24	$B; B_1; B_2; H;$ $R;$ $\alpha < \pi/2;$ $\beta < \pi/2;$ $\varphi > \pi/2.$	
20	$B; B_1; B_2; H;$ $\alpha < \pi/2;$ $\beta < \pi/2;$ $\varphi > \pi/2;$				

Експериментальні дослідження втрат ґрунту в бокові валки і дотичної складової опору ґрунту копання трисекційного відвала були проведені в лабораторних умовах кафедри будівельних та дорожніх машин ПДАБА методами фізичного моделювання. Об'єктом дослідження були прийняті фізичні моделі трисекційного робочого обладнання бульдозера, виконані в масштабі $K_1 = 10$ і оснащенні шарнірно – з'єднаними боковими секціями. Дослідження проводилися на стенді для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ з використанням методики раціонального планування експерименту. В якості ґрунтового середовища були прийняті ґрунти II – III категорії, які моделювалися пісочно - глинистою сумішшю, яка складається з кварцового піску на 85% і лісовидного суглинку. Необхідні фізико – механічні властивості

модельованого ґрунтового середовища досягалися її зволоженням і ущільненням.

Для дослідження процесу копання трисекційного відвала бульдозера пропонується використовувати рототабельний центральний композиційний план другого порядку для 4 – х факторів з довірчою ймовірністю 0.95, що складається з 31-ї точки N : шістнадцяти точок ядра - n_j ; восьми «зіркових» точок та семи точок в центрі плану (табл.3). Ядро плану складається зміною факторів на двох рівнях, а «зіркові» точки будуються на осях координат, визначаючи величину «зіркового» плеча α (відстань від нульової точки до «зіркової» по осі координат) за формулою $\alpha = 2^{k/4}$ та дорівнює 2,00.

Цей план найбільш повно описує процес взаємодії трисекційного відвала бульдозера з модельованим середовищем.

Таблиця 3.

Матриця планування чотирифакторного ротабельного центрального композиційного плану експерименту

Table 3.

The matrix of planning a four-factor rotatable central composite experiment plan

Номер	X1	X2	X3	X4
1	2	3	4	5
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	-	-	-	+
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	+
13	-	-	+	+
14	+	-	+	+
15	-	+	+	+
16	+	+	+	+
17	-2,00	0	0	0
18	+2,00	0	0	0
19	0	-2,00	0	0
20	0	+2,00	0	0
21	0	0	-2,00	0
22	0	0	+2,00	0
23	0	0	0	-2,00
24	0	0	0	+2,00
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

