

УДК 624.132.3

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КРИТИЧНОГЛИБИННИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ БАГАТОСКРЕБКОВИХ ЛАНЦЮГОВИХ ТРАНШЕЙНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

КОСЯК О.В.¹ к. т. н., старший викладач.ГАПОНОВ О.О.² аспірант.ПУХТАЄВИЧ О.І.³ магістр.

¹ Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання (БДМСМіО), Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.

² Кафедра будівельних і дорожніх машин (БДМ), Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002, тел. +38 (063) 288-56-87, e-mail: alef(at)khadi.kharkov(dot)ua, ORCID ID: 0002-7853-3005.

³ Навчально-науковий механічний інститут (ННМІ), Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33000, тел. +38 (097) 305-84-98, e-mail: pukhtajevych_m13@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8543-112X.

Анотація. *Постановка проблеми.* Схему розстановки різців ланцюгових траншейних екскаваторів вибирають, як правило, тільки від ширини траншеї та форми різців, що не забезпечує мінімальну енергоємність робочого процесу та максимальну продуктивність машини. **Метою статті** є розробка класифікаційної блок-схеми розстановки ґрунторозробних і транспортуючих елементів та проведення аналізу досліджень методики проектування і створення багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів.

Ключові слова: багатоскребкові траншейні екскаватори, руйнування ґрунту, різці, енергоємність, критична глибина, робочий орган, різання, ґрунтові умови, робочий процес.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ КРИТИЧЕСКИГЛУБИННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МНОГОСКРЕБКОВЫХ ЦЕПНЫХ ТРАНШЕЙНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

КОСЯК А.В.¹ к. т. н., старший преподаватель.ГАПОНОВ А.А.² аспирант.ПУХТАЕВИЧ А.И.³ магистр.

¹ Кафедра строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования (СДМСМіО), Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.

² Кафедра строительных и дорожных машин (СДМ), Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (ХНАДУ), ул. Ярослава Мудрого, 25, г. Харьков, Украина, 61002, тел. +38 (063) 288-56-87, e-mail: alef(at)khadi.kharkov(dot)ua, ORCID ID: 0002-7853-3005.

³ Учебно-научный механический институт (УНМИ), Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), ул. Соборная, 11, г. Ровно, Украина, 33000, тел. +38 (097) 305-84-98, e-mail: pukhtajevych_m13@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8543-112X.

Аннотация. *Постановка проблемы.* Схему расстановки резцов цепных траншейных экскаваторов выбирают, как правило, только от ширины траншеи и формы резцов, не обеспечивая минимальной энергоёмкости рабочего процесса и максимальной производительности машины. **Целью статьи** является разработка классификационной блок-схемы расстановки ґрунторазрабатываемых и транспортирующих элементов, а также проведения анализа исследований методики проектирования и создания многоскребковых цепных траншейных экскаваторов.

Ключевые слова: многоскребковые траншейные экскаваторы, разрушение ґрунта, резцы, энергоёмкость, критическая глубина, рабочий орган, резцы, ґрунтовые условия, рабочий процесс.

PRECAUTIONS FOR CREATING CRITICAL-GREEN MODES OF WORK OF MULTIFUNCTIONAL CHANNEL TRANSPARENT EXCAVATORS

KOSIAK A.V.¹ Cand. Sc, Senior Lecturer.

GAPONOV A.A.² graduate student.

PUKHTAEVICH A.I.³ Master's degree.

¹ Department of Construction, Road, Reclamation, Agricultural Machinery and Equipment (CRRAME), National University of Water Management and Nature Management (NUWNM), st. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33000, tel. +38 (067) 360-23-59, e-mail: o.v.kosiak@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0653-3994.

² Department of Construction and Road Vehicles (CRV), Kharkiv National Automobile and Road University (KhNARU), st. Yaroslav the Wise, 25, Kharkov, Ukraine, 61002, tel. +38 (063) 288-56-87, e-mail: alef(at)khadi.kharkov(dot)ua, ORCID ID: 0002-7853-3005.

³ Educational and Scientific Mechanical Institute (ESMI), National University of Water Management and Nature Management (NUWNM), ul. Soborna, 11, Rivne, Ukraine, 33000, tel. +38 (097) 305-84-98, e-mail: pukhtajevych_m13@nuwm.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8543-112X.

