

УДК 621.878.25

Будзило Е. Е., Гречишкина Е. В., *Псюк М. Ю.
 Донбасский государственный технический университет
 *E-mail: marikapt@rambler.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО БУЛЬДОЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С МЕХАНИЗМОМ ЧЕБЫШЕВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Работа направлена на повышение уровня механизации работ. Разработан вариант бульдозерного оборудования с использованием механизма Чебышева, позволяющий повысить его эксплуатационные возможности при производстве обратной засыпки траншей, рекультивационных работах, террасировании откосов земляных сооружений и планировочных работах.

Ключевые слова: шарнирный механизм Чебышева, бульдозерное оборудование, объем призмы волочения, эксплуатационная производительность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В последнее время в городах РФ первоочередными являются работы по реконструкции городской застройки и строительству жилой зоны на участках, ранее не представляющих интереса с точки зрения проектных решений [1–3]. В основном это связывалось с большой стоимостью освоения данных территорий и большой продолжительностью передвижения населения к местам их трудоустройства в крупных городах [4].

Однако большие темпы развития метрополитена позволили свести эти проблемы на нет на ранее не освоенных территориях. Особенно приоритетным является второе направление строительства, что особенно перспективно при внедрении в массовое строительство для крупных агломераций [4]. Связано это в основном с большой стоимостью земельных участков, что зачастую приводит к развитию жилищного, наиболее приоритетного строительства именно в жилой зоне, вплоть до изменения промышленной зоны со сносом нерентабельных предприятий и нового зонирования с учетом масштабной миграции населения в крупные города Российской Федерации, что наблюдается в настоящее время.

Для преобразования естественного рельефа площадок, отведенных под строительство зданий и сооружений или для благоустройства территорий, выполняются

земляные работы, предусмотренные проектом планировки.

Именно качественное производство данных работ в дальнейшем позволит предусмотреть дорожный водоотвод, а именно: не допустить скапливания воды как внутри площадочного микрорайона, так и на городских магистралях улиц и дорог [5, 6].

Основные работы, включающие строительные земляные процессы по планировке площадки, следующие:

- разработка грунта на участках выемки;
- последующая транспортировка и укладка его с уплотнением в насыпи;
- окончательная планировка площадки и откосов (основная работа) [7].

При этом плотные грунты при необходимости рыхлят. Одновременно необходимо выполнять и вспомогательные работы, включающие оборудование забоя, его передвижение, что особенно актуально при работе в две или три смены.

Способы выполнения ведущих процессов, а именно выемки и транспортирования грунта в главном образе, зависят от объема и сроков выполнения работ, характеристики грунтов, рельефа местности, рабочих отметок площадки, местных и климатических условий. При этом приоритетным является выбор ведущей машины для производства данного вида работ [8].

Планировку площадки в основном в городской среде производят бульдозерами,

скреперами, одноковшовыми экскаваторами и средствами гидромеханизации. Однако бульдозеры являются наиболее приоритетным видом транспорта, так как их применяют для разработки грунта и перемещения его на расстояние до 70 м, а в отдельных случаях при мощности трактора 200 кВт и более — до 150 м, что является наиболее применяемым и используемым в практике производства данных работ.

Для уменьшения потерь грунта при разработке сыпучих грунтов отвалы снабжают боковыми щитками (открылками). К отвалу можно также крепить дополнительное навесное оборудование (откосник) для планировки откосов заложением от 1 до 1:3 и т. д. Данная техника в основном рекомендуется не только для планировочных работ, но также для оформления откосов. В связи с этим *целью* настоящей работы явилась разработка новой конструкции отвала для повышения производительности бульдозеров.

Постановка задачи: разработка нового конструктивного решения отвала бульдозерного оборудования.

Объект исследования — бульдозеры, а именно их отвальное оборудование.

