



ARTICLE INFO

Received: 29th November 2022

Accepted: 09th December 2022

Online: 12th December 2022

KEY WORDS

Ковш, формы зубьев, режущие элементы, работоспособность, долговечность, износостойкость, угол резания, датчики, тензоусилители.

Введение: Быстрое изнашивание исполнительных органов приводит к повышению энергоёмкости резания (копания) грунта и к снижению работоспособности и производительности машины. [1]

Для создания износостойкости режущих элемента (зуба), обеспечивающего при разработке грунтов снижение энергоёмкости процесса, повышение работоспособности, долговечности рабочих органов и производительности машины, и методологической основой послужило биомеханическое моделирование резцов естественных землероев (роющих млекопитающих). В процессе экологической эволюции приспособленность их резцов к грунтовым условиям доведена до высокой степени совершенства.

Очень важна увидеть и раскрыть тайны природы, научиться использовать эти

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТАСПОСОБНОСТИ ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ

¹Кудайбергенов М.С,

²Мухамедова Н.Б,

³Мирхоликов С.М,

⁴Юсубжонов С.С

Ташкентский государственный транспортный университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7431598>

ABSTRACT

В данной статье рассмотрены методы повышения износостойкости зубьев ковша экскаватора. Рассмотрены пути повышения работоспособности, долговечности рабочих органов и производительности машины. Для этого были выбраны формы зубьев роющих млекопитающих. Показаны экспериментальные данные испытания с различными формами зубьев и сделаны соответствующие выводы.

знания в научной практической деятельности. Ещё со время древних времён знания о строении объектов природы помогало решать многие задачи. Сочетание принципов бионики и методов оптимизации создает надежную научную базу для разработки достаточно и высокоэффективных синтеза конструктивных систем рабочих органов.

Материалы и методы: Для испытаний выбраны модели увеличенных в 50 раз резцов выдры (В) и слепушонка (С), эталоном послужило модель клиновидного зуба ковша экскаватора с ёмкостью ковша $V=0,5 \text{ м}^3$ в масштабе 1: 5.

В первой серии опытов испытывали модели резцов из стали 40 в целях оптимизации их формы; во второй серии- резцы с наплавкой рабочих поверхностей износостойкими



металлами для установления наиболее износостойкого сплава.

Форму режущего элемента оптимизировали по показателям нагружения и изнашивания при блокированном резания модельного грунта (шамотного кирпича марки ШБ-4/23). Испытания проводили при возвратно-поступательном движения зубьев при скорости резания 0,65 м/с, глубине резания 0,4-0,7 см, угле резания 38-40°.

Глубину резания устанавливали по микрометрическому нониусу и контролировали штангенглубиномером с ценой деления 0,05 мм в двух точках канавки на расстоянии 10 мм от входа и выхода резца.

Усилие резания измеряли методом тензометрирования с использованием датчиков ПКП-15-200, тензоусилителя 8 АНЧ-7М и осциллографа Н-700. Износ резцов определяли взвешиванием и микрометрированием.

Установлено, что сила сопротивления резанию клиновидным резцом составляет 62-65 Н, резцом типа В 25-29 Н, резцом типа С 16-18 Н.

На основании этих результатов для второй серии испытаний выбрали клиновидный и криволинейный тип зубья. Режущая часть криволинейного зуба представляет собой профиль с кривизной, уменьшающейся от режущей кромки к хвостовику. Поперечное сечение профиля изменяется от эллиптического на режущей кромке к усеченно-эллиптическому на хвостовой части. Отношение длины малой и большой осей эллипса увеличивается в направлении от режущей кромки к хвостовику. При этом отрезок большой

оси усеченного эллипса расположен между боковыми гранями зуба. Режущая кромка выполнена скошено-криволинейной.

Зубья, относительная износостойкость которых приведена в табл.1, наплавляли вручную электродуговым способом на постоянном токе обратной полярности электродами различных марок. Влияние формы зуба на износостойкость оценивали коэффициентом формы зуба, представляющим собой отношение износостойкости криволинейного и эталонного зубьев.

Результаты: Из полученных данных следует, что замена клиновидных зубьев криволинейными в выбранных условиях испытаний приводит к повышению износостойкости на 27-34%.

Наиболее износостойким оказался борсодержащий металл (наплавка типа Э-300Х25Г2Р2СТ), наплавленный электродами Х-5.

На основании исследований для зубьев ковшей экскаваторов выбрана наплавка типа Э-300Х25Г2Р2СТ для абразивных грунтов.

В дальнейшем клиновидные и криволинейные зубья испытывали в грунтовом канале при копании грунта III категории влажностью 18%, прочностью С=8, с каменистыми включениями размером до 80 мм. Скорость резания задавали равной 0,77 м/с, угол резания 37-43°, глубину копания изменяли от 2 до 14 мм с интервалом 2 и 4 мм соответственно для клиновидного и криволинейного зубьев. Горизонтальную составляющую силы сопротивления копанию измеряли отдельными и спаренными зубьями.



