

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НИЗЬКОЕНЕРГОЄМНИХ ДИНАМІЧНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА НАВІСОК ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

Євгеній Горбатюк, Олександр Тетерятник, Микола Пристайло

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

GROUND OF STRUCTURAL FEATURES OF DYNAMIC WORKING ORGANS USING LOW ENERGY AND HINGE-PLATES OF EARTHMOVERS

Ievgenii Gorbatiuk, Aleksandr Teteryatnik, Mykola Prystaylo

Kyiv national university of construction and architecture
03680, Povitroflotsky prospect 31, Kyiv, Ukraine, e-mail: gek_gor@i.ua

АНОТАЦІЯ. Розглядаються основні тенденції розвитку сучасних високошвидкісних робочих органів. Проаналізовані найпоширеніші шляхи розвитку сучасної будівельної та землерийної техніки як у світі, так і в Україні. Представлені найвідоміші конструкції динамічних робочих органів, що були розроблені на базі Київського національного університету будівництва і архітектури та конструкції нових робочих органів, що розроблялися протягом останніх років.

Ключові слова: дисковий робочий орган, кільцевий робочий орган, роторний робочий орган, конусна фреза, сила різання, енергоємність різання, питома продуктивність.

АННОТАЦИЯ. Рассматриваются основные тенденции развития современных высокоскоростных рабочих органов. Проанализированы наиболее распространенные пути развития современной строительной и землеройной техники, как в мире так и в Украине. Представлены наиболее известные конструкции динамических рабочих органов, которые были разработаны на базе Киевского национального университета строительства и архитектуры та конструкции новых рабочих органов, которые разрабатывались на протяжении последних лет.

Ключевые слова: дисковый рабочий орган, кольцевой рабочий орган, роторный рабочий орган, конусная фреза, сила резания, энергоёмкость резания, удельная производительность.

ABSTRACT. Purpose. An aim of work is an analysis of features of earth-moving technique the productive indexes of that take into account the substantive provisions of energy-savings and synthesis of hinge-plate of drive of working equipment. **Methodology/approach.** The method of research - analytical method turns physical materiality process of destruction of the soil. **Findings.** This research defined application of dynamic working organs using small energy and synthesis of hinge-plates occasion of working equipment domains. **Research limitations/implications.** Existent hanging equipment can not in a complete degree take into account all spectrums of necessary earthmovings. Application of an offer hanging equipment will allow to attain the greatest realization of possibilities of base machine and working organs. **Originality/value.** At formation of trenches under of communication lines the most dense layer of the ground array collapses earthmovers, and their working organs work under trying conditions, that predetermines them rapid wear and gobbing of large coefficients of margin of safety at planning.

Key words: disk working organ, circular working organ, rotor working organ, cone milling cutter, cutting force, cutting power-hungryness, specific productivity.

ВСТУП

В будівництві і суміжних галузях народного господарства (прокладання ліній комунікацій, видобування корисних копалин і будівельних матеріалів, меліоративні і військово-інженерні земляні роботи тощо) однією з проблем є висока енергоємність робочого процесу сучасних землерийних машин. Незадовільний технічний стан, велика металоємність та робоче обладнання, яке реалізує принцип статичного руйнування ґрунтів – все це зумовлює наявність та

дуже повільне вирішення озвученої проблеми. Навіть іноземна техніка, якою зараз намагаються комплектувати державні та комунальні підприємства, має кращі характеристики лише за рахунок своєї новизни та універсальності конструкції. Однак основна проблема – зниження енергоємності розробки ґрунтового масиву – залишається невирішеною [1, 2, 3, 4].

Враховуючи вищезазначене, а також необхідність зниження енергозалежності України від інших країн, існує необхідність розробки та створення низькоенергоємних

високошвидкісних робочих органів землерийних машин.

Для України характерні особливості виконання ряду земляних робіт характеризуються природним утворенням в ґрунтовому масиві шару промерзання глибиною до 120 см після зимових сезонів. Окрім цього, природний склад верхнього шару ґрунту становить середовище з різнодисперсними включеннями. Такі властивості ґрунтових середовищ зумовлюють особливості технології створення траншей під час прокладання комунікацій. А саме, траншея утворюється за декілька проходів траншеєкопача, що зменшує продуктивність машини. Крім цього, для таких ґрунтів характерне різке його ослаблення після проходження глибини промерзання, що в ряді випадків спричиняє поломку різальних елементів машин при надмірному заглибленні їх в ослаблений масив.