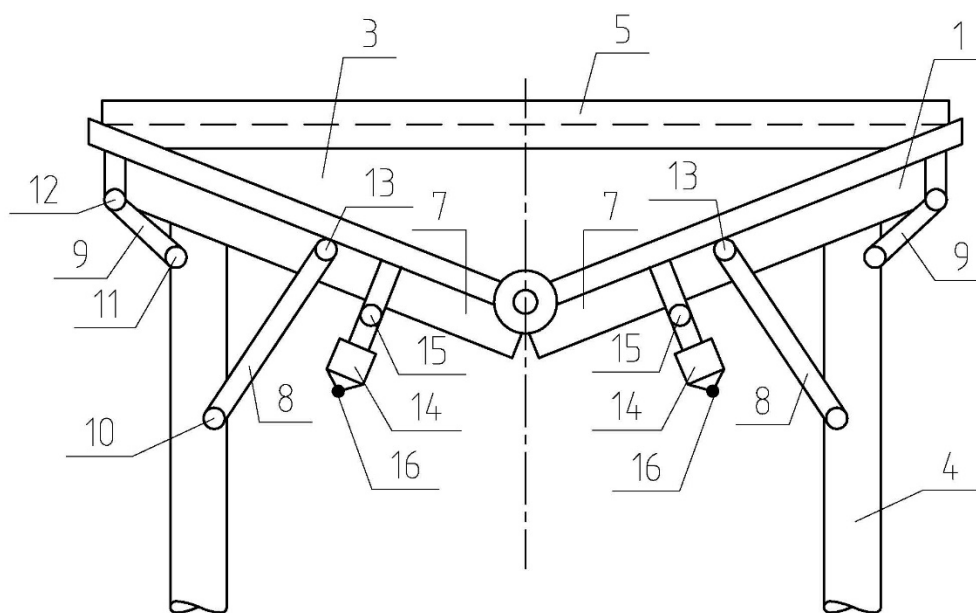
Предмет исследования — площадки, используемые для производства работ по строительству зданий и сооружений, а также для производства работ по обратной засыпке траншей, например, при ремонтных работах, связанных с заменой теплотрасс, водопроводных и канализационных сетей, что довольно актуально в ЛНР, ДНР, Херсонской, Запорожской областях в настоящее время, и работах, связанных с рекультивацией и трассированием откосов земляных сооружений, а именно дорожно-го полотна.

Методика исследования. Совершенствование рабочего процесса разработки грунта, повышение производительности машин, участвующих в данном процессе, во многом является следствием увеличения энергии воздействия на разрушаемую среду. Однако в настоящее время практи-

чески исчерпаны возможности такого увеличения. Существующие машины большой производительности за счет увеличения энергии, реализующие на рабочем органе усилия величиной в несколько сот килоньютон, имеют значительную массу и мощность двигателя; дальнейшее увеличение этих показателей во многих случаях не приводит к росту экономической эффективности таких машин. Поэтому повышение производительности бульдозеров следует искать на пути совершенствования рабочих органов, в замене старых конструкций на более прогрессивные, которые способствуют увеличению объема грунта, разрабатываемого за один рабочий цикл. Сферический отвал является наиболее распространенным в последнее время типом рабочего органа бульдозера. Оборудуется широкими боковыми открылками с наличием на них ножей. Их большая вместимость позволяет перемещать большие объемы грунта на значительные расстояния [9].