Summary. Raising of problem. The scheme of the arrangement of cutters of chain trench excavators is usually chosen only from the width of the trench and the shape of the incisors, which does not provide the minimum energy of the working process and the maximum productivity of the machine. **Purpose** is the development of a classification block diagram of placement of soil-digging and transporting elements and conducting analysis of studies of design techniques and the creation of multi-slip chains trench excavators.

Key words: multi-skid trench excavators, soil destruction, cutters, energy intensity, critical depth, working body, cutting, soil conditions, working process.

Актуальність проблеми. Робочі органи ланцюгових багатоскребкових траншейних екскаваторів представляють собою систему тягових ланцюгів і скребків (балок), на яких у визначеному порядку розставлені та закріплені різці з відомими геометричними параметрами. Схему розстановки різців вибирають, як правило, тільки від ширини траншеї та форми різців, що не забезпечує мінімальну енергоємність робочого процесу та максимальну продуктивність машини.

Аналіз публікацій. Дослідженням та створенням конструкцій скребкових екскаваторів безперервної дії поздовжнього копання займалися: М.Г. Домбровський [3], В.Д. Мусійко [1, 2], Ю.О. Ветров [6], В.А. Румянцев [7], В.К. Ільгісоніс [8], О.В. Биков [9], І.Л. Ципурський [10], І.І. Родін [11], Г.В. Гумбург [12], Е.А. Джангулян [13], В.Г. Зедгенізов [14], В.І. Ковальова [15], В.І. Міронов [16], А.Н. Стрельников [17], В.В. Суріков [18], Б.Н. Токарев [19], Н.Б. Мартинова [20], В.А. Слєпченко [21], А.Н. Школьний [22], А.Б. Лєтопольскій [23] та інші. Аналіз досліджень показав, що на сьогоднішній день не існує методики проектування та створення траншейних екскаваторів, які б забезпечували критичну глибину різання, мінімальну енергоємність робочого процесу та максимальну продуктивність машини в залежності від ґрунтових умов і геометричних параметрів різця.

Метою статті є розробка класифікаційної блок-схеми розстановки ґрунторозробних і транспортуючих елементів та проведення аналізу досліджень методики проектування та створення багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів.

Основний матеріал. Багатоскребковими ланцюговими траншейними екскаваторами

виконуються наступні роботи: прокладання оптико-волоконних кабелів; копання вузьких траншей для водо - та газопостачання; прокладання каналізаційних мереж та труб великих діаметрів; будівництво закритого дренажа у сільському господарстві; розроблювання траншей для магістральних газу – та нафтопроводів [1].

Сучасні ланцюгово-скребкові траншейні екскаватори випускаються багатьма світовими фірмами такими як [1]: Case Corporation (США), Astec Industries, Inc. (США), Tesmes (Італія), The Charles Machine Works (США), Trencor (США), Vermeer (США), Mastenbroek та Hollandrain (Голандія), ВАТ „Ирмаш” (Росія), „Таллекс” (Естонія), Дмитровський екскаваторний завод (Росія) та інші. Розробляють траншеї шириною від 0,1 до 5,0 м і глибиною від 0,6 до 10,7 м. Швидкість ланцюга (швидкість різання) змінюється від 0,83 до 7,57 м/с. Робоча швидкість переміщення до 0,4 м/с.

Аналіз і узагальнення літературних та інших джерел інформації по конструкціях багатоскребкових екскаваторів [1...23] дозволило розробити класифікаційну блок-схему розстановки ґрунторозробних і транспортуючих елементів на ланцюгових багатоскребкових екскаваторах (рис. 1.).

Установлено [1], що від форми різців, їх кількості та розстановки залежить енергоємність, динамічні навантаження на ланцюги та продуктивність робочого процесу екскаватора.

Багатоскребкові ланцюги розробляють і транспортують ґрунт наступними способами (див. рис 1.):

1) роздільним – різці попередньо руйнують ґрунт по ширині траншеї, а наступні скребки транспортують зруйнований ґрунт на денну

поверхню;

2) сумісним – скрепки-різці одночасно руйнують і транспортують ґрунт до місця вивантаження;

3) комбінованим – здійснюється як по роздільному способу з тою різницею, що різці не тільки руйнують ґрунт але і частково його транспортують.