Износ опытных зубьев ковшей экскаваторов
Таблица №1

объясняется сосредоточением усилия копания и большим давлением на режущей кромке, ее лучшей

Материал	Твердость HRC (HB)	ЭО-3322			ЭО-4121		
		Δl , мм	v , мм/ч ⁻¹	ϵ_v	Δl , мм	$\tau \times 10^3$ мм/м	ϵ_τ
Сталь 40X	36...38	24,9	0,25	0,66	25,2	2,5	0,75
Сталь	(205...209)	36,8	0,37	0,45	35,2	3,5	0,54
Наплавка X-5 на сталь 40X	60...63	6,6	0,07	2,50	8,3	0,8	2,28
Наплавка X-5 на 110Г13Л	60...63	9,7	0,10	1,170	11,9	1,2	1,59
Наплавка Т-590 на 110Г13Л	57...59	16,5	0,17	1,0	18,9	1,9	1,0

Примечание: Δl - линейный износ за время эксперимента; v - скорость изнашивания; τ - темп изнашивания; ϵ - относительная износостойкость.

Анализ данных табл. 1 показывает, что оптимальным вариантом для ковшей экскаваторов ЭО-3322 и ЭО-4121 будет применение зубьев из стали 40X, наплавленных электродами X-5. При этом их износостойкость возрастает в 1,6...2,5 раза по сравнению с эталонными зубьями из стали 110Г13Л, наплавленными электродами Т-590.

В ходе исследований установлена линейная зависимость горизонтальной составляющей P_e силы от сопротивления копания при работе отдельными и спаренными зубьями от глубины копания h . При этом копание спаренными зубьями приводит к двукратному росту P_e . Сопоставление P_e для разнотипных зубьев показывает, что при копании криволинейными зубьями сопротивление копанию уменьшается в 1,6-2,8 раза. Этот факт

обтекаемостью по сравнению с кромкой прямоугольного сечения, осуществлением косоугольного резания грунта. Кроме того, вертикально расположенная боковая грань при копании выполняет роль расщепителя грунта, а передняя и задняя поверхности вследствие своей криволинейности смещают частицы грунта над и под зубом в сторону уменьшения толщины поперечного сечения. При контакте с крупными включениями грунта эти поверхности либо вытесняют их из зоны резания, либо вдавливают в менее плотные слои разрабатываемого грунта. Указанные факторы способствуют большей устойчивости криволинейного зуба. [2]

Выводы: По результатам полученных данных исследований можно сделать следующие выводы:

1. На основании результатов стендовых и натурных испытаний для землеройных машин (рыхлителей, экскаваторов и др.), эксплуатируемых в республике, рекомендуется



криволинейная форма зуба с наплавкой типа Э-300Х25Г2Р2СТ наплавленный электродами х-5 в передней или задней гранях. Такие зубья просты в изготовлении (например, литьем с последующей наплавкой), самозатачиваются, обладают повышенными прочностью и работоспособностью.

2. Ведущим видом изнашивания в данном случае является абразивный износ, сопровождающийся пластическими отеснением металла.

3. Изменение первоначальной формы зуба происходит в результате макро- и микро резания металла абразивными частицами.

4. Действующие в процессе работы зуба ковша нагрузки не, вызывают глубокого наклепа аустенита, а образующийся тонкий наклепанный слой не может противостоять разрушающему действию абразивных частиц.

5. Низкая износостойкость материала зубьев объясняется тем, что в рассматриваемых условиях работы не реализуется одно из главных физико-механических свойств высокомарганцовистой стали 110Г13Л её способность значительно упрочняться (наклепываться) под действием деформирующих усилий.

References:

1. Балонев В.И «Определение параметров и выбор землеройных машин зависимости от условий эксплуатации», Москва. МГТУ 2006 г.
2. Шукуров Р.У, Рожина М.А, Таджиходжаева М.Р. Влияние величины износа зубьев ковшей экскаваторов на эффективность их использования //журнал «Строительные технологии и новое оборудование», Москва №4. 2011 г.
3. Khankelov T. K., Askarxodjaev T.I., Mukhamedova N. B. Journal of Critikal Reviews. Determination of Key Parameters of a Device for Sorting Municipal Solid Waste. Vol 7, Issue 4, 2020
4. [Khankelov, T., Mukhitdinov, A., Ibrokhimov, S., Aslonov, N., Mirkholikov, S.](#) Determination of the Lengths of Rebounds of Elastic Components of Solid Municipal Waste.
5. Maksudov Z.T., Kudaybergenov M, Ismailov J. On the frequency of service maintenance of the "SHANTUI SD 32" bulldozer in terms of fuel consumption and machine production, Collection of scientific papers of the eighth international scientific-practical conference, pp.151 -154, Almaty, (2019).
6. Zokir Maksudov*, Mavlyan Kudaybergenov , Sh Kabikenov and Aydana Sungatollakyzy. The machines optimal set development for the construction of automotive roads elements based on the "Norm" for machines employment cost. Tashkent State University of Transport. E3S Web of Conferences 264, 02031 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402031> CONMECHYDRO - 2021.
7. K.J.Rustamov, S.I. Komilov, M.S. Kudaybergenov, Sh.X.Shermatov, Sh.Sh. Xudoyqulov. Experimental Study of Hydraulic Equipment Operation Process. Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, pages 5, 2021-year. <http://conmechhydro.tech/>.
8. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57768749100>