

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 631.31:620.178

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).96-101](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).96-101)**К.В. Борак**, канд. техн. наук*Житомирський агротехнічний коледж, Україна, м. Житомир**e-mail: koss1983@meta.ua*

Вплив рослинних решток на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин

Абразивний знос один з найпоширеніших видів зношування, на його долю припадає до 50% всіх відмов деталей машин. Дослідження закономірностей процесу абразивного зношування є безумовно актуальною задачею. В роботі розглянуто вплив хімічного фактору, а саме наявність рослинних решток в абразивній масі, на інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин. Лабораторні дослідження проводили за методом «крильчатки», а експлуатаційні – на універсальному дисковому агрегаті УДА 4,5 в умовах Овруцького району Житомирської області (ґрунти супіщані). В результаті проведення досліджень з'ясовано, що при виділенні соків (патоки) підвищується інтенсивність абразивного зношування в лабораторних умовах на 13,5...21,5%, а в експлуатаційних умовах – на 8%. Абразивне зношування робочих органів ґрунтообробних машин є доволі складним процесом і не може розглядатися тільки механічної точки зору.

робочі органи, ґрунтообробні машини, абразивний знос, ґрунт, рослинні рештки**К.В. Борак**, канд. техн. наук*Житомирський агротехнічний коледж, г. Житомир, Україна*

Влияние растительных остатков на интенсивность абразивного износа рабочих органов почвообрабатывающих машин

Абразивный износ один из самых распространенных видов износа, на его долю приходится до 50% всех отказов деталей машин. Исследование закономерностей процесса абразивного износа является, актуальной задачей. В работе рассмотрено влияние химического фактора, а именно наличие растительных остатков в абразивной массе, на интенсивность износа рабочих органов почвообрабатывающих машин. Лабораторные исследования проводили по методу «крыльчатки», а эксплуатационные – на универсальном дисковом агрегате УДА 4,5 в условиях Овруцкого района Житомирской области (почвы супесчаные). В результате проведения исследований установлено, что при выделении соков (патоки) повышается интенсивность абразивного износа в лабораторных условиях на 13,5...21,5%, а в эксплуатационных условиях – на 8%. Абразивный износ рабочих органов почвообрабатывающих машин это очень сложный процесс и не может рассматриваться только механической точки зрения.

рабочие органы, почвообрабатывающие машины, абразивный износ, почва, растительные остатки

Постановка проблеми. У розвинутих країнах витрати зумовлені тільки наслідками абразивного зношування, складають від 1 до 4% національного продукту [1]. Дослідження механізму абразивного зношування присвячена велика кількість робіт. В лабораторних і експлуатаційних умовах досліджено природу абразивного зношування та вплив багатьох факторів на механізм абразивного зношування, але багато в цьому процесі залишається нез'ясованим. В роботах фундаторів закономірностей абразивного зношування [2, 3, 4], абразивний знос розглядається як найбільш простий вид руйнування поверхневих шарів при терті. Сутність абразивного зношування пояснюється з точки зору фізичної теорії міцності і пластичності металів, теорії різання металів, враховуючи при цьому геометричні

характеристики абразивних частинок та їх розміри [1]. При такому підході не враховується хімічні процеси, що можуть відбуватися на поверхні тертя при абразивному зношуванні.

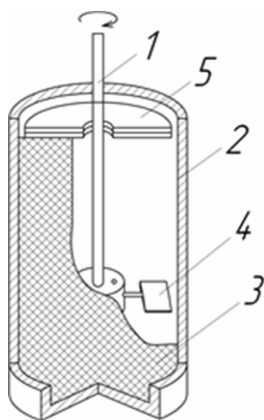
Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню дослідженню факторів, які впливають на інтенсивність абразивного зношування присвячено велику кількість праць. Як відмічається в роботі [5] абразивне зношування (особливо в його традиційних уявленнях) представлено в американській пресі незрівнянно менше, ніж всі інші види зношування. Така сама тенденція спостерігається і для країн Західної Європи. Всі західні дослідники абразивного зношування в свої роботах посилаються на праці радянських вчених, особливо це стосується ранніх праць Хрущова М.М. [2, 3]. Слід відмітити, що в роботах американських вчених [6, 7] якісно досліджено вплив твердості матеріалу на інтенсивність зношування. В результаті дослідники прийшли до висновку, що твердість не може бути універсальним індикатором зносостійкості матеріалу і необхідно досліджувати структуру матеріалу [6, 7].