За висновками багатьох вчених сумісна схема (див. рис. 1, ж) розробки та транспортування ґрунтів є найбільш універсальною та оптимальною [1, 2].

Найбільш універсальними і ефективними для руйнування ґрунту є різці, що показані на рис 1, А, а для транспортування ґрунту – плоскі скрепки (див. рис. 1, Б). Суміщення їх в один вузол – скребок-різець, у якому основою для закріплення різців є плоский скребок (балка), є логічним, оскільки, такі різці мають мінімальну площу контакту з ґрунтом у процесі його руйнування.

Критерії раціональності розміщення різців [1] – енергоємність різання, для мінімуму якої необхідно забезпечити роботу крупним сколом, мінімальна динамічність навантажень на робочий орган, універсальність схеми, максимальна продуктивність або швидкість робочого руху машини при виборі схем розміщення різців не враховуються. Вибір схеми розміщення різців, їх кількість залежать, як правило, від ширини траншеї і форми різців [4], а не від ґрунтових умов і критеріїв раціональності розміщення різців. Це основний недолік існуючих методик вибору та розрахунку параметрів багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів.

У результаті проведених досліджень відомо [6], що збільшення глибини різання ножа до критичної глибини $h \leq h_{кр}$ призводить до зменшення енергоємності робочого процесу тому, що інтенсивність зростання опору різанню менша, ніж площа поперечного перерізу прорізу. При $h > h_{кр}$ інтенсивність зростання опору різанню ножа збільшується за рахунок запресовки ґрунту в бічні стінки прорізу, а площа руйнування зменшується внаслідок неможливості впливу на процес руйнування ґрунту денної поверхні. В результаті енергоємність робочого процесу підвищується.

Установлено, що відомі аналітично-експериментальні моделі взаємодії багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів з ґрунтом не визначають параметри і режими їх роботи на основі критичноглибинного різання ґрунтів, а тому не забезпечують мінімальну енергоємність і максимальну продуктивність робочого процесу. Тому В.Д. Мусійком [2] запропонована ідея критичноглибинного різання ґрунтів ланцюгово-скребковими екскаваторами, але вона не реалізована для конкретних типів ґрунтів через їх фізико-

механічні властивості та геометричні параметри різців. Для цього необхідні відповідні математичні моделі критичної глибини різання ґрунтів і довжини лемеша.

Найбільш достовірною для симетричного блокованого різання ґрунтів є математична модель С.В. Кравця [24], яка враховує просторовість взаємодії ножа з ґрунтом по Ю.О. Ветрову [6], геометричні параметри ножа та фізико-механічні властивості ґрунтів. Аналогічна модель отримана автором для напівблокованого різання [24].

У переважній більшості проаналізованих залежностей критична глибина різання прямопропорційна ширині різця, що дозволяє регулювати критичну глибину різання шириною різця.

Автором роботи [24] виведена аналітична модель для визначення довжини лемеша різця, що здійснює симетричне блоковане різання. Крайні бокові різці багатоскребкових траншейних екскаваторів працюють в умовах несиметричного блокування бокових граней різця. З однієї сторони бокова грань різця обмежена вертикальною стінкою траншеї, а з іншої різець взаємодіє з масивом ґрунту, утворюючи проріз з одностороннім розвалом, або не взаємодіє, як при вільному різанні. В першому випадку різець здійснює асиметричне блоковане різання, а в другому випадку – напівблоковане різання. Відмінність умов роботи середніх різців від крайніх бокових потребує визначення для бокових різців критичної глибини різання та довжини лемеша.

Енергетичні характеристики розробки ґрунтів (енергоємність) та продуктивність землерийних машин безперервної дії визначаються конструкцією та режимами роботи ґрунторозробних робочих органів. Зрозуміло, що величина енергоємності робочого процесу визначається також властивостями ґрунтів, що розробляються, можливостями варіювання співвідношення швидкостей подачі та різання ґрунту з метою вибору найвигіднішого режиму копання. Щоб забезпечити стабільну товщину стружки, що дорівнює критичній глибині різання, за умови зміни робочої швидкості подачі необхідно пропорційно змінювати швидкість різання ґрунту, забезпечуючи стабільність відношення цих швидкостей [1, 2].