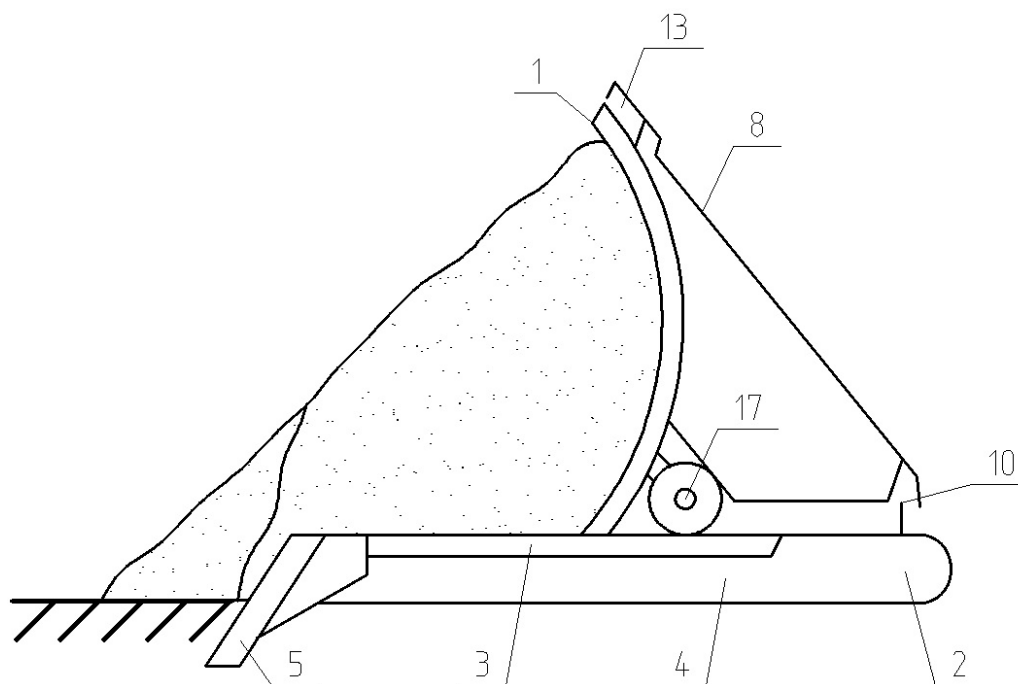
Изложение материала. Законструированное и защищенное авторским свидетельством [10] бульдозерное оборудование сферической формы (рис. 1, 2) с использованием механизма Чебышева включает толкающие брусья, что значительно увеличивает объем транспортируемого грунта. Отвал состоит из верхней отвальной части 1 и нижней части 2 с днищем 3, жестко связанным с толкающими брусьями 4. С днищем 3 также жестко связан режущий нож 5. Верхняя отвальная часть 1 выполнена из равных по длине, соединенных вертикальным шарниром 6 секций 7. Каждая секция 7 своими концевой и средней частями связана с примыкающим к ней толкающим брусом посредством шарнирных тяг 8 и 9, средняя 8 из которых выполнена длиннее концевой 9. Точки 10 и 11 соединения тяг 8 и 9 с толкающим брусом 4 смещены между собой. Шарниры 12 и 13 соединений каждой секции с тягами 8 и 9 и вертикальный шарнир 6 расположены на одной прямой.

СТРОИТЕЛЬСТВО



3 — днище; 4 — толкающие брусья; 5 — режущий нож; 7 — секция; 8 — средняя шарнирная тяга; 9 — концевая шарнирная тяга; 10 — точка соединения средней шарнирной тяги с секцией; 11 — точка соединения средней шарнирной тяги с секцией; 12 — шарнир соединения секции с тягой; 13 — шарнир соединения секции с тягой; 14 — гидроцилиндр управления отвальной части; 15 — кронштейн; 16 — кронштейн

Рисунок 1 — Схема бульдозерного оборудования, вид сверху



1 — верхняя отвальная часть; 2 — нижняя отвальная часть; 3 — днище; 4 — толкающие брусья; 5 — режущий нож; 8 — средняя шарнирная тяга; 10 — точка соединения средней шарнирной тяги с секцией; 13 — шарнир соединения секции с тягой; 17 — опорный ролик

Рисунок 2 — Схема бульдозерного оборудования, вид сбоку

Гидроцилиндры 14 управления выдвижением отвальной части 1 относительно днища 3 соединены с секциями 7 посредством кронштейнов 15 и с днищем 3 посредством кронштейнов 16. Перемещение отвальной части 1 по днищу 3 осуществляется закрепленными на секциях 7 опорными роликами 17. Прямолинейное перемещение вертикального шарнира 6 (рис. 3) вдоль продольной оси оборудования обеспечивается при следующем соотношении звеньев: $AD=1$, $DB=2AD$, $BГ=2,5AD$, $AG=2,5AD$, $BГ=2,5AD$.

Бульдозерное оборудование работает следующим образом.