Окрім цього, роботи з прокладання ліній комунікацій, як правило, виконуються у стиснені терміни та в обмеженому просторі [1, 2, 5, 6].

Основні види робіт, які при цьому виконуються, поєднують в собі складні фізико-механічні процеси, виконання яких потребує використання спеціальних машин, що відрізняються від звичайних як за принципами роботи, так і за конструктивним виконанням. В більшості таких машин застосовуються високошвидкісні робочі органи, принцип дії який ґрунтується на теорії динамічного руйнування ґрунтів.

З наведеного вище випливає, що при утворенні траншей під комунікаційні лінії землерийними машинами руйнується найбільш щільний шар ґрунтового масиву, а їх робочі органи працюють у важких умовах, що зумовлює їх швидке зношування та закладання великих коефіцієнтів запасу міцності при проектуванні.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – аналіз особливостей землерийної техніки, виробничі показники якої враховують основні положення енергозбереження та синтез навіски приводу робочого обладнання.

Задачею даного дослідження є визначення області застосування низькоенергоємних динамічних робочих органів та синтез навіски приводу робочого обладнання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Найенергоємнішою зі всіх операцій при виконанні земляних робіт є руйнування ґрунту, у зв'язку з чим розробку ґрунтів розрізняють за способами їх руйнування, характерним видом енергетичної дії.

При статичному механічному руйнуванні різальний інструмент рухається рівномірно або з незначними прискореннями при швидкості до 2...2,5 м/с. Енергоємність механічного руйнування піщаних і глинистих ґрунтів залежно від їх міцності і конструкції різальних інструментів складає 0,05...0,5 (кВт·год)/м³. Цим способом виконують до 85% всього об'єму земляних робіт [2, 3, 5].

Традиційна схема роботи землерийних машин характеризується тим, що енергія від двигуна передається на робочий орган за допомогою передаточного, напірного, ходового, тягового механізмів у різних сполученнях. Це призводить до значних втрат енергії в трансмісіях машин і зниженню ККД.

Необхідність підвищення робочих навантажень і продуктивності зумовлює збільшення маси машин і потужності встановлених на них двигунів, а ці показники не можуть зростати нескінченно.

Перелічених недоліків позбавлені машини, які забезпечують збільшення механічного і немеханічного впливу на середовище робочими органами з відносно невеликою масою. Машини з нетрадиційними високошвидкісними робочими органами одержують усе більше поширення в зв'язку з можливістю створення великих робочих навантажень і швидкостей при значному зменшенні маси машини, а також можливістю збільшення корисної потужності двигунів без зростання розмірів машин і їх загальних потужностей.

Теорія руйнування робочих середовищ під дією високошвидкісних навантажень різного виду з урахуванням зміни контакт-

них властивостей середовищ, енергії, швидкості і форми робочого органа і часу руйнування лягла в основу сучасних методів розрахунків і створення робочих режимів і конструкцій ґрунто- і породоруйнуючої техніки і сьогодні використовуються для створення нової техніки (рис. 1) [6, 7].

При входженні робочого органа в ґрунт з відкритою боковою стінкою зруйнована зона збільшується за рахунок появи тріщини, яка виходить на бічну поверхню. В цьому випадку визначаючим фактором процесу служить оптимальне значення плеча сколювання, величину якого можна отримати з умови мінімуму енергії, необхідної для утворення тріщини сколювання.

При використанні торцевого робочого органа для створення траншеї її геометричні параметри можна змінювати в процесі роботи. В багатьох випадках відсутність варіації розмірів траншеї обмежує використання конкретного землерийного обладнання, що виключається у даному випадку (в процесі роботи можна змінювати положення робочого органа відносно машини, що дозволяє змінювати при необхідності профіль траншеї).