Проведений аналіз досліджень показав, що не існує методики проектування та створення багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів, які б забезпечували критичну глибину різання, мінімальну енергоємність робочого процесу та максимальну продуктивність машини в залежності від ґрунтових умов і геометричних параметрів різця. Відомі дві методики визначення параметрів і режимів роботи багатоскребкових ланцюгових траншеєкопачів.

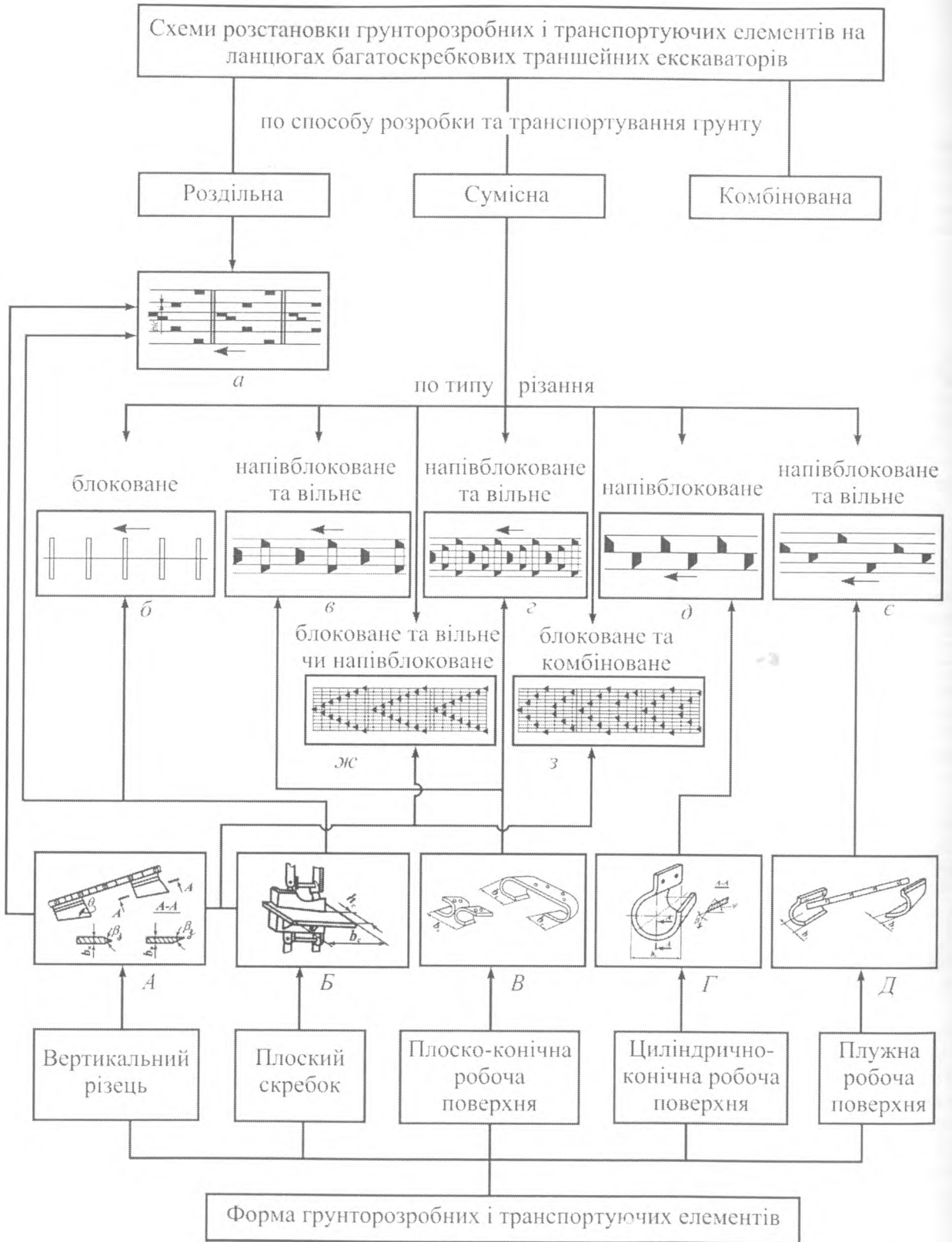


Рис. 1. Класифікаційна блок-схема розстановки ґрунторозробних і транспортуючих елементів на ланцюгах багатоскребоквих траншейних екскаваторів