В начале рабочего цикла секции 7 выдвинуты вперед и в плане занимают положение, параллельное кромке режущего ножа 5. По мере накопления грунта в процессе его резания гидроцилиндрами 14 управления секции 7 сдвигаются внутрь, при этом отвальная часть 1 принимает в плане V-образную форму. В данном случае основная часть грунта перемещается на днище 3. В конце пути транспортирования грунта вновь включают гидроцилиндры 14, секции 7 выдвигаются вперед и занимают начальное положение, при этом грунт выталкивается с днища 3.

Разработана методика сравнения производительности бульдозерного оборудования традиционной формы с законструированным, которое состоит из верхней по-

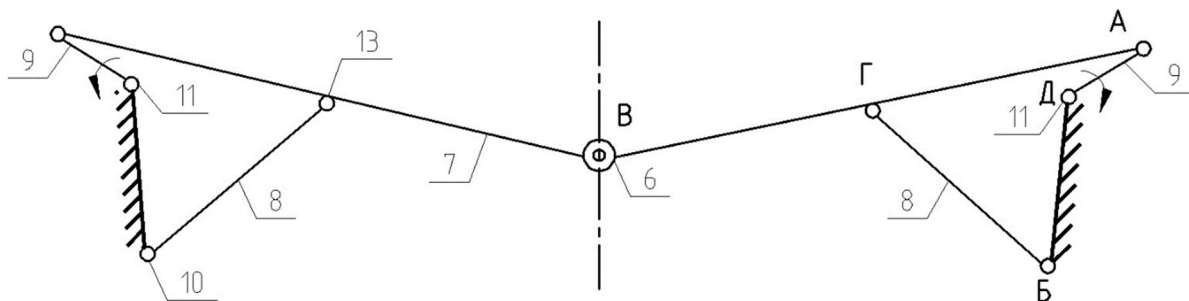
движной отвальной части и нижней части в виде днища с режущим ножом. На рисунке 4 показана схема скапливания грунта на отвале при производстве работ.

Снижение сопротивления копанью на рабочий орган бульдозера с активным отвалом определяется уменьшением вредного влияния пригрузки призмы волочения в результате установки на традиционную раму бульдозера дополнительной площадки и выдвинутого вперед ножа.

Использование принципа перемещения призмы грунта перед подвижным отвалом на площадке вместо волочения призмы грунта по грунту позволило сократить сопротивление копанью, а всю высвободившуюся тяговую мощность использовать на увеличение призмы грунта перед отвалом. Секции подвижной части отвала длиной l имеют шарнирную связь с толкающей рамой и между собой, что налагает ограничения на изменения координат. Аналитически эти ограничения (рис. 5) могут быть записаны в виде уравнений:

$$\begin{aligned} x &= l(\cos \varphi - \cos \psi); \\ y &= 2l(\sin \varphi + \sin \psi); \\ z &= H - \mu l(\cos \varphi - \cos \psi), \end{aligned}$$

где μ — коэффициент наклона верхней плоскости призмы грунта относительно горизонтали.



6 — вертикальный шарнир; 7 — секция; 8 — средняя шарнирная тяга; 9 — концевая шарнирная тяга; 10 — точка соединения средней шарнирной тяги с секцией; 11 — точка соединения средней шарнирной тяги с секцией; 13 — шарнир соединения секции с тягой