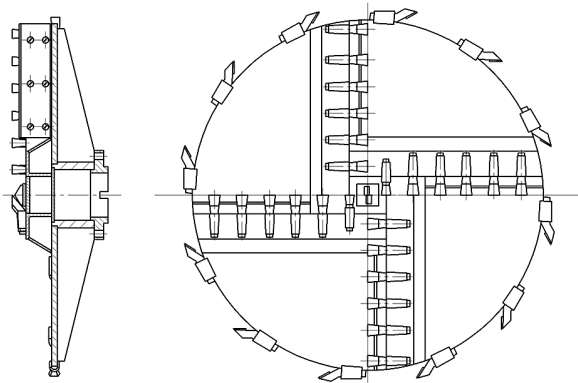


Рис. 1. Дисківий динамічний робочий орган

Fig. 1. Disk dynamic working organ

В робочому органі типу „конусна фреза” реалізуються такі енергознижуючі фактори як динамічний спосіб руйнування ґрунту, створення забою такої форми, за якої ґрунт знаходиться над робочим органом, завдяки чому хвилі напружень локалізуються в невеликому об’ємі ґрунту над робочим органом. В цій частині ґрунту формується динамічний коливально-хвильовий напруже-

но-деформований стан, за якого частки ґрунту піддаються багатоциклічному навантаженню, тобто в ґрунті накопичуються втомні деформації, що значно зменшує напруження, за яких руйнується ґрунт. Крім того, сила тяжіння, що діє на ґрунт, сприяє відокремленню його часток, які різально-метальними лопатками виносяться з забою. Додатково зменшення енергоємності досягається за рахунок оптимального розташування різально-метальних елементів на корпусі робочого органа, при якому відбувається несучільне різання в поперечному перерізі траншеї [8, 9].

Експериментальні дослідження силових параметрів дискових робочих органів показали, що при зміні кута нахилу диска виникають конкуруючі задачі, а саме: із зменшенням кута нахилу сила опору ґрунту руйнуванню зменшується, але при цьому зменшується і продуктивність робочого органа, внаслідок того, що зменшується поперечний переріз траншеї. Крім того, чим менше кут нахилу робочого органа, тим більше має місце ефект самообвалення ґрунту на площину диска.

Для ґрунторуйнуючого робочого органа типу „конусна фреза” характерний процес руйнування, що відбувається завдяки високій коловій швидкості фрези, її формі та конструкції.

Робочий орган типу „конусна фреза” (рис. 2) складається з двох частин: верхнього та нижнього конусів, які обертаються у протилежних напрямках [8]. Умовою забезпечення курсової стійкості машини є рівність крутних моментів верхнього і нижнього конусів робочого органа від сил опору різання робочого середовища.

Конусна фреза має в осьовому перерізі форму зрізаного конуса, бокові сторони якого утворюють з основою підрізну кромку. Різально-метальні елементи розташовані на бокових поверхнях конуса по концентричним колам різного діаметру таким чином, щоб уникнути суцільного різання. Зачисний кожух встановлений на рамі робочого органа за конусною фрезою по ходу розробки траншеї. В горизонтальному перерізі зачисний кожух має форму, що забезпечує планування дна і стінок траншеї.

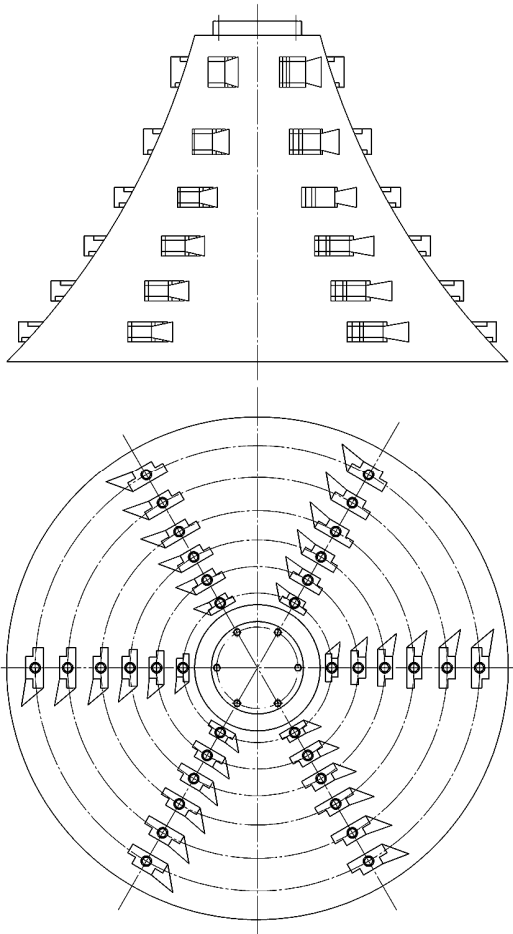


Рис. 2. Конусна фреза

Fig. 2. Cone mill

Завдяки таким особливостям, конусна фреза працює навіть при потраплянні на різально-метальні елементи твердих включень, які викидаються за межі траншеї.