Одна з них пропонує визначати конструктивні параметри різців на основі заданої потужності двигуна базової машини та параметрів траншеї [23]. Інша на основі технічної продуктивності, питомого опору копанню ґрунту та розмірів траншеї дозволяє визначити необхідну потужність двигуна базової машини [24]. Ці методи не гарантують, що робочий процес буде здійснюватися із споживанням мінімальної питомої енергоємності. Це стане можливим тоді, якщо всі різці, що знаходяться в забої, незалежно від типу різання та ґрунтових умов будуть здійснювати критичне різання [1, 2]. Такий режим роботи залежить від абсолютного значення та співвідношення швидкостей різання та подачі робочого органу в забій. У роботі [2] пропонується визначити оптимальний за конструкцією робочий

Висновок. 1. Ланцюгові багатоскребкові траншейні екскаватори розробляють ґрунт по сумісній, роздільній або комбінованій схемах, з яких найбільш універсальною є сумісна схема з плоскими транспортуємими скребками, на яких у певному порядку закріплені клиноподібні різці (зуби). Порядок розстановки різців вибирають, як правило, тільки від ширини траншеї та форми різців.

2. Відомі аналітично-експериментальні моделі взаємодії багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів з ґрунтом не визначають параметри і режими їх роботи на основі критичноглибинного різання ґрунтів, а тому не забезпечують мінімальну питому енергоємність і максимальну продуктивність робочого процесу.

3. Математичні моделі для визначення критичної глибини різання розроблені для блокуваного, напівблокуваного та комбінованого різання, яке здійснюють середні різці ланцюгових траншейних екскаваторів. Крайні бокові різці працюють в умовах блокування різця з однієї сторони вертикальною

органом, що забезпечує найбільшу швидкість подачі \mathcal{Q}_e в процесі копання траншеї заданих розмірів з визначеною швидкістю різання \mathcal{Q}_p , але ці швидкості не визначені в залежності від геометричних параметрів різців, умов розвантаження та фізико-механічних властивостей ґрунтів. Для ланцюгових багатоскребкових траншейних екскаваторів за умов гравітаційного розвантаження ґрунту рекомендується не максимально можлива, а необґрунтована раціональна швидкість $\mathcal{Q}_p = 1,25 \dots 2,5$ м/с. Вихідними (заданими) параметрами рекомендується приймати: ширину різця та параметри траншеї – ширину та глибину [2].

стілкою траншеї, а з іншої сторони ґрунтом, що руйнується з можливістю вільного виходу на денну поверхню. Несиметричне блокування крайніх бокових різців не дозволяє визначити їх критичну глибину різання та довжину лемеша різців за відомими моделями. Не визначені ці параметри для крайніх різців також і для напівблокуваного різання.

4. Відомі алгоритми визначення параметрів та режимів роботи багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів не дозволяють забезпечити мінімальну питому енергоємність робочого процесу та максимальну продуктивність машини в залежності від ґрунтових умов.

