

УДК 621.879.328

## ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВЧИХ РОБІТ ПРИ ВИКОННАННІ ТРАНШЕЙ

ШАТОВ С. В.<sup>1</sup>, *д.т.н, доц.*КЛИМЕНКО А. А.<sup>2\*</sup>, *магістрант*

<sup>1</sup> Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547.

<sup>2\*</sup> Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-33-73, e-mail: sdm@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8319-6224.

**Анотація. Постановка проблеми.** Одним із видів виробництва земляних робіт є виконання траншей під різноманітні інженерні споруди та технологічні комунікації. У військовій справі є значна необхідність у подібних роботах при виконанні окопів для укриття особистого складу та траншей для розташування техніки. У разі виробництва робіт взимку, ґрунти мають значно вищі показники механічних властивостей у порівнянні з іншими періодами року. Для розробки мерзлих та міцних ґрунтів використовують розпушники, які виконують підготовчі роботи з розпушення таких ґрунтів перед роботою основних землерійних машин (екскаваторів). За вимогами виробництва траншей для воєнних дій їх бокові поверхні потрібно виконувати вертикально або з малим нахилом, що існуючі розпушники не виконують. **Мета.** Розробка пропозицій з удосконалення розпушників для підвищення ефективності підготовчих робіт при виконанні траншей. **Висновок.** Виконання траншей у мерзлих та міцних ґрунтах пов'язано з необхідністю їх розробки розпушниками, зубці яких встановлені з нахилом. Використовування розпушників із зубцями з нахилом забезпечує виконання траншей з вертикальними поверхнями та підвищує продуктивність у 8,5...9,0 разів ніж традиційні розпушники.

*Ключові слова:* траншеї, міцні ґрунти, розпушники, зубці з нахилом

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРАНШЕЙ

ШАТОВ С. В.<sup>1</sup>, *д.т.н, доц.*КЛИМЕНКО А. А.<sup>2\*</sup>, *магістрант*

<sup>1</sup> Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547.

<sup>2\*</sup> Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-33-73, e-mail: sdm@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8319-6224.

**Аннотация. Постановка проблемы.** Одним из видов производства земляных работ есть выполнение траншей под разнообразные инженерные сооружения и технологические коммуникации. В военном деле имеется значительная необходимость в подобных работах при выполнении окопов для укрытия личного состава и траншей для расположения техники. В случае производства работ зимой, ґрунты имеют более высокие показатели механических свойств в сравнении с другими периодами года. Для разработки мерзлых и прочных ґрунтов используют рыхлители, которые выполняют подготовительные работы по рыхлению таких ґрунтов перед работой основных землеройных машин (экскаваторов). По требованиям производства траншей для военных действий их боковые поверхности нужно выполнять вертикально или с малым наклоном, что существующие рыхлители не выполняют. **Цель.** Разработка предложений по усовершенствованию рыхлителей для повышения эффективности подготовительных работ при выполнении траншей. **Вывод.** Выполнение траншей в мерзлых и прочных ґрунтах связано с необходимостью их разработки рыхлителями, зубья которых установлены под наклоном. Использование рыхлителей с зубьями под наклоном обеспечивает выполнение траншей с вертикальными поверхностями и повышает производительность в 8,5...9,0 разы в сравнении с традиционными рыхлителями.

*Ключевые слова:* траншеи, прочные ґрунты, рыхлители, зубья с наклоном.

## EQUIPMENT FOR PREPARATORY WORKS AT IMPLEMENTATION OF TRENCHES

SHATOV S. V.<sup>1</sup>, *Doctor of Technical Sciences, As. Professor.*

KLIMENKO A. A.<sup>2\*</sup>, *Master's Degree.*

<sup>1</sup> Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547.

<sup>2\*</sup> Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: sdm@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-8319-6224.

**Summary. Raising of problem.** One of types of production of earthworks there is implementation of trenches under various engineering's buildings and technological communications. In military business there is a considerable necessity for similar works at implementation of trenches for shelter of personnel and trenches for the location of technique. In the case of production of works in winter, soils have considerably higher indexes of mechanical properties in comparing to other periods of year. For development of the frozen and strong soils utilize bulldozers-rippers which execute preparatory works from loosening of such soils before work of basic earthmovers (power-shovels). After the requirements of production of trenches for military operations them lateral surfaces need to be executed speak or with small inclination, that existent bulldozers-rippers do not execute. **Purpose.** Development of suggestions from the improvement of rippers for the increase of efficiency of preparatory works at implementation of trenches. **Conclusion.** Implementation of trenches in the frozen and strong soils is related to the necessity of their development rippers indents of which establishment rakish. The use of rippers with indents rakish provides implementation of trenches with vertical surfaces and promotes the productivity in 8,5,9,0 times in comparing to rippers of traditional construction.