Також в існуючих динамічних робочих органах землерийних машин безперервної дії є наступний недолік: при екскавації ґрунту за допомогою типових металників в них відбувається змішування частинок ґрунту з різними зарядами енергії, що призводить до непродуктивних витрат енергії на його перемішування.

Розроблений на кафедрі будівельних машин КНУБА робочий орган дозволяє ділити ґрунт на два потоки, що знижує енергетичні затрати на його непродуктивне змішування (рис. 3). При руйнуванні ґрунтового масиву запропонованим робочим органом частинки зруйнованого ґрунту внаслідок динаміки процесу майже миттєво видаляються з зони різання та потрапляють

на ґрунтоносі елементи і рухаються по них та викидаються з траншеї не змішуючись з частинками ґрунту, які відокремлюються від його масиву [10].

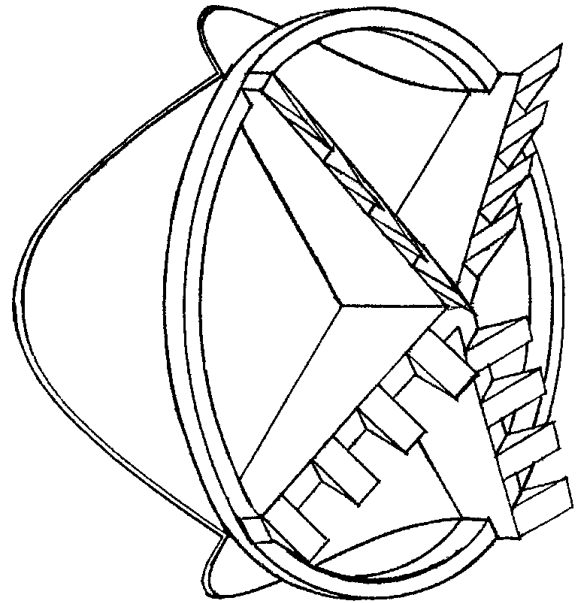


Рис. 3. Торцевий робочий орган з орієнтованими потоками виносу ґрунту

Fig. 3. A butt-end working organ is with the oriented streams of bearing-out of soil

Найбільш ефективними ґрунтоносами є елементи, які виконані у вигляді частини конуса (рис. 3), так як така форма сприяє якнайменшому залипанню ґрунту. Найкраще при цьому щоб ґрунтоносі елементи були виконані у вигляді частини еліптичного конуса. Головною перевагою таких ґрунтоносих елементів буде зменшений шлях транспортування ґрунту тому, що довжина дуги половини еліпса коротша за довжину дуги половини кола, що значно зменшує енергетичні витрати на тертя при транспортуванні ґрунту.

Ґрунтоносі елементи необхідно виконувати у вигляді конуса з прямими твірними. Робочі органи з такими ґрунтоносами елементами мають низьку енергоємність, а самі елементи прості у виготовленні.

Проведені порівняння робочих органів землерийних машин безперервної дії з ґрунтоносами елементами, що виконані у вигляді частини еліптичного конуса, з іншими робочими органами землерийних

машин безперервної дії дали можливість визначити раціональні області умов експлуатації (діаметр робочого органа $D=0,4\dots 1,2$ м, частота обертання $\omega=60\dots 200$ с⁻¹, дальність викидання ґрунту $X=5\dots 20$ м), при яких цей робочий орган доцільно застосовувати.

Ґрунтовиносні елементи повинні бути виконані у вигляді конуса з прямими твірними. Робочі органи з такими ґрунтовиносними елементами мають енергоємність розробки ґрунту $E=81,25$ Вт·год/м³ при частоті обертання $\omega=20$ с⁻¹. Експериментально визначено оптимальний кут нахилу твірної конуса. Він повинен лежати у межах $40^0\dots 50^0$.