В багатьох роботах, як вітчизняних так і зарубіжних вчених, досліджено вплив твердості абразивних частинок [8, 9, 10], розміру абразивних частинок [11, 12, 13, 14] та форми абразивних частинок [9, 10, 15, 16, 17] на інтенсивність зношування. У всіх цих дослідженнях в якості абразиву використовувалась «ідеальний» абразивний матеріал, який за своїми властивостями суттєво відрізняється від реальних умов експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин. Результати даних досліджень дають тільки порівняльні характеристики і не описують реальні процеси в зоні тертя при абразивному зношуванню.

Проведений аналіз вітчизняних та закордонних праць свідчить про недостатнє дослідження факторів, які впливають на інтенсивність зношування деталей при абразивному зношуванні. Переважна більшість дослідників не розглядають впливу хімічних факторів при взаємодії абразивної маси з поверхнею деталей машин, які піддаються абразивному зношуванню. Для робочих органів ґрунтообробних машин це є недопустимою помилкою, оскільки складові ґрунту (рослинні рештки, живі організми, кислоти, органічні сполуки та ін.) можуть призводити до хімічних процесів, які інтенсифікують або уповільнюють процес абразивного зношування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження впливу рослинних рештків на інтенсивність абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин.

Виклад основного матеріалу. Лабораторні дослідження по впливу рослинних решток на інтенсивність абразивного зношування проводили за удосконаленим способом «крильчатки» (рис. 1).



1 – вал-тримач зразків, 2 – циліндр, 3 – абразивна маса, 4 – зразки, 5 – багатосекційний диск, який створює необхідну густину абразивної маси

Рисунок 1 – Схема випробовування за удосконаленим способом «крильчатки»

Привід установки здійснювали від шпинделя вертикально-розточного верстата 2E78П (рис. 2).



1 – циліндр з абразивною масою, 2 – вал-тримач зразків; 3 – вертикально-розточний верстат 2E78П

Рисунок 2 – Загальний вид установки для випробовування на зносостійкість

Масовий знос зразків визначали на лабораторних вагах CP 34001 S фірми “Sartorius”. Шлях тертя приймали рівним 100 км. На протязі цього шляху зразок контролювався по втраті ваги 5 раз, або через кожні 20 км. Постійними були прийняті наступні фактори: швидкість переміщення – 125,28 м/хв та тиск суміші на зразок 122,6 кПа. В якості робочого середовища застосовували кварцовий пісок розмір фракцій якого складав 50...100 мкм. Коефіцієнт форми абразивних частинок K_f складав 114,18.

Для дослідження використовували сталь 65Г, яка піддавалася об’ємному гартуванню при температурі 810...830 °С і середнім відпуском із дуже точною витримкою при температурі 460...480 °С.

В результаті проведених досліджень отримали результати представлені в табл. 1.

Як бачимо з табл. 1 для більшості сухих рослинних рештків спостерігається зменшення інтенсивності масового зношування на 4...5%, що пояснюється зменшенням абразивності середовища за рахунок наявності рослинних рештків. Для кукурудзи, сої та соняшника навпаки спостерігається несуттєве підвищення інтенсивності зношування на 5...9%.

Для волого матеріалу спостерігається збільшення інтенсивності зношування на 13,5...16%, що можна пояснити виділення амінокислот і амінів з рослинних рештків, які призводять до інтенсифікації хімічних процесів на поверхні тертя. Це твердження підтверджують і результати досліджень з абразивною масою, яка в своєму складі мала рослини до збирання (у фазі колосіння для пшениці та в фазі молочно-воскової стиглості для кукурудзи). Так інтенсивність зношування для пшениці збільшилась на 15,4...18,6%, а для кукурудзи – на 21,5%. Рослини під час зношування виділяли соки (патоку), яка за рахунок амінокислот і амінів інтенсифікувала процес абразивного зношування.

Для підтвердження лабораторних досліджень були проведені експлуатаційні дослідження на двох суміжних ділянках поля по 56 га. Ділянки були розміщені на супіщаних ґрунтах в Овруцькому районі, Житомирської області. Перша ділянка відразу після збирання кукурудзи на силос, друга ділянка чистий пар (поле не оброблялося рік, вносилися гербіциди для недопущення наявності рослинних рештків на поверхні поля). Результати досліджень представлені на рис. 3.