*Keywords:* there are trenches, strong soils, rippers, indents rakish.

**Проблема.** Одним із видів виробництва земляних робіт є виконання траншей під різноманітні інженерні споруди та технологічні комунікації. У військовій справі є значна необхідність у подібних роботах при виконанні окопів для укриття особистого складу та траншей для розташування техніки. Ці види земляних робіт можуть виконуватися у різні пори року. У разі виробництва робіт взимку, ґрунти мають значно вищі показники механічних властивостей, у першу чергу з міцності, у порівнянні з іншими періодами року. Це призводить до підвищення енергоємності та вартості виконання земляних робіт традиційною технікою: одноківшовими екскаваторами, скреперами траншеєкопачами, бульдозерами. Тому створення машин і обладнання для ефективної розробки мерзлих та міцних ґрунтів при виконанні траншей є актуальною науково – технічною задачею сьогодення.

**Аналіз публікацій.** У промисловому та цивільному будівництві виконання траншей передбачає розробку виїмки в ґрунті. В залежності від проектних вимог, траншей виконуються необхідного перерізу за

формою та розмірами (рис. 1). Як правило, ґрунт вилучений з траншеї укладається поруч з нею з одної або двох сторін для зворотної засипки після укладки інженерних комунікацій [1, 7, 12]. Відстань відсипки ґрунту від траншеї обумовлюється конструктивними особливостями землерийних машин та їх параметрами.

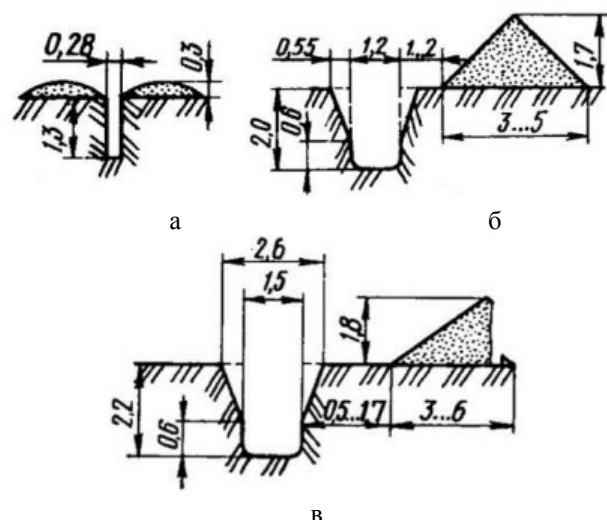


Рис. 1. Схеми траншей при будівельних роботах, м:  
а – прямокутна; б, в – трапецевидна.

У військовій справі траншеї для укриття особистого складу мають такі елементи (рис. 2): рів 1 з брустверами 2 і 3 та бермою

4 [3, 9]. Рів 1 має стінки 5 та дно 6. Прямий бруствер 2 з напрямку дії противника має більшу висоту (до 0,6 м) ніж тильний бруствер 3 (до 0,4 м). Берма 4 запобігає осипанню ґрунту з брустверів 2 та 3 у рів 1. Траншеї виконують за двома типами: нормального профілю та повного профілю. Траншеї нормального профілю мають глибину 1,10 м, а повного профілю – 1,5 м. Вибір типу траншеї залежить від наявності часу на її виконання. Звичайно спочатку викопують траншею глибиною 1,1 м, а потім її заглиблюють до 1,5 м. Ширина траншеї зверху складає від 0,9 м до 1,2 м та залежить від властивостей ґрунту: для більш міцного ширина наближується до 0,9 м, а для сипких ґрунтів - 1,2 м. Ширину траншеї зверху намагаються роботи вузькою для

зменшення ймовірності влучення в неї снарядів та мін. Для закріплення вертикальних або стінок з малим нахилом використовують деревину – жердини, бруси, дошки (рис. 3, б). Це збільшує час виконання траншей, але підвищує їх захисні властивості та зменшує витрати на їх підтримання у відповідному стані.

