

УДК 625.731.8

Модель изнашивания рабочих органов землеройных машин при взаимодействии с грунтовым массивом

П.А. Григорьев, Л.А. Сладкова

Российский университет транспорта,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9, г. Москва 127994, ГСП-4, Россия

Поступила в редакцию 25.02.2021.

После доработки 21.08.2022.

Принята к публикации 22.08.2022.

Для исследования физической природы изнашивания поверхности рабочих органов землеройных машин на основании процесса резания грунта, а также количественной и качественной оценки этого процесса, позволяющей расширить представление о самой природе изнашивания, разработана физико-математическая модель. Представленная модель, на примере наконечника рыхлителя, позволяет не только исследовать процесс механики разрушения грунта и оценить его количественно, но и выявить физические явления изменения сил трения и адгезии при контакте поверхности рабочего органа с грунтом. Установлено, что наибольшему износу подвержена нижняя грань наконечника рыхлителя и усилия перемещения по нему грунта в 1,6 раз, превышают усилия, возникающие на верхней грани рабочего органа. Построение модели основано на том, что в зоне сжатия грунта, протекающей в течение 0,8 с, перемещение рабочего органа в направлении движения машины незначительно, а усилия резания возрастают до величины превышения предела прочности грунта от действующего тягового усилия на рабочем органе. Далее в процессе диспергирования грунта в течение 1,8—2 с увеличивается скорость перемещения рабочего органа в грунте, что является причиной увеличения изнашивания, так как именно в этот момент происходит непосредственный контакт рабочего органа с грунтом. Проведенные исследования позволили учесть вопрос влияния адгезионных и когезионных свойств грунта в процессе его разработки и влияние этих сил на изнашивание рабочих органов землеройных машин.

Ключевые слова: изнашивание, рабочий орган, землеройная машина, грунт, грунтовая стружка, скорость резания грунта, трение, адгезия, жёсткость грунта.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

Адрес для переписки:

П.А. Григорьев
Российский университет транспорта,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9, г. Москва 127994, ГСП-4, Россия
e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru

Address for correspondence:

Pavel A. Grigorev
Russian University of Transport,
Obraztsova Street, 9, build. 9, Moscow 127994, GSP-4, Russia
e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru

Для цитирования:

П.А. Григорьев, Л.А. Сладкова.
Модель изнашивания рабочих органов землеройных машин при взаимодействии с грунтовым массивом.
Трение и износ.
2022. — Т. 43, № 4. — С. 397—404.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

For citation:

Pavel A. Grigorev and Liubov A. Sladkova.
[The Model of Wear of the Working Bodies of Earthmoving Machines in Interaction with the Soil Mass].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 397—404 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

The Model of Wear of the Working Bodies of Earthmoving Machines in Interaction with the Soil Mass

Pavel A. Grigorev and Liubov A. Sladkova

Russian University of Transport,
Obraztsova Street, 9, build. 9, Moscow 127994, GSP-4, Russia

Received 25.02.2022.

Revised 21.08.2022.

Accepted 22.08.2022.

Abstract

To study the physical nature of the wear of the surface of the working bodies of earthmoving machines based on the process of cutting soil, as well as quantitative and qualitative assessment of this process, which allows expanding the understanding of the nature of wear, a physical and mathematical model has been developed. The presented model, using the example of a ripper point, allows not only to investigate the mechanics of soil destruction and quantify it, but also to identify the physical phenomena of changes in friction forces and adhesion when the surface of the working body encounters the soil. It was found that the lower face of the ripper tip is subject to the greatest wear and the forces of moving the soil along it are 1.6 times higher than the forces arising on the upper face of the working body. The construction of the model is based on the fact that in the compression zone of the soil, flowing for 0.8 seconds, the movement of the working body in the direction of movement of the machine is insignificant, and the cutting forces increase to the extent of exceeding the strength limit of the soil from the acting traction force on the working body. Further, in the process of soil dispersion, the speed of movement of the working body in the ground increases for 1.8—2 seconds, which is the reason for the increase in wear, since it is at this moment that the working body comes into direct contact with the ground. The conducted research allowed taking into account the issue of the influence of adhesive and cohesive properties of the soil in the process of its development and the influence of these forces on the wear of the working bodies of earthmoving machines.