Таблиця 1 – Інтенсивність масового зношування зразків сталі 65Г в абразивній масі

№	Абразивна маса	Вміст рослинних рештків (% від маси)	Інтенсивність масового зношування, I_m г/км
1	Без рослинних решток	0	0,022
Рослинні рештки після збирання сільськогосподарських культур (сухі)			
2	Соя	3	0,022
		6	0,023
3	Соя (плющена)	3	0,021
		6	0,021
4	Пшениця	3	0,022
		6	0,021
5	Ячмінь	3	0,021
		6	0,022
6	Люцерна	3	0,022
		6	0,021
7	Ріпак	3	0,021
		6	0,021
8	Кукурудза	3	0,023
		6	0,022
9	Соняшник	3	0,022
		6	0,023
10	Сіно (лугова трава)	3	0,022
		6	0,021
Рослинні рештки після збирання сільськогосподарських культур (вологі)			
11	Соя (вологість 38%)	3	0,024
		6	0,024
12	Ячмінь (вологість 34%)	3	0,024
		6	0,025
Рослини у різних фазах росту			
13	Пшениця (у фазі колосіння)	3	0,026
		6	0,027
14	Кукурудза (в фазі молочно-воскової стиглості)	3	0,028
		6	0,028

Джерело: розроблено автором



Рисунок 3 – Темп зношування робочих органів дискового агрегату УДА 4,5

Джерело: розроблено автором

В результаті встановлено, що темп масового зношування дискових робочих органів (універсального дискового агрегату УДА 4,5) на полі після збиранні кукурудзи більша на 8% в порівнянні з темпом зношування дискових робочих органів на полі без рослинних рештків.

Результати експлуатаційних досліджень підтверджують лабораторні дослідження, хоча лабораторні дослідження продемонстрували підвищення на 21,5% а експлуатаційні на 8%. Дане відхилення пов'язано з більш високою концентрацією рослинних рештків кукурудзи в абразивній масі при проведенні лабораторних досліджень

Висновки. Процес абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних машин не можливо розглядати як простий механічний процес, адже при зношуванні в реальному ґрунті хімічний фактор може суттєво прискорювати інтенсивність зношування робочих поверхонь.

Список літератури

1. Tylczak J. H. Abrasive wear. *ASM Handbook. Materials Park, OH, ASM International*. 1992. №18 P. 184-190.
2. Костецкий Б.И. Сопrotивление изнашиванию деталей машин. Москва; Киев : МАШГИЗ, 1959. 478 с.
3. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Абразивное изнашивание. Москва : Наука, 1970. 252 с.
4. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Исследования изнашивания металов. Москва : АН СССР, 1960. 272 с.
5. Шейман Е. Л. Абразивный износ. Обзор американской печати. *Трение и износ*. 2005. Том 26, №1 С. 100-111.
6. Scandell F., Scandell R. Development of hardfacing material in Fe-Cr-Nb-C system for use under highly abrasive conditions. *Mater. Sci. Technol.* 2004. Vol. 20. P. 92-105.
7. Al-Rubaine K. C. Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys. *Wear*. 2000. Vol. 243. №1-2. P. 92-100.
8. Hawk J. A., Wilson R. D., Darks D. R., Catrillar M. T. Abrasive wear failures. *ASM Handbook. Materials Part, OH, ASM International*. 2002. №11. P. 906-921.
9. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. Москва : Машиностроение, 1966. 332 с.
10. Тененбаум М.М. Сопrotивление абразивному изнашиванию. Москва : Машиностроение, 1976. 271 с.
11. Pintaude G., Sinatora A., Tanaka D. K. The effects of abrasive particle size on the sliding friction coefficient of steel using a spiral pin-on-disk apparatus. *Wear*. 2003. №1. P. 55-59.
12. Gao Y. X., Fan H. A micro-mechanism based analysis for size-dependent indentation hardness. *J. of Materials Science*. 2002. №37. P. 4493-4498.
13. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 / Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. Харків, 2013. 217 с
14. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев и др. ; под. ред. М.М. Севернева. Минск : Беларус. наука, 2011. 333 с.
15. Opalka S. M., Hector L. G., Schmid S.R., Reich R.A., Epp J.M. Boundary additive effect on abrasive wear during single asperity plowing of 3004 aluminum alloy. *J. of Tribology*. 1999. №121. P. 384-393.
16. De Pellegrin D. S., Stachowiak G.V. Sharpness of abrasive particles and surfaces. *Wear*. 2004. №6. 614-622.
17. Берштейн Д. Б., Кисетова Н. И., Соркина Е. М., Шеко И. Б. Макрогеометрия и изнашивающая способность почвенных абразивных частиц. *Трение и износ*. 1992. Том 13. №2. С.333-339.

References

1. Tylczak, J.H. (1992). Abrasive wear. *ASM Handbook. Materials Park, OH, ASM International*, 18, 184-190 [in English].
2. Kosteczkiy, B.I. (1959). *Soprotivlenie iznashivaniyu detalej mashin [Resistance to wear of machine parts]*. Moskva; Kiev: MASHGIZ [in Russian].
3. Xrushhov, M.M., & Babichev, M.A. (1970). *Abrazivnoe iznashivanie [Abrasive wear]*. Moskva: Nauka [in Russian].

