

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

MINING MACHINES

Научная статья

УДК 622.6

DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58

Мамаева Мария Сергеевна^{1*}, Горюнов Сергей Викторович¹, Хорешок Алексей Алексеевич²

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*E-mail: art@mmamaeva.ru

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ ГРУНТОВ НА УСИЛИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОПАНИЮ КОВШОМ ЭКСКАВАТОРА ТИП «ОБРАТНАЯ ЛОПАТА»



Информация о статье

Поступила:

29 октября 2023 г.

**Одобрена после
рецензирования:**

30 апреля 2024 г.

Принята к печати:
15 мая 2024 г.

Опубликована:
06 июня 2024 г.

Аннотация.

При проведении открытых горных работ из-за налипания влагосодержащей горной массы на внутреннюю поверхность ковша экскаватора происходит уменьшение рабочего объема примерно на 15-35% в разные времена года в зависимости от количества налипшей массы. Анализ методов борьбы с налипанием на ряде горнодобывающих предприятий Кузбасса показал, что они не отличаются разнообразием. В статье рассмотрены вопросы, связанные с влиянием процесса налипания на силы сопротивления, возникающие при перемещении горной массы по поверхности ковша экскаватора типа «Обратная лопата».

Проведенные исследования дают понять, что усилие, затрачиваемое при резании горной массы на преодоление налипания грунта, зависит от площади соприкосновения поверхности ковша с горной массой, и при ее уменьшении оно также будет уменьшаться. Благодаря этим данным можно сказать, что разделение общего потока горной массы, так называемой стружки, позволит произвести ее фракционирование на несколько потоков, что позволит уменьшить налипание на поверхности ковша.

Ключевые слова:

грунт; экскаватор; обратная лопата; стружка; призма волочения; сила сопротивления копанию; геометрические элементы; расчетная схема

Для цитирования: Мамаева М.С., Горюнов С.В., Хорешок А.А. Влияние свойств влагосодержащих грунтов на усилия сопротивления копанию ковшом экскаватора тип «обратная лопата» // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 2 (172). С. 51-58. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58, EDN: NIXCZM

Введение

В ходе исследования угольных месторождений открытым способом необходимо учитывать динамичную природу массива горных пород. Это связано с влиянием различных факторов, таких как горнотехнические, инженерно-геологические, гидрогеологические, природно-геологические и физико-географические условия. Кроме того, климатические особенности района месторождения играют

важную роль в формировании влажностного режима горных пород и стимулируют различные процессы [1], изменяющие свойства малопрочных пород, в т. ч. глинистых грунтов. Из-за этих процессов многие предприятия сталкиваются с проблемами налипания и намерзания пород на рабочее навесное оборудование экскаваторов.

Из-за налипания влагосодержащей горной массы происходит уменьшение рабочего объема ковша

экскаватора примерно на 15-35% в зависимости от количества налипшей массы в разные времена года.

Анализ, выполненный на ряде предприятий Кузбасса, позволил выявить, что экскаваторный парк состоит из экскаваторов различных марок (Рис.1) с разными объемами ковшей (Рис.2). Преобладающим типом лопаты является обратный. На этих предприятиях применяются сходные методы для борьбы с налипанием.

Шагающие экскаваторы марки ЭШ подогревают ковш открытым пламенем в течение 40-50 минут. Экскаваторы карьерные гусеничные (ЭКГ) подогревают ковш также открытым способом и позволяют проходить через ковш крупным кускам породы. Гидравлические экскаваторы также пропускают через ковш большие куски породы и в течение 20-35 минут очищают вертикальную металлическую трубу с фиксированным основанием (металлический еж). Однако механические и тепловые методы борьбы с налипанием негативно влияют на рабочее оборудование экскаваторов, так как повышается износ поверхности ковшей. В результате возникает необходимость регулярного восстановления изношенных участков.

Основными факторами, влияющими на налипание, являются влажность и состав грунта. Опыты, проведенные в лаборатории филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, показали, что процесс налипания начинается при влажности грунта около 12%. Максимальная липкость достигается при 27-28% влажности, а после превышения этой отметки липкость начинает уменьшаться из-за появления свободных частиц воды в грунте.