Рисунок 3 — Схема шарнирных звеньев отвальной части

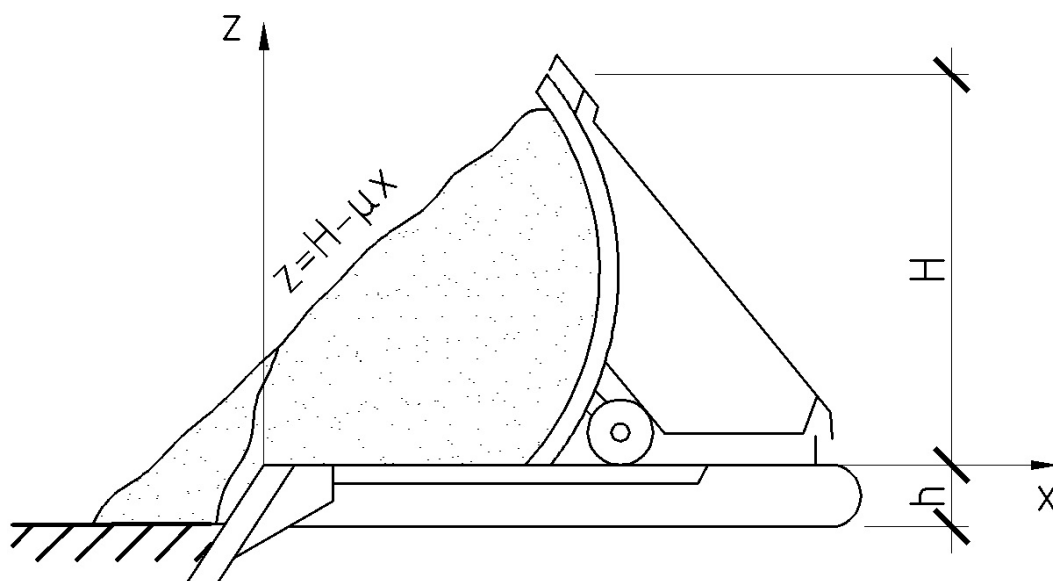


Рисунок 4 — Схема скапливания грунта на новой конструкции отвала

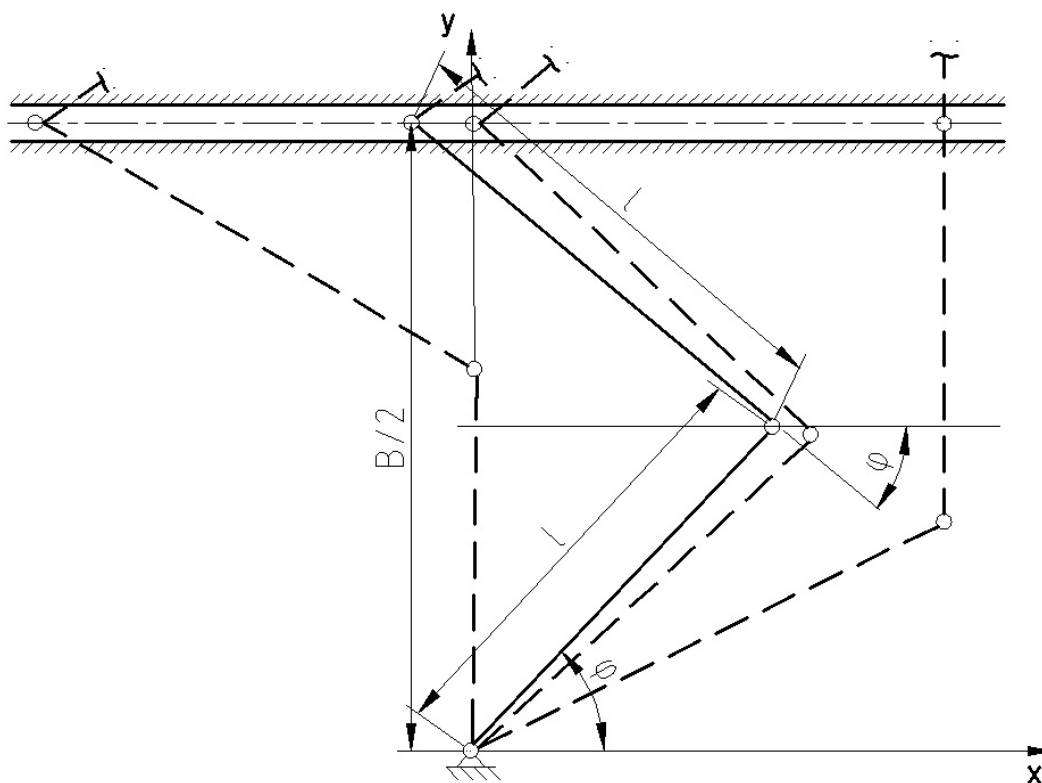


Рисунок 5 — Упрощенная кинематическая схема отвала для определения объема волочения грунта

Геометрическую модель для идеальной призмы грунта можно рассматривать как сумму объемов призмы грунта перед отвалом и призму волочения грунта перед ножом. Расчет эффективности бульдозерного

оборудования с активным отвалом производится на основании баланса тягового усилия машины. Вырезанная стружка грунта в меньшей степени испытывает вредное влияние пригрузки от призмы волочения.