4. Xrushhov, M.M., & Babichev, M.A. (1960). *Isledovaniya iznashivaniya metalov [Metal wear studies]*. Moskva: AN SSSR [in Russian].
5. Shejman, E.L. (2005). Abrazivny`j iznos. Obzor amerikanskoj pechati [Abrasive wear. Review of the American press]. *Trenie i iznos – Friction and wear, Vol. 26, 1*, 100-111 [in Russian].
6. Scandell F., & Scandell, R. (2004). Development of hardfacing material in Fe-Cr-Nb-C system for use under highly abrasive conditions. *Mater. Sci. Technol, Vol. 20*, 92-105 [in English].
7. Al-Rubaine, K.C. (2000). Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys. *Wear, Vol. 243, 1-2*, 92-100 [in English].
8. Hawk J.A., Wilson, R.D., Darks, D.R., & Catrillar, M.T. (2002). Abrasive wear failures. *ASM Handbook. Materials Part, OH, ASM International, 11*, 906-921 [in English].
9. Tenebaum, M.M. (1966). *Iznosostojkost` konstrukcionny`x materialov i detalej mashin [Wear resistance of structural materials and machine parts]*. Moskva : Mashinostroenie [in Russian].
10. Tenenbaum, M.M. (1976). *Soprotivlenie abrazivnomu iznashivaniyu [Abrasion resistance]*. Moskva: Mashinostroenie [in Russian].
11. Pintaude, G., Sinatora, A., & Tanaka, D.K. (2003). The effects of abrasive particle size on the sliding friction coefficient of steel using a spiral pin-on-disk apparatus. *Wear, 1*, 55-59 [in English].
12. Gao, Y.X., & Fan, H. (2002) A micro-mechanism based analysis for size-dependent indentation hardness. *J. of Materials Science, 37*, 4493-4498 [in English].
13. Borak, K.V. (2013). *Pidvysychennia znosostiikosti robochykh orhaniv dyskovykh gruntoobrobnykh znariad metodom elektroeroziinoi obrobky [Improve of wear-resistance of working organs of disk tillage tools by the method of electrical erosive processing]*. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
14. Severnev, M.M., Podlekarev, N.N., Soxadze, V S., & Kitikov, V.O. (2011). *Iznos i koroziya sel's`koxozyajstvenny`x mashin [Wear and corrosion of agricultural machinery]*. Minsk: Belarus. Navuka [in Russian].
15. Opalka, S.M., Hector, L.G., Schmid, S.R., Reich, R.A., & Epp, J.M. (1999). Boundary additive effect on abrasive wear during single asperity plowing of 3004 aluminum alloy. *J. of Tribology, 121*, 384-393 [in English].
16. De Pellegrin, D.S., & Stachowiak, G.V. (2004). Sharpness of abrasive particles and surfaces. *Wear, 6*, 614-622 [in English].
18. Bershtejn, D.B., Kisetova, N.I., Sorokina, E.M., & Sheko, I.B. (1992). Makrogiometriya i iznashivayushhaya sposobnost` pochvenny`x abrazivnix chasticz [Macrogometry and the abrasive ability of soil abrasive particles]. *Trenie i iznos – Friction and wear, 13*, 333-339 [in Russian].

Kostiantyn Borak, PhD tech. sci.

Zhytomyr Agricultural and Technical College, Zhytomyr, Ukraine

Effect of Plant Remains on the Tilling Machine Movable Operating Parts Abrasive Wear Rate

Abrasive wear is one of the most common types of wear accounting for up to 50% of all failures of machine parts. The study of laws governing the process of abrasive wear process is undoubtedly a critical task.

The paper is dedicated to the effect that the chemical factor, in particular the presence of plant remains in the abrasive mass, has on the tilling machine movable operating parts abrasive wear rate.

Laboratory researches were performed with the Impeller technique, while the field tests – with a multipurpose disk tiller UDA-4.5 in the conditions of the Ovruch district of Zhytomyr region (sandy loam soil).

As follows from the study, the ooze of the sap (syrup) leads to an increase of the abrasive wear rate by 13,5...21,5% in the laboratory conditions. As a result, it was found that the rate of mass wear of the disk working bodies (multipurpose disk tiller UDA-4.5) on the field after corn was increased by 8% compared to the rate of wear of the disk working bodies on the field without plant residues.

Results of the field tests confirm those of the laboratory studies, although the latter have demonstrated an increase in the wear rate, which is by 13,5% greater than got upon the field tests. Such a deviation is conditioned by a higher concentration of the corn crop remains in the abrasive mass during laboratory testing. Abrasive wear of the tilling machine movable operating parts may not be identified as a simple mechanical process, as the working surface wear rate may be significantly increased by the chemical factor when subject to wear in the real soil.

movable operating parts, tilling machines, abrasive wear, soil, plant remains

Одержано (Received) 05.02.2020

Прорецензовано (Reviewed) 17.02.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020