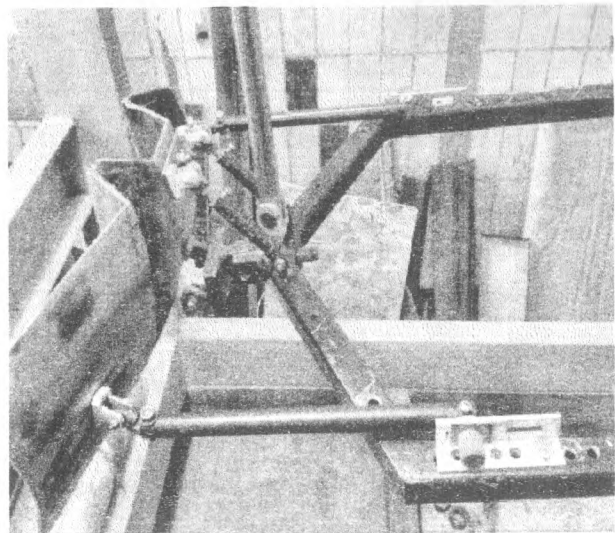
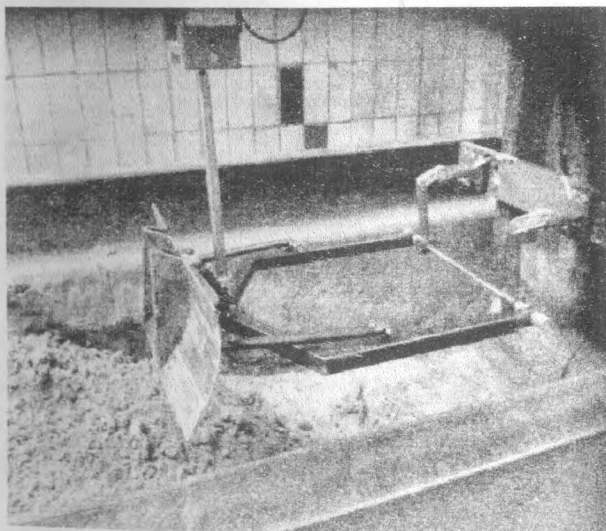
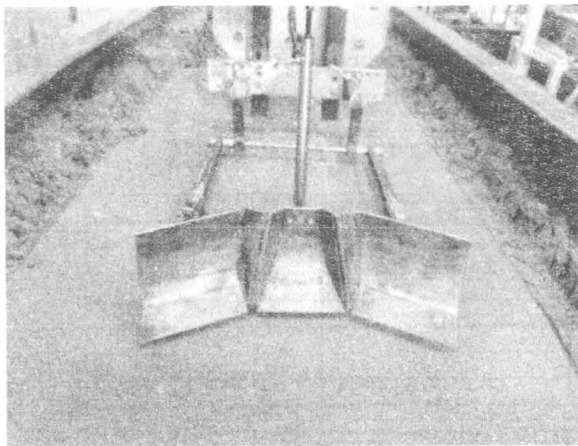
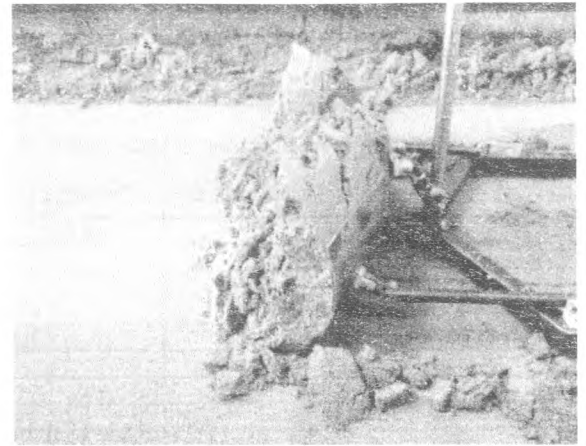


Рис. 7. Загальний вид відвала з боковими секціями встановленого на стенд для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ перед експериментом

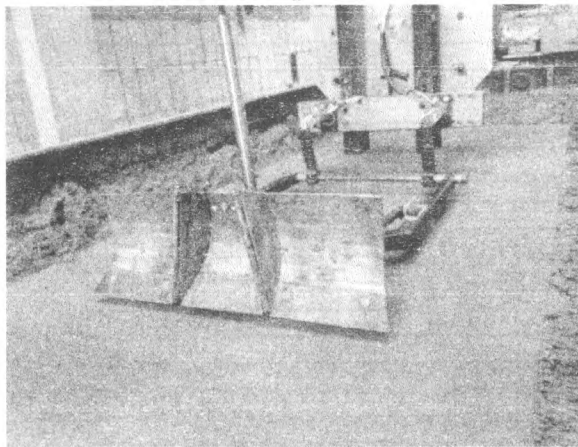
Fig. 7. The general view of the deck with the side sections mounted on the stand for the physical modeling of the working processes of the EMV before the experiment