Объем призмы волочения перед ножом выражается через длину ножа B и высоту днища бульдозерного оборудования над уровнем площадки $h + z_0$:

$$q = \frac{B(h + z(x))^2}{2\mu}.$$

Снижение энергии на перемещение грунта достигается увеличением призмы грунта на днище перед отвалом.

Выводы и направление дальнейших исследований. Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Повышение эксплуатационной производительности бульдозерного оборудования достигается за счет жесткого закрепления днища на толкающих брусках, опорных роликов — на отвальной части с возможностью опирания через них отвальной части на днище.

2. Прямолинейное перемещение отвала обеспечивается соотношением звеньев за счет использования механизма Чебышева.

3. Геометрическую модель для идеальной призмы грунта можно рассматривать как сумму объемов призмы грунта перед отвалом и призму волочения грунта перед ножом.

4. Расчет эффективности бульдозерного оборудования с активным отвалом производится на основании баланса тягового усилия машины.

5. Вырезанная стружка грунта в меньшей степени испытывает вредное влияние пригрузки от призмы волочения. Снижение энергии на перемещение грунта достигается увеличением призмы грунта на днище перед отвалом.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку технологии производства работ с использованием данной конструкции отвала.

Список источников

1. Малахов В. В. Гармонизация — системный подход к проектированию зданий и сооружений // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2005. № 3. С. 78–79.
2. Девятаева Г. В. *Технология реконструкции и модернизации зданий*. М. : ИНФРА-М, 2010. 250 с.
3. Ильина О. Н. Критические факторы успеха внедрения современных информационных технологий в проектных организациях // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2003. № 12 (59). С. 42–43.
4. *Реконструкция зданий и сооружений : учеб. пособ. для строит. спец. вузов* / А. Л. Шалагин, В. Ю. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров ; под ред. А. Л. Шалагина. М. : Высш. шк., 1991. 352 с.
5. *Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт)* / под ред. В. И. Луканина, К.-Х. Ленца. М. : Логос, 2002. 624 с.
6. *Справочная энциклопедия дорожника. Том V : Проектирование автомобильных дорог* / под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук., проф. Г. А. Федотова и д-ра техн. наук, проф. П. И. Поспелова. М., 2007.
7. Теличенко В. И., Терентьев О. М., Липидус А. А. *Технологии строительных процессов : в 2 ч. Ч. 2 : Учебник для строит. вузов. 2-е изд., испр. и доп.* М. : Высшая школа, 2004. 446 с.
8. Соколов, Г. К. *Технология строительного производства : учеб. пособ. для вузов*. М. : Академия, 2008. 544 с.
9. Сливинский, Е. В. *Модернизация отвалов бульдозеров* // *Строительные и дорожные машины*. 2015. № 1. С. 10–13.
10. *Бульдозерное оборудование : а. с. 1420119 СССР / Г. И. Мозговой, Е. Г. Мозговая, Е. Е. Будзило. ; № 4146372/29-03 ; заявл. 14.11.86 ; опубл. 30.08.88, Бюл. 32. 3 с.*

© Будзило Е. Е., Гречишкина Е. В., Псюк М. Ю.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. АДСК ДонГТУ Бондарчуком В. В., д.т.н., проф. каф. ПСО ЛГАУ им. К. Е. Ворошилова Давиденко А. И.