Синтез навісок динамічних робочих органів дозволяє визначити оптимальну траєкторію заглиблення робочого органа і виведення його в транспортне положення, що послужило підставою для вибору раціональних лінійних розмірів елементів навіски. Конструкція навіски з вертикальним заглибленням робочого органа дозволяє максимально реалізувати тягове зусилля базової машини за рахунок забезпечення максимального зчеплення рушіїв з ґрунтом.

В останній час все більше розповсюдження отримують навісні пристрої у вигляді шарнірно-важільних механізмів, які відрізняються високою надійністю [11, 12]. Рухомість механізмів відносно базової машини забезпечується гідроциліндрами двосторонньої дії, які працюють від гідросистеми базової машини.

Обмежено застосовують комбіновані конструкції обладнання для розробки ґрунту, які містять поряд з шарнірно-важільними з'єднання іншого виду: кулачкові пари для регулювання кута нахилу робочого органа, зубчасте зчеплення для регулювання глибини руйнування ґрунту, гнучкі зв'язки, які обумовлені наявністю пристроїв, що амортизують, та канатів.

При всієї різноманітності конструктивних схем в основному застосовують механізми навісних пристроїв з нерегульованим та регульованим кутом робочого органа у трьох-, чотирьох- та багатоланковому виконанні.

Найбільш простим є триланковий навісний пристрій з одним ступенем рухомості, робочий орган в якому приєднано до базової машини завдяки тяговій рамі та гідроциліндрам підйому – опускання.

Широке застосування отримали паралелограмні навісні пристрої. Ланки навісного пристрою кріплять, як правило, до корпусу заднього моста. Робоче обладнання виконано у вигляді паралелограмного механізму, одна з ланок якого – стояк робочого органа з робочою балкою. Для забезпечення великих напірних зусиль гідроциліндри у ряді випадків встановлені діагонально штоками донизу.

Паралелограмний навісний пристрій дуже ефективний при розробці розбірно-скельних та мерзлих ґрунтів. Особливістю пристрою є те, що для руйнування міцних ґрунтів шарового залягання можна використовувати гідравлічні циліндри підйому-опускання. Така конструкція забезпечує краще зчеплення базової машини з ґрунтом.

В останні роки в Україні та за кордоном випускають чотирьохланкові навісні пристрої, які відрізняються від паралелограмних тим, що протилежні ланки можуть мати різну довжину.

Аналіз існуючого навісного обладнання показує, що воно є достатньо складним за своєю конструкцією, має невисоку надійність при розробці ґрунтів з твердими включеннями та не дає можливості достатнього варіювання розмірів траншей [11, 12]. У зв'язку з цим пропонується конструкція дискового навісного обладнання, що дозволяє створювати траншеї різного профілю і максимально реалізувати напірні зусилля машини [11].

Поставлена задача вирішується тим, що навісне обладнання (рис. 4) землерийної машини неперервної дії має встановлену на вертикальному стояку 1 раму 2 з можливістю повороту у вертикальній площині, до якої за допомогою пальців 9 навішується підвіска 4 з робочим органом 8, яка має можливість повороту у вертикальній площині та повороту робочого органа у плані. Підвіска містить вбудований редуктор приводу робочого органа 7 від гідравлічного двигуна. Механізм керування положенням

рами 6 та підвіски виконано у вигляді гідроциліндрів 3 та 5, шарнірно зв'язаних з вертикальним стояком. Механізм керування положенням робочого органа виконано у вигляді гідроциліндрів, що встановлені на підвісці, при цьому гідроциліндри встановлені по різні боки від осі напрямку руху землерийної машини.