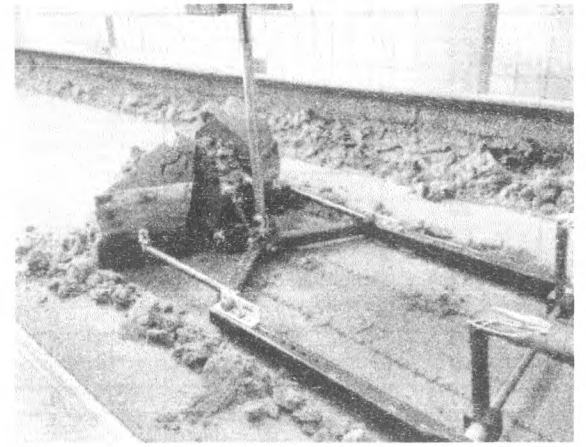
а



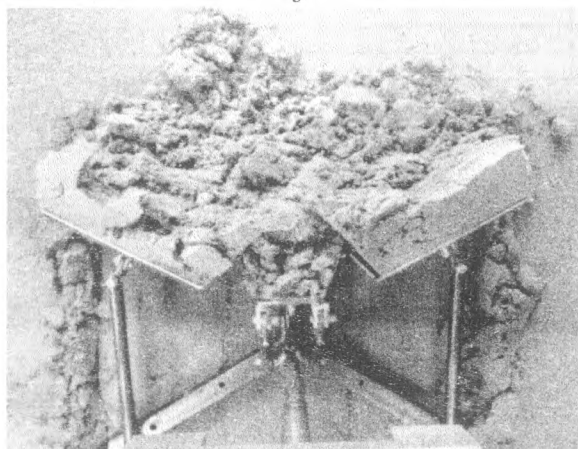
г



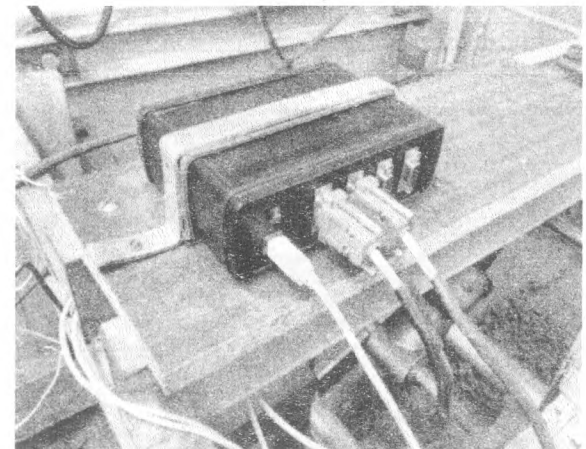
б



д



в



е

Рис. 8. Фізична модель трисекційного шарнірно – з'єднаного відвала в процесі різання і накопичення ґрунту
 Fig. 8. Physical model of three-section hinge-connected dump in the process of cutting and accumulation of soil

Висновки. Використання методу поєднання математичного моделювання робочого процесу, розчленування математичних моделей процесу і функціонального аналізу елементів моделі дозволяє значно прискорити формування нових високоефективних РО бульдозерів. Сформовано понад 40 ТР РО бульдозерів з шарнірно з'єднаними БС, в умовах зміни: кількості секцій відвалу, ширини,

висоти, форм і розмірів секцій відвалу. Із загальної кількості можливих варіантів схем РО, які визначаються методами комбінаторного аналізу, на підставі запропонованого методу встановлено, що найбільший ефект дають системи з БС, рішення з інтенсифікаторами комбінованого принципу дії. Такі рішення не вимагають значних матеріальних витрат

дозволяють трансформувати їх в адаптуючи і багатопільові РО.

Виконаний аналіз форми та об'єму ґрунту, що накопичується перед відвалом на заключній фазі

копання дозволяє, на стадії проектування, прогнозувати ефективність технічних рішень в залежності від зміни тих чи інших параметрів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баловнев В. И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины: учебное пособие для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600 и 291800. – Омск – Москва: ОАО «Омский дом печати», 2006. – 320 с.
2. Добронравов С. С. Строительные машины: справочник / С. С. Добронравов. – М.: Высшая школа, 1993. – 540 с.
3. Домбровский Н. Г., Картвелишвили Ю. Л., Гальперин М. И. Строительные машины. учебник для вузов. В 2 частях. Ч 1-я, - М.: Машиностроение, - 1976- 391 с. с ил.
4. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. –М.: Вышш. Шк., 1975. - 424с.
5. Машины для земляных работ: Підручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. д.т.н., проф. Л. А. Хмари та д.т.н., проф. С. В. Кравця. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 548 с.
6. Недорезов И.А., Аскарходжаев Т.И., Мирсадыков М.А., Котов В.В. Модернизация бульдозера ДЗ – 110А. Строительные и дорожные машины. – 1994. - №2. – С. 4 – 5.
7. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 263с.
8. Хмара Л.А. Определение производительности бульдозеров с учетом времени на операцию заглабления отвала / Л.А. Хмара, В.Б. Коротких // Научные основы строительства. Сборник научных трудов. - Киев, -1993 –с. 207.
9. Хмара Л.А. Научные основы формирования многокомпонентных рабочих органов землеройных машин. Интенсификация рабочих процессов строительных машин: Сб. Науч. трудов. Вып. 4. Машины для земляных работ. – Дн-вск: ПГАСА, 1998. – С. 14 – 21.
10. Хмара Л.А., Дерев'янчук М.І., Крекнін К.А. Аналітичне визначення об'єму призми волочіння трисекційних бульдозерних відвалів в накопичувальному режимі роботи // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Выпуск 63, 2011. – С. 36 – 42.
11. Хмара Л.А. Експериментальні дослідження інноваційного бульдозера з трисекційним відвалом з нахиленими осями шарнірів з'єднання бокових секцій / Л.А. Хмара, К.А. Крекнін // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Вып. 97. – Днепр: ПГАСА, 2017. – С. 41 – 46.