В то же время липкость у разного типа грунтов будет существенно различаться. Например, у песков и супесей липкость ничтожна по сравнению с липкостью глинистых грунтов. Для Западной Сибири и Кузбасса наиболее распространены счи-таются пылеватые суглинки [2].

Наибольшая часть налипшей горной массы концентрируется в мертвых зонах ковша экскаватора, это места сопряжения различных конструктивных элементов ковша, в которых происходит малоинтенсивное продвижение грунта при его заполнении. Призма волочения, образующаяся при горизонтальном и наклонном движении ковша, способствует интенсивному налипанию в мертвых зонах (Рис.3,4).

Также налипание происходит и с внешней стороны. Задняя стенка ковша, места соединений элементов, боковые части подвергаются сильному налипанию, из-за чего увеличивается масса ковша.

Материалы и методы

Определение сопротивления, основанное на экспериментальных исследованиях процесса резания, было предложено академиком В.П. Горячкиным. Его фундаментальные труды послужили основой для создания теории резания почв землеройными машинами. Многие сельскохозяйственные машины были изменены в конструкции согласно его результатам исследований, благодаря чему была значительно увеличена эффективность почвообработки [3]. В трудах В.П. Горячина «Рацио-



Рис. 1. Анализ парка экскаваторов по маркам
Fig. 1. Analysis of the excavator fleet by excavator

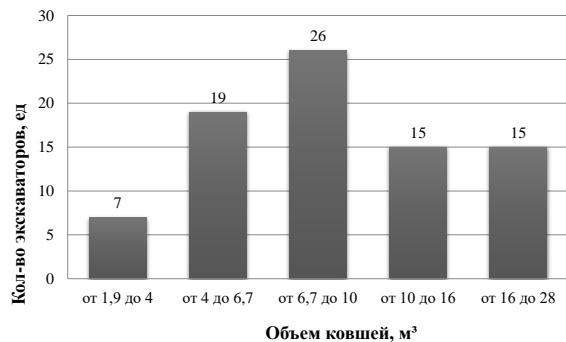


Рис. 2. Анализ парка экскаваторов по объему ковшей
Fig. 2. Analysis of the excavator by bucket volume

нальная формула для силы тяги плугов (конных и тракторных)», представлены результаты исследования, которые привели к формуле для определения сопротивления, которая имеет следующий вид [4]:

$$P_1 = \mu_1 G + k h b + \varepsilon h b \vartheta^2, \quad (1)$$

где μ_1 – коэффициент трения плуга о грунт, $\mu_1 = 0,25 \div 0,4$;

G – сила тяжести плуга, Н;

k – удельное сопротивление грунта резанию (находится опытным путем) для плуга, Па;

h – толщина вырезаемого пласта грунта, для плуга $h=0,15\text{--}0,2$ м;

b – ширина резания, для плуга $b=0,2\text{--}0,3$ м;

ε – коэффициент, учитывающий сопротивление, возникающее при отбрасывании вырезанного пласта грунта, в среднем $\varepsilon \approx 0,1k$;

ϑ – скорость движения плуга, м/с.

Данная формула (1) применима лишь для сельскохозяйственной техники, т.к. не учитывает многие факторы, влияющие на сопротивление резанию ковшом экскаватора [5].

Величина силы P_1 и относительная величина трех ее составляющих зависят от крепости горной породы и конструкции ковша. С увеличением крепости горной породы абсолютная величина силы P_1 возрастает, в то время как составляющие силы увеличиваются незначительно, что и вызывает уменьшение их относительной величины. Более благоприятные условия работы ковша экскаватора (большой наклон траектории ковша к горизонту

при его подъеме) способствуют значительному уменьшению величины силы P_1 .

Существующая методика по определению геометрических параметров проведения экскавации, основанная на экспериментальных натурных испытаниях Н. Г. Домбровского и Ю. А. Ветрова, является затратной и трудоемкой. Эти недостатки могут быть устранены, если будут разработаны новые приемы, основанные как на современных методах моделирования самих конструктивных элементов с помощью ЭВМ, так и на способах расчета их