При відсутності засобів механізації траншеї викопує особистий склад військових формувань або волонтери та населення (рис. 3, а). Трудовитрати (у ґрунті I...III категорії) для одного погонного метру траншеї нормального профілю складають 0,8 люд.год (об'єм ґрунту 0,8 м<sup>3</sup>), а для одного погонного метру траншеї повного профілю - 1,2 люд.год (об'єм ґрунту 1,1 м<sup>3</sup>).

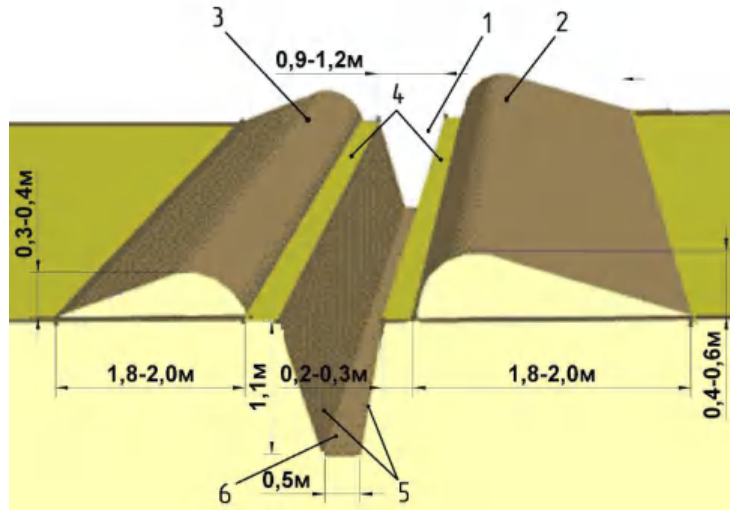


Рис. 2. Схема траншеї нормального профілю для укриття особистого складу військових формувань



а



б

Рис. 3. Виконання траншеї: а – викопування особистим складом; б – із закріпленнями стінок.

Для механізованої розробки траншей використовують багатоківшеві та одноківшеві екскаватори, роторно-метальні

машини, малогабаритне обладнання [5, 10]. Багатоківшеві екскаватори (рис. 4, а, б) та роторно-метальні машини (рис. 4, в, г)

встановлюють на гусеничних та колісних машинах сільськогосподарського і спеціального призначення. Вони мають значну продуктивність та забезпечують високу якість виконаних траншей, але

енергоємні. Їх доцільно використовувати при значних обсягах робіт. Роторно-металеві машини використовують при утворенні траншей великого перерізу.



Рис. 4. Машини для виконання траншей: а, б – багатокішцеві екскаватори; в – роторно-металеві машини.

Однокішцеві екскаватори (рис. 5) більш універсальні машини ніж техніка безперервної дії й можуть використовуватися для викопування траншей, як значної протяжності, так із невеликим обсягом землерийних робіт [10]. Ці машини також дозволяють робити

інженере облаштування траншей: виконувати місця для спостереження за противником та ведення бойових дій. Однокішцеві екскаватори маневрені і це дозволяє ефективно виконувати траншеї з ділянками під різними кутами (рис. 5, а).

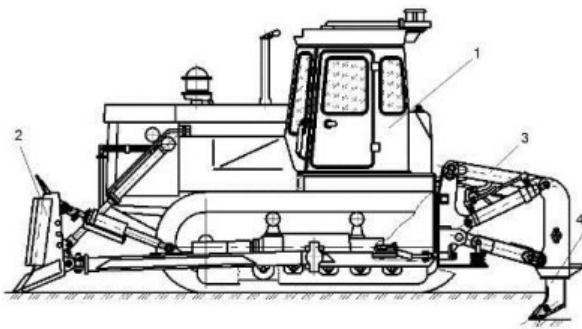


Рис. 5. Однокішцеві екскаватори на базі ходового обладнання: а, б, в – колісного; г – спеціального гусеничного.