REFERENCES

1. Balovnev V. I. Mnogotsel'evyie dorozhno-stroitelnyie i tehnologicheskie mashiny: uchebnoe posobie dlya vuzov po distsipline «Dorozhnyie mashiny» dlya spetsialnostey 170900, 230100, 150600 i 291800. – Омск – Москва: ОАО «Omskiy dom pečhati», 2006. – 320 s.
2. Dobronravov S. S. Stroitelnyie mashiny: spravochnik / S. S. Dobronravov. – М.: Vysshaya shkola, 1993. – 540 p.
3. Dombrovskiy N. G., Kartvelishvili Yu. L., Galperin M. I. Stroitelnyie mashiny. uchebnik dlya vuzov. V 2 chastyah. Ch 1-ya, - М.: Mashinostroenie, - 1976- 391 p.
4. Zelenin A.N., Balovnev V.I., Kerov I.P. Mashiny dlya zemlyanyih rabot [Earth moving machines]. –М.: Higher. Sc., 1975. -424 p.
5. Mashini dlya zemlyanih robot: Pidruchnik [Machines for earthmovings: Textbook]/ L. A. Khmara, S. V. Kravets, M. P. Skoblyuk ta in.; za zag. red. d.t.n., prof. L. A. Khmari ta d.t.n., prof. S. V. Kravtsya. - H.: HNADU, 2014. - 548 p.
6. Nedorezov I.A., Askarhodzhaev T.I., Mirsadyikov M.A., Kotov V.V. Modernizatsiya buldozera DZ – 110A. Stroitelnyie i dorozhnyie mashiny. – 1994. - #2. – P. 4 – 5.
7. Tihomirov V.B. Planirovanie i analiz eksperimeta [Planning and analysis of the experiment] – М.: Legkaya industriya, 1974. – 263 p.
8. Khmara L. A. Opredelenie proizvoditelnosti buldozerov s uchetom vremeny na operatsiyu zaglublennya otvala [Determination bulldozers performance, taking into account the time for the operation of penetration blade]/ L.A. Khmara, V.B. Korotkih // Nauchnie osnovy stroitelstva. Sb. nauch. tr. – Kiev, - 1993 – 207 p.
9. Khmara L. A. Nauchnie osnovi formirovaniya mnogokomponentnyh rabochih organov zemlerojnyh mashin. [Scientific bases of formation of the multicomponent working bodies of earth-moving machines.] Intensifikaciya rabochih processov stroitelnyh mashin: . Sb. nauch. tr. Vip. 4. Mashini dlya zemljnih rabot. - Dn-vsk: PGASA, 1998. – pp. 14 – 21.
10. Khmara L. A. Analitichne vyznachennja obemu pryizmu volochinnja trusekciynih buldozernyih vidvaliv v nakopyichivalnomu reshyimi roboty [Theoretical studies of volume of prisms three-section bulldozer drawing heaps in accumulation mode] / Khmara L. A., Derevjanchuk M. I., Kreknin K. A. // Sb. nauch. tr. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Vyip. 63. – Dn-vsk: PGASA, 2011. – pp. 36 – 42.
11. Khmara L. A. Eksperimentalni doslidzhennya innovatsiynogo buldozera z trisektsiynim vidvalom z nahilenimi osyami sharniriv z'ednannya bokovyh sektsiy [Experimental studies of an innovative bulldozer with a three-section dump with tilting axes of joint joints of lateral sections] / Khmara L. A., Kreknin K. A. // Sb. nauch. tr. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Vyip. 97. – Днепр: PGASA, 2017. – pp. 41 – 46.