5. Необхідно розробити алгоритм визначення параметрів та режимів роботи на основі критичноглибинного різання ґрунтів всіма різцями, що знаходяться в забої, у залежності від їх геометричних параметрів, умов гравітаційного розвантаження скребоків та фізико-механічних властивостей ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мусійко В.Д. Екскаватори поздовжнього копання. Навч. посібник. – К.: НТУ, ЗАТ "Віпол", 2008. – 240 с.
2. Мусійко В.Д. Теорія та створення інноваційних землерійних машин безперервної дії: монографія К.: НТУ, СПД Чалчинська Н.В., 2016. – 208 с.
3. Домбровський Н.Г. Многоковшовые экскаваторы. Констр., теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1972. – 432 с.
4. Машини для земляних робіт. 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.
5. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ / В.В. Суриков, Б.А. Васильев, В.Б. Гантман и др.; под ред. В.В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 463 с.
6. Ветров Ю.А. Резание ґрунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 360 с.
7. Румянцев В.А. Траншейные экскаваторы / В.А. Румянцев, И.З. Фиглин. – М.: Машиностроение, 1980. – 102 с.
8. Фрейнкман И.Е. Ильгисонис В.К. Землеройные машины. – Л.: Машиностроение, 1972 – 320 с.
9. Быков А.В. Исследование конструктивно-кинематических параметров цепнобалочного рабочего органа универсальной землеройной машины : дис. ... канд. тех. наук / Быков Александр Владимирович. – К., 1986. – 205 с.
10. Домбровский Н.Г. Удельное усилие копания, развиваемое цепными траншейными экскаваторами / Н.Г. Домбровский И.Л. Ципурский // Известия вузов. – М., 1970. - №1 – С. 15 – 17
11. Родин И.И. Основы проектирования экскаваторов непрерывного действия: учебное пособие / И. И. Родин, Л. К. Соколов. – Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1987. – 224 с.
12. Гумбург Г.В. Исследование основных процессов при узкотраншейном строительстве закрытого

- дренажа в зоне осушения: Автореф. дис. канд. техн. наук / Г.В. Гумбург – Москва, 1973. – 15 с.
13. Джангулян Э.А. Исследование скребковых рабочих органов траншейных экскаваторов: автореф. дис... канд. техн. наук / Э.А. Джангулян. – Ленинград: ЛИСИ, 1966. – 20 с.
 14. Зедгенизов В.Г. Теоретические основы создания машин для прокладки гибких подземных коммуникаций: дис... докт. техн. наук. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – 232 с.
 15. Ковалев В.И. Исследование и оптимизация рабочих параметров цепного скребкового исполнительного органа узкотраншейных экскаваторов: автореф. дис... канд. техн. наук / В.И. Ковалев – М., 1980. – 19 с.
 16. Миронов В.И. Комплексно-механизированные технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения узкотраншейным способом: дис. д-ра техн. наук-Новочеркасск, 2004 – 575 с.
 17. Стрельников А.Н. Определение рациональных режимов работы траншейных цепных экскаваторов со скребковым рабочим органом: дис... канд. техн. наук. – Иркутск, 2003. – 107 с.
 18. Суриков В.В. Исследование дренажных траншеекопателей с цепным- скребковым рабочим органом: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.В. Суриков – М., 1966: 19 с.
 19. Токарев Б.Н. Исследование транспортирующей способности цепно-скребковых рабочих органов универсальных землеройных машин с целью повышения их производительности: автореф. дис...канд. техн. наук / Б.Н. Токарев – М., 1974. – 20 с.
 20. Мартынова Н.Б. Технология строительства закрытого дренажа мобильными узкотраншейными дреоукладчиками на мелкоконтурных участках: автореф. дис. канд. техн. наук / Н.Б. Мартынова М., 1996. – 21 с.
 21. Слепченко В.А. Обоснование и выбор основных параметров режущего инструмента экскаваторов траншейных бесковшовых: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск. – 2004 – 135 с.
 22. Школьный А.Н. Обоснование выбора конструктивных и технологических параметров исполнительного органа бесковшовых цепных траншеекопателей: автореф. дис....канд. техн. наук. – Томск, 2006. 23 с.
 23. Летопольский А.Б. Выбор и обоснование конструктивных параметров режущих рабочих органов траншейного цепного экскаватора [Текст]: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.05.04 / А.Б. Летопольский; Сибирс. гос. автомобильно-дорожная акад. – Омск 2011. 22 с.
 24. Кравець С. В. Наукові основи створення землерійно-ярусних машин і підземно рухомих пристроїв: монографія / С. В. Кравець, В.В. Кованько, О.П. Лук'янчук. – Рівне: НУВГП, 2015. – 322 с.