Статья поступила в редакцию 08.12.2023.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Будзило Елена Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент каф. промышленного строительства
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Гречишкина Елена Валериевна, канд. техн. наук, доцент каф. промышленного строительства
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Псюк Марина Юрьевна, старший преподаватель каф. промышленного строительства
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,
e-mail: marikapt@rambler.ru

Budzilo E. E., Grechishkina E. V., *Psiuk M. Yu. (Donbass State Technical University, Alchevsk,
Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: marikapt@rambler.ru)

USE OF NEW BULLDOZER EQUIPMENT WITH CHEBYSHEV MECHANISM IN CONSTRUCTION

The work is aimed at increasing the level of work mechanization. A variant of bulldozer equipment using the Chebyshev mechanism has been developed, allowing to increase its operational capabilities in the production of backfilling trenches, recultivation work, terracing of slopes of earthworks and planning.

Key words: Chebyshev hinge mechanism, bulldozer attachment, dozing capacity, working capacity.

References

1. Malahov V. V. Harmonization — a systematic approach to the design of buildings and structures [Garmonizaciya — sistemnyj podhod k proektirovaniyu zdaniy i sooruzhenij]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2005. No. 3. Pp. 78–79. (rus)
2. Devyataeva G. V. Technology of reconstruction and modernization of buildings [Tekhnologiya rekonstrukcii i modernizacii zdaniy]. M.: INFRA-M, 2010. 250 p. (rus)
3. Il'ina O. N. Critical factors for the success of the introduction of modern information technologies in project organizations [Kriticheskie faktory uspekha vnedreniya sovremennyh informacionnyh tekhnologij v proektnyh organizacijah]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2003. No. 12 (59). Pp. 42–43. (rus)
4. Shalagin A. L., Bondarenko V. Yu., Goncharenko D. F., Goncharov V. B. Reconstruction of buildings and structures: study letter for build. spec. univer. [Rekonstrukciya zdaniy i sooruzhenij: ucheb. posob. dlya stroit. spec. vuzov]. Eds. Shalagina A. L. M.: Vyssh. shk., 1991. 352 p. (rus)
5. Roads: safety, environmental problems, economy (Russian-German experience) [Avtomobil'nye dorogi: bezopasnost', ekologicheskie problemy, ekonomika (rossijsko-germanskij opyt)]. Eds. Lukanin V. I., Lenc K.-H. M.: Logos, 2002. 624 p. (rus)
6. Reference encyclopedia of the roadman. Volume V : road design [Spravochnaya enciklopediya dorozhnika. Tom V : Proektirovanie avtomobil'nyh dorog]. Eds. Honored worker of science and technology of the RSFSR, Dr. of Techn. Sc. Prof. G. A. Fedotov and Dr. of Techn. Sc. Prof. P. I. Pospelov. M., 2007. (rus)
7. Telichenko V. I., Terent'ev O. M., Lapidus A. A. Building technology processes: in 2 parts. Part 2 : Textbook for build. univer. rev. and. ext. [Tekhnologii stroitel'nyh processov : v 2 ch. Ch. 2 : uchebnik dlya stroit. vuzov. 2-e izd., ispr. i dop]. M.: Vysshaya shkola, 2004. 446 p. (rus)
8. Sokolov G. K. Construction engineering: study letters for univer. [Tekhnologiya stroitel'nogo proizvodstva : ucheb. posob. dlya vuzov]. M.: Akademiya, 2008. 544 p. (rus)

9. Slivinskij E. V. Modernization of bulldozers' piles [Modernizaciya otvalov bul'dozerov]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. 2015. No. 1. Pp. 10–13. (rus)

10. Mozgovoj G I., Mozgovaya E. G., Budzilo E. E. Bulldozer equipment : a.s. 1420119 USSR ; No. 4146372/29-03 ; submitted 14.11.86 ; published 30.08.88, bulletin No. 32. 3 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Budzilo Elena Evgeniïevna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Industrial Engineering

Donbas State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Grechishkina Elena Valerievna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Industrial Engineering

Donbas State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Psiuk Marina Yuriiëvna, Senior lecturer of the Department of Industrial Engineering

Donbas State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia,
e-mail: marikapt@rambler.ru