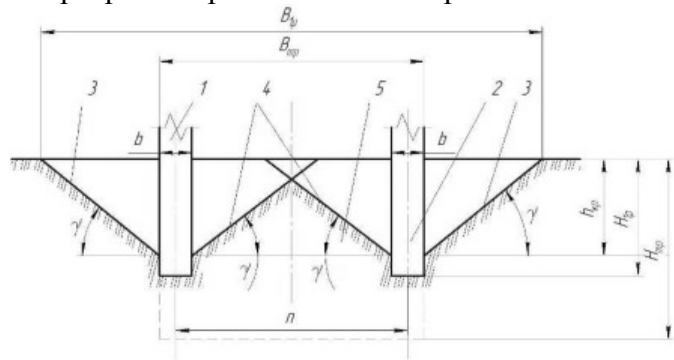
Колісні однокішцеві екскаватори самостійно переїжджають на інше місце виробництва робіт та не потребують додаткової транспортної техніки (рис. 5, в). Ці землерийні машини можуть

використовувати різноманітні види змінного робочого обладнання, що забезпечує виконання інших видів робіт: вантажопідйомних, планувальних тощо.

Недоліком машин для виконання траншей є низька ефективність або неможливість їх використання у зимовий період та на розробці міцних ґрунтів (граніти, вапняки). У зимовий період міцність ґрунтів збільшується у 30...40 разів. Для розробки мерзлих та міцних ґрунтів використовують бульдозери-розпушники [2; 4; 8; 11; 13; 14], які виконують підготовчі роботи з розпушення таких ґрунтів перед роботою основних землерийних машин (екскаваторів). За вимогами виробництва траншей для воєнних дій їх бокові поверхні потрібно виконувати вертикально або з малим нахилом, що існуючі розпушники не виконують. Тому необхідно удосконалити робоче обладнання розпушника з метою отримання розпушеної зони ґрунту з вертикальними боковими поверхнями.



а



б

Рис. 6. Розробка мерзлих та міцних ґрунтів бульдозером-розпушником:

а – загальний вигляд: 1 - трактор; 2 - бульдозер; 3 - розпушник; 4 - зубці;

б – схема розробки ґрунтів: 1, 2 - зубці; 3 - бокові поверхні прорізі; 4 - внутрішні поверхні прорізі; 5 - нерозпушена зона.

Для виконання розпушеної зони ґрунту з найменшим нахилом бокових поверхонь 3 (рис. 7, б) запропоновано встановлювати зубці 1 та 2 розпушника під кутом  $\beta$  відносно вертикалі [6]. Це призводить до розробки міцних ґрунтів із створенням зруйнованої зони ґрунту з нахилом бокових поверхонь 3 під кутом  $\gamma + \beta$ .

Розрахунок та аналіз взаємодії з ґрунтом робочих органів розпушників традиційної конструкції й обладнання із зубцями з нахилом показав, що об'єм непродуктивно

**Метою** досліджень є розробка пропозицій з удосконалення розпушників для підвищення ефективності підготовчих робіт при виконанні траншей.

**Результати дослідження.** В існуючих розпушниках зубці 4 (рис. 6, а) встановлені вертикально. Відстань  $n$  (рис. 6, б) між зубцями 1 та 2 повинна бути:

$$n = B_{гр} - b, \quad (1)$$

де  $B_{гр}$  - проектна ширина у верхній частині траншеї;

$b$  – ширина зуба або його наконечника.

При розробці мерзлих та міцних ґрунтів утворюється розпушена зона з боковими поверхнями 3 під кутом  $\gamma$ , ширина  $B_{гр}$  яких значна більша ніж проектна ширина  $B_{гр}$  у верхній частині траншеї. Крім того, між зубцями 1 та 2 залишається зона 5 нерозпушеного ґрунту, яка збільшує опір розробки траншеї екскаватором.

розпушеного ґрунту у бокових поверхнях прорізі у 2,8...3,0 разів менший для розпушників із зубцями з нахилом.

Нахил зубців 1 та 2 також призводить до руйнування ґрунту між ними у внутрішній поверхні прорізі 4. Продуктивність розпушників із зубцями з нахилом у 8,5...9,0 разів більша ніж розпушників традиційної конструкції. Це також покращує наступну екскавацію розпушеного ґрунту землерийною технікою.