REFERENCES

1. Museiko V.D. Long-digging excavators. Teaching manual. - K. : NTU, Joint-Stock Company "Vipol", 2008. - 240 p.
2. Musyco V.D. Theory and creation of innovative earthmoving machines of continuous action: monograph K: NTU, SPD Chalchinska N.V., 2016. - 208 p.
3. Dombrovsky N.G. Multiwheel excavators. Constr., Theory and calculation. - Moscow: Mechanical Engineering, 1972. - 432 p.
4. 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.
5. Construction cars for mechanization of hydromeliorative works / V.V. Surikov, B.A. Vasilyev, V.B. Gantman, etc.; under the editorship of V.V. Surikov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 463 p.
6. Vetrov Yu. A. Cutting of soil excavating machines. – M.: Mechanical engineering, 1971. – 360 p.
7. Rumyantsev V. A. Trench excavators / V.A. Rumyantsev, I.Z. Figlin. - M.: Mechanical engineering, 1980. – 102 p.
8. Freynkman I.E. Ilgisonis V.K. Excavating machines. – L.: Mechanical engineering, 1972 – 320 p.
9. Bykov A.B. Research of constructive and kinematic parameters of a tsepnobalochny operating part of a universal excavating machine: diss.... cand. tech. sci. / Bykov Alexander Vladimirovich. – K., 1986. – 205 p.
10. Dombrovsky N.G. The specific effort of digging developed by chain trench excavators / N.G. Dombrovsky, I.L. Tshipurskiya // News of higher education institutions. – M, 1970. - No. 1 – P. 15-17.
11. Rodin I.I. Bases of design of excavators of continuous action: manual / I.I. Rodin, L.K. Sokolov. – Krasnoyarsk: Krasnoyar. publishing house. un-that, 1987. – 224 p.
12. Gumburg G.V. Issledovaniye of the main processes at uzkotransheyiny construction of the closed drainage in a drainage zone: abstract diss. cand. tech. sci / G.V. Gumburg – Moscow, 1973. – 15 p.
13. Dzhangulyan E.A. Research of scraper operating parts of trench excavators: автореф. diss... cand. tech. sci / E.A. Dzhangulyan. – Ленинград: LISI, 1966. – 20 p.
14. Zedgenizov V.G. Theoretical bases of creation of cars for laying of flexible underground communications: diss... докт. техн. sciences. – Irkutsk: IrGTU, 2004. – 232 p.
15. Kovalyov V.I. Research and optimization of working parameters of chain scraper executive body uzkotransheyinykh of excavators: abstract diss... cand. techn. scien. / V.I. Kovalyov – M., 1980. – 19 p.
16. Mironov V.I. The complex mechanized technologies of construction of the closed horizontal drainage in an

- irrigation zone in the uzkotransheyiny way: diss. dr. techn. scien. Novocherkassk, 2004 – 575 p.
17. Strelnikov A.N. Definition of rational modes of behavior of trench chain excavators with a scraper operating part: diss... cand. techn. scien. – Irkutsk, 2003. – 107 p.
 18. Surikov V.V. A research of drainage trench-diggers with chain - a scraper operating part: abstract diss... cand. techn. scien. / V.V. Surikov – M., 1966. - 19 p.
 19. Tokarev B.N. A research of the transporting ability of chain and scraper operating parts of universal excavating machines for the purpose of increase in their productivity: abstract diss... cand. techn. scien. / B.N. Tokarev – M., 1974. – 20 p.
 20. Martynova N.B. Technology of construction of the closed drainage mobile uzkotransheyiny drain layers on the melkokonturnykh sites: abstract diss... cand. techn. scien. / N.B. Martynova M., 1996. – 21 p.
 21. Slepchenko V. A. Justification and choice of critical parameters of the cutting tool of excavators trench beskovshovykh: diss... cand. techn. scien. Irkutsk. – 2004. – 135 p.
 22. Shkoliny A.N. Justification of the choice of design and technology data of executive body beskovshovykh of chain trench-diggers: abstract diss... cand. techn. scien. – Tomsk, 2006. - 23 p.
 23. Letopolsky A.B. The choice and justification of design data of the cutting operating parts of the trench chain excavator [Text]: abstract diss... cand. techn. scien.: 05.05.04 / A.B. Letopolsky; Sibirsk. state. automobile and road the academician – Omsk 2011. - 22 p.
 24. Kravets S. V. Scientific fundamentals of excavation-tiered cars and underground moving devices: monograph / S.V. Kravets, V.V. Kovanko, O.P. Lukyanchuk - Rivne: NUVGP, 2015. - 322 p.