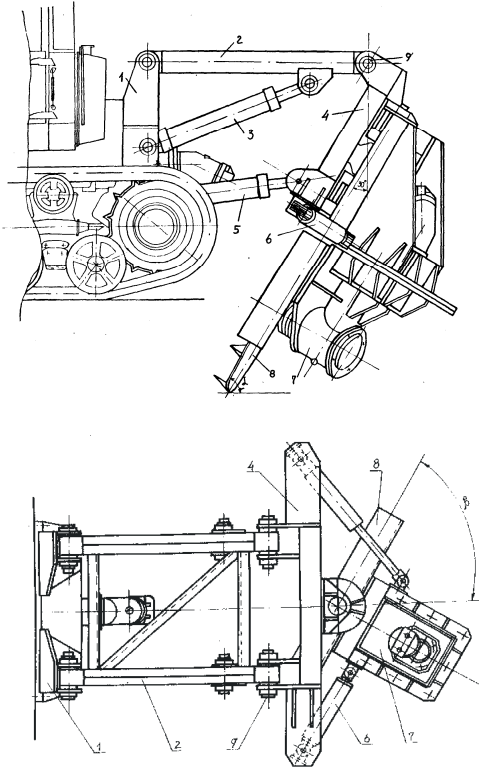


Рис. 4. Навісне обладнання землерийної машини

Fig. 4. Hanging equipment of earthmover

Навісне обладнання працює наступним чином. При потребі розробки ґрунту та необхідності отримання траншеї змінної ширини гідроциліндри опускають раму та підвіску, заглиблюючи цим робочий орган у ґрунт. За допомогою гідроциліндрів при розробці траншеї змінюється кут нахилу α робочого органа, завдяки чому змінюється глибина траншеї. Для зміни ширини траншеї змінюється кут повороту β робочого органа у плані.

Навісне обладнання дає змогу розробляти траншеї змінного діаметра зі змінною глибиною різання, при цьому є можливість відокремленого або сумісного повороту

підвіски та робочого органа у вертикальній площині та в плані.

ВИСНОВКИ

Існуюче навісне обладнання не може в повному ступені врахувати весь спектр необхідних земляних робіт. Застосування запропонованого навісного обладнання дозволить досягнути найвищої реалізації можливостей базової машини та робочих органів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Баловнев В.И.* Повышение производительности машин для земляных работ: Производственное издание / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара – М.: Транспорт, 1992, – 136с.
2. *Ветров Ю.А.* Машины для специальных земляных работ / Ю.А. Ветров, В.Л. Баладинский – К.: Вища школа, 1980. – 192 с.
3. *Баладінський В.Л.* Машины для земляных работ: Підручник / В.Л. Баладінський, О.М. Гаркавенко, С.В. Кравець, І.В. Русан, А.В. Фомін – Рівне: Вид-во РДТУ, 1999. – 228 с.
4. *Горбатюк Є.В.* Створення робочого органа землерийної машини з орієнтованими потоками виносу ґрунту: Дис. ... канд. техн. наук. / Є.В. Горбатюк – К.: КНУБА, 2006. – 180 с.
5. *Горбатюк Є.В.* Високоєфективні малогабаритні машини для земляних робіт з високошвидкісними робочими органами / Є.В. Горбатюк, О.А. Тетерятник // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. збірник наукових праць, – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 69 – С. 71-74.
6. *Пелевін Л.Є.* Створення високопродуктивних робочих органів землерийних машин: монографія / Л.Є. Пелевін, Є.В. Горбатюк – К.: КНУБА, 2011. – 128с.
7. *Горбатюк Є.В.* Дослідження сил різання при руйнуванні ґрунту робочим органом з направленими потоками виносу ґрунту / Є.В. Горбатюк // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукраїнський міжвід. зб. наукових праць, 2000. – Вип. 56. – С.18-21.
8. *Фомін А.В.* Конусний робочий орган: Деклараційний патент на винахід №10951U. Україна. МКИ 7 E 02 F 5/08 / А.В. Фомін, О.О. Костенюк, О.А. Тетерятник, Г.І. Боконья, С.О. Макарович – №u200501000; Заявлено 04.02.2005; Опубл. 15.12.2005, Бюл. №12. – 2 с