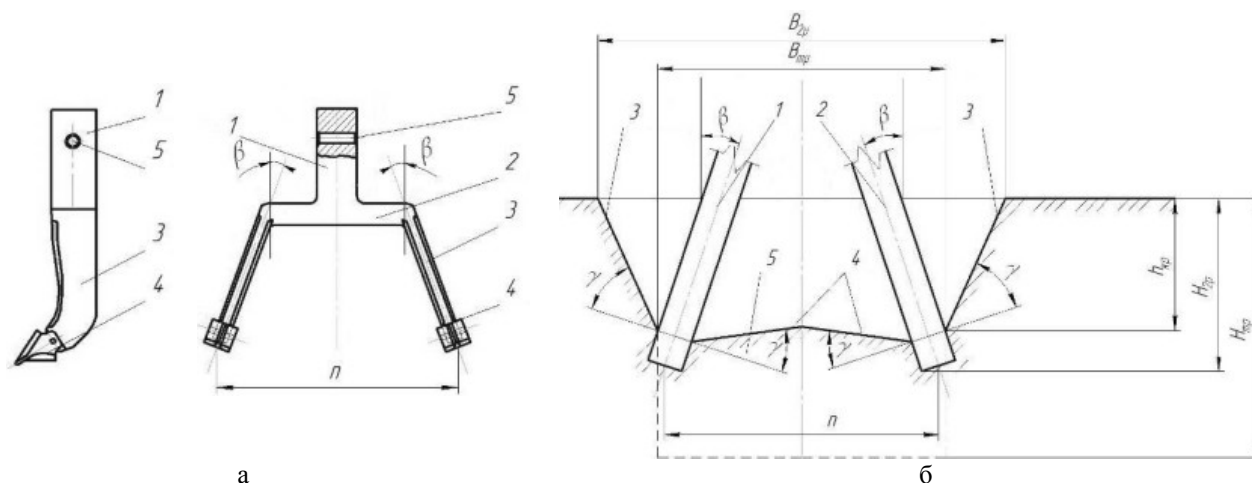


Рис. 7. Розробка ґрунтів розпушником із зубцями з нахилом:

а – робочий орган: 1 - стійка; 2 - консоль; 3 - зубці; 4 – наконечник; 5 – отвір кріплення;

б - схема розробки ґрунтів: 1, 2 - зубці; 3 - бокові поверхні прорізи; 4 - внутрішні поверхні прорізи; 5 - нерозпушена зона.

**Висновки.** 1. Виконання траншей у мерзлих та міцних ґрунтах пов'язано з необхідністю їх розробки розпушниками, зубці яких встановленні з нахилом.

2. Використовування розпушників із зубцями з нахилом забезпечує виконання

траншей з вертикальними поверхнями та підвищує продуктивність у 8,5...9,0 разів у порівнянні з розпушниками традиційної конструкції.

### ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гарбузов З. Е. Эскаваторы непрерывного действия / З. Е. Гарбузов, В. М. Донской – М.: Высш. школа, 1987. – 288 с.
2. Захарчук Б. З. Бульдозеры и рыхлители / Б. З. Захарчук, В. Д. Телушкин, Г. А. Шлойдо, А. А. Яркин. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
3. Калибернов Е. С. Справочник офицера инженерных войск / Е. С. Калибернов – М.: Воен. изд-во, 1989. – 324 с.
4. Кузнецова В. Н. Экспериментальные исследования нагружения зуба рыхлителя при разработке мерзлых грунтов / В. Н. Кузнецова, Р. А. Мартюков // Строительные и дорожные машины, 2006. - № 4. - С. 35-37.
5. Машины для земляных работ: підручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 548 с.
6. Пат. 5275 України, МПК E02F 5/32. Навісне обладнання розпушувача / Хмара Л. А., Шатов С. В., Главацький К. Ц., Лаздон В. С. (Україна) ; заявник та патентовласник Хмара Л. А. - № 94250576; заявл. 26.04.1993; опубл. 28.12.1994, Бюл. № 7. – 4 с.
7. Производство земляных работ. Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. СП 104-34-96. – М.: Минстрой РФ, 1996. – 28 с.
8. Растегаев И. К. . Машины для вечномерзлых грунтов / И. К. Растегаев – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
9. Руководство по войсковым фортификационным сооружениям. - М.: Воен. изд-во, 1989. – 112 с.
10. Строительная, дорожная и специальная техника отечественного производства. Краткий справочник / А. А. Глазков, Н. А. Манаков, А. В. Панкратов – М.: ЗАО «Бизнес-Арсенал», 2000. – 816 с.
11. Техничко-експлуатаційна характеристика машин фірми «Caterpillar». Справочник. – Иллинойс, США: Caterpillar Inc. – 1999. – 724 с.
12. Технологія будівельного виробництва (Книга 1: загальні відомості про будівництво, роботи підготовчого періоду, земляні роботи та ін.): навчальний посібник / О. М. Лівінський, В. С. Дорофеев, С. А. Ушацький та ін. – К.: УАН, “МП Леся”, 2012. – 416 с.
13. Хмара Л. А. Рыхлитель с последовательным расположением зубьев / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Строительные и дорожные машины, 1989. - № 2. - С. 11-13.
14. Хмара Л. А. Эксплуатационные испытания рыхлителя с рабочим органом ступенчатого типа / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1987. - № 6. - С. 104-107.