Keywords: wear, working body, earthmoving machine, soil, soil shaving, cutting velocity of soil, friction, adhesion, stiffness of soils.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

Адрес для переписки:

П.А. Григорьев
Российский университет транспорта,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9, г. Москва 127994, ГСП-4, Россия
e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru

Для цитирования:

П.А. Григорьев, Л.А. Сладкова.
Модель изнашивания рабочих органов землеройных машин при взаимодействии с грунтовым массивом.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 397–404.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

Address for correspondence:

Pavel A. Grigorev
Russian University of Transport,
Obraztsova Street, 9, build. 9, Moscow 127994, GSP-4, Russia
e-mail: grigorievpavel1996@yandex.ru

For citation:

Pavel A. Grigorev and Liubov A. Sladkova.
[The Model of Wear of the Working Bodies of Earthmoving Machines in Interaction with the Soil Mass].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 397–404 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-397-404

Список использованных источников

1. **Гавриленко И.С., Казанников О. В.** Анализ износ рабочих органов землеройных машин // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. — 2021, № 1, 46—50
2. **Belousov S.V., Saprykin E.A., and Karmazin I.S.** Explanation of the Angle of Sharpening of a Plough Cutting Working Body // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. — Sevastopol: EDP Sciences. — 2019, 00025. DOI: 10.1051/e3sconf/201912600025.
3. **Zenkov S.A.** Application of Thermal effect as a Means to Combat Ground-and-Machine Part Adhesion // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 16–18 апреля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. — Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. — 2020, 32060. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032060.
4. **Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И. П.** Машины для земляных работ / под ред. д-ра техн. наук проф. А.Н. Зеленина. — М.: Машиностроение. — 1975
5. **Федоров Д.И.** Рабочие органы землеройных машин. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение. — 1990
6. **Сладкова Л.А., Григорьев П.А.** Физико-математическая модель налипания грунта на поверхность рабочих органов землеройно-транспортных машин // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. — 2021, № 4, 381—388. — DOI 10.22281/2413-9920-2021-07-04-381-388
7. **Баловнев В.И.** Физическое моделирование резания грунтов. — М.: Машиностроение. — 1969
8. **Домбровский Н.Г., Гальперин М.И.** Строительные машины. — М.: Высш. шк. — 1985
9. **Дорожные машины. Ч. 1: Машины для земляных работ (Теория и расчет)** / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. — М.: Машиностроение, 1972 — 504 с.
10. **Сладкова Л.А.** Создание самозатачивающихся наконечников рыхлителей повышенной долговечности для разработки многолетнемерзлых грунтов: дис ... канд. техн. наук: 05.05.04. — Москва. — 1990
11. **Федоров Д.И., Бондарович Б.А., Перепонов В.И.** Надежность металлоконструкций землеройных машин. Методы оценки и расчета /. — М.: Машиностроение, 1971. — 216 с.
12. **Райзер В.Д.** Вероятностные методы в анализе надежности и живучести сооружений: монография. — М.: АСВ. — 2018. ISBN 978-5-4323-0254-0

References

1. **Gavrilenko I.S., Kazannikov O.V.** Analysis of wear of the working bodies of earth-moving machines // Avtomobil'nyj transport Dal'nego Vostoka. — 2021, no. 1, 46—50 (in Russian)
2. **Belousov S.V., Saprykin E.A., and Karmazin I.S.** Explanation of the Angle of Sharpening of a Plough Cutting Working Body // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 September 2019. — Sevastopol: EDP Sciences. — 2019, 00025. DOI: 10.1051/e3sconf/201912600025
3. **Zenkov S.A.** Application of Thermal Effect as a Means to Combat Ground-and-Machine Part Adhesion // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. — Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. — 2020, 32060. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032060
4. **Zelenin A.N., Balovnev V.I., Kerov I.P.** Machines for earthworks / ed. A.N. Zelenina. — M.: Mashinostroenie. — 1975 (in Russian)
5. **Fedorov D.I.** Working bodies of earth-moving machines. 2nd ed., revised, and additional — M.: Mashinostroenie. — 1990 (in Russian)
6. **Sladkova L.A., Grigoriev P.A.** Physical-mathematical model of ground adhesion on the surface of the excavating parts of earthmoving machines // Scientific and technical bulletin of the Bryansk State University. — 2021, no. 4, 381—388. DOI 10.22281/2413-9920-2021-07-04-381-388 (in Russian)
7. **Balovnev V.I.** Physical modeling of soil cutting. — M.: Mashinostroenie. — 1969 (in Russian)
8. **Dombrovsky N.G., Galperin M.I.** Construction machines. — M.: Higher. School. — 1985 (in Russian)
9. **Road cars. Part 1: Machines for earthworks (Theory and calculation)** / T.V. Alekseeva, K.A. Artemiev, A.A. Bromberg and others — M.: Mashinostroenie. — 1972 (in Russian)
10. **Sladkova L.A.** Creation of self-sharpening tips of rippers of increased durability for the development of permafrost soils: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.05.04. — Moscow. — 1990 (in Russian)
11. **Fedorov D.I., Bondarovich B.A., Pereponov V.I.** Reliability of metal structures of earth-moving machines. Methods of evaluation and calculation. — M.: Mashinostroenie. — 1971 (in Russian)
12. **Raiser V.D.** Probabilistic methods in the analysis of reliability and survivability of structures: monograph. — M.: ASV. — 2018. ISBN 978-5-4323-0254-0 (in Russian)

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by