9. *Фомін А.В.* Пат. 44563 А Україна, МКВ Е02F5/10/ Робочий орган землерийної машини / А.В. Фомін, Л.Є. Пелевін, О.О. Костенюк, В.П. Рашківський, О.А. Тетерятник – № 2001053502, заявл. 24.05.01, опубл. 15.02.02, бюл. № 2 – 2 с.
10. *Смірнов В.М.* Робочий орган землерийної машини безперервної дії: Деклараційний патент на винахід №36185А. Україна. МКИ 6 Е 02 F 5/08 / В.М. Смірнов, Л.Є. Пелевін, О.М. Гаркавенко, О.О. Костенюк, Є.В. Горбатюк – №99116175; Заявлено 12.11.1999; Опубл. 16.04.2001, Бюл. №3. – 5 с.
11. *Горбатюк Є.В.* Синтез навісок нових робочих органів з орієнтованими потоками виносу ґрунту / Є.В. Горбатюк // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. збірник наукових праць, – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 64. – С. 63-68.
12. *Смірнов В.М.* Оптимізація параметрів навісок дискових робочих органів / В.М. Смірнов, Л.Є. Пелевін, О.М. Гаркавенко // Гірн., будів., дор. та меліорат. машини: Республ. міжвід. науково-техн. зб., 1993. – Вип. 48 – С. 10-13.
6. *Pelevin L.Є., Gorbatjuk E.V.* 2011. Stvorennja visokoproduktivnih robochih organiv zemlerijnih mashin [Creation of high-performance working organs of earthmovers]. Kyiv, KNUBA, 128.
7. *Gorbatjuk E.V.* 2000. Doslidzhennja sil rizannja pri rujnuvanni gruntu robochim organom z napravlenimi potokami vinosu gruntu [Research of cutting forces at destruction of soil by a working organ with the directed streams of bearing-out of soil]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini, [Mining, constructional, road and melioration machines], No.56, 18-21. - (in Ukrainian)
8. *Fomin A.V., Kostenjuk O.O., Teterjatnik O.A., Bokovnja G.I., Makarovich S.O.* 2005. Konusnij robochij organ [Cone working organ]. Patent Ukraine No.10951U, 2.
9. *Fomin A.V., Pelevin L.Є., Kostenjuk O.O., Rashkivs'kij V.P., Teterjatnik O.A.* 2002. Robochij organ zemlerijної машини [Working organ of earthmover]. Patent Ukraine No.44563 A, 2.
10. *Smirnov V.M., Pelevin L.Є., Garkavenko O.M., Kostenjuk O.O., Gorbatjuk E.V.* 2001. Robochij organ zemlerijної машини bezperervnoi дії [Working organ of earthmover of continuous action]. Patent Ukraine No.36185A, 5.
11. *Gorbatjuk E.V.* 2004. Sintez navisok novih robochih organiv z orientovanimi potokami vinosu gruntu [A synthesis of hinge-plates of new working organs is with the oriented streams of bearing-out of soil]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini, [Mining, constructional, road and melioration machines], no. 64, Kyiv, KNUBA, 63-68.
12. *Smirnov V.M., Pelevin L.Є., Garkavenko O.M.* 1993. Optimizacija parametriv navisok diskovih robochih organiv [Optimization of parameters of навісок of disk working organs]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini, [Mining, constructional, road and melioration machines], No.48, 10-13. – (in Ukrainian)

REFERENCES

1. *Balovnev V.I., Khmara L.A.* 1992. Povyshenie proizvoditel'nosti mashin dlja zemljanyh robot [Increase of the productivity of machines for earthmovings]. Moscow, Transport, 136.
2. *Vetrov Ju.A., Baladinskij V.L.* 1980. Mashiny dlja special'nyh zemljanyh robot [Machines for the special earthmovings]. Kyiv, Vishha shkola, 192.
3. *Baladins'kij V.L., Garkavenko O.M., Kravec' S.V., Rusan I.V., Fomin A.V.* 1999. Mashini dlja zemljanih robot [Machines are for earthmovings]. Rivne, RDTU, 228.
4. *Gorbatjuk E.V.* 2006. Stvorennja robochogo organu zemlerijної машини z orientovanimi potokami vinosu gruntu [Creation of working organ of earthmover is with the oriented streams of bearing-out of soil]. Kyiv, KNUBA, Dis. kand. tehn. nauk, 180.
5. *Gorbatjuk E.V., Teterjatnik O.A.* 2007. Visokoefektivni malogabaritni mashini dlja zemljanih robot z visokoshvidkisnimi robochimi organami [High-efficiency small machines are for earthmovings with high-speed working organs]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini, [Mining, constructional, road and melioration machines], No.69, 71-74. - (in Ukrainian)