## REFERENCES

1. Garbuzov Z.E. and Doskoij V.M. *Ekskavatori neprerivnogo dejstvya* [Power-shovels of continuous action]. Moscow: Higher school, 1987, 288 p. (in Russian).
2. Zakharchuk B.Z., Telushkin V.D, Shloydo G.A. and Yarkin A.A. *Buldozeri i richliteli* [Bulldozers and rippers]. Moscow: Mashynostroenye Publ, 1987, 240 p. (in Russian).
3. Kalibernov E.S. *Spravochnik oficera inzhnirnich voysk* [Reference book officer of engineering troops]. Moscow: Military Publ, 1987, 288 p. (in Russian).
4. Kuznecova V.N. and Martuyukov R.A. *Eksperimentalni isledovaniya nagrugtniya zuba richlitya pri razrabotke merzlich gruntov* [Eksperimental researches of lading of tooth of rippers at development of the frozen soils]. *Stroitelni i dorogni mashini* [Build and travelling machines]. 2006, no. 4, pp. 35-37. (in Russian).
5. Khmara L. A., Kravets S.V. and Skobluk N.P. *Mashini dlya zemlyanich robot* [Machines are for earthworks: textbook]. Kharkov: KhNARU, 2014, 548 p. (in Ukrainian).
6. Khmara L.A., Shatov S.V., Glavackiy K.St., Lazdon V.C. [Hanging equipment of ripper]. Patent UA, no. 5275, 1994.
7. SP 104-34-96. *Svod pravil po sooruzheniu magistralnich gazoprovodov. Proizvodstvo zemlyanich robot* [A vault governed on building of main gas pipelines. Production of earthworks]. Moscow: Minstroy Russian Federation, 1996, 28 p. (in Russian).
8. Rastegaev I.K. *Mashini dlya vehnomerzlich gruntov* [Machines for amictic soils]. Moscow: Mashynostroenye Publ, 1986, 216 p. (in Russian).
9. *Rukovodstvo po voyskovim fortikatsionim sooruzhenijam* [Guidance on military fortification buildings]. Moscow: Military Publ, 1989, 112 p. (in Russian).
10. Glazkov A.A., Manakov N.A. and Pankratov A.V. *Stroitel'naya, dorognaya i spetsial'naya tehnika oteshestvenogo proizvodstva. Kratkiy spravochnik* [Build, travelling and special technique of domestic production. Short reference book ]. Moskow: Business-Arsenal, 2000, 816 p. (in Russian).
11. *Techniko-ekspluatatsionni charakteristiki mashin firmi Caterpillar. Spravochnik* [Tekhniko and operating description of machines of firm «Caterpillar». Reference book]. Caterpillar Inc., 1999, 724 p. (in USA).
12. Livinskiy O.M., Dorofeev V.S. and Ushackiy S.A. *Technologia budivelnogo budivnistva. Kniga 1: zagalni vidomosti pro budivnistvo, roboti pidgotovshogo periodu, zemlyani roboti* [Technology of a build production (Vol. 1: general information about building, robots of setup time, earthen robots): train aid ]. Kyiv: UAN, MP Lesya, 2012, 416 p. (in Ukrainian).
13. Khmara L.A. and Shatov S.V. *Richlitel s posledovatelnim raspologeniem zubev* [Rippers with the successive location of toothes]. *Stroitelni i dorogni mashini* [Build and travelling machines]. 1989, no. 2, pp. 104-107. (in Russian).
14. Khmara L.A. and Shatov S.V. *Ekspluatatsionni ispitaniya richlitya s robochim organom stupenchatogo tipa* [Operating tests of ripper with the working organ of step type]. *Stroitelstvo i arhitektura* [Building and architecture]. 1987, no. 6, pp. 11-13. (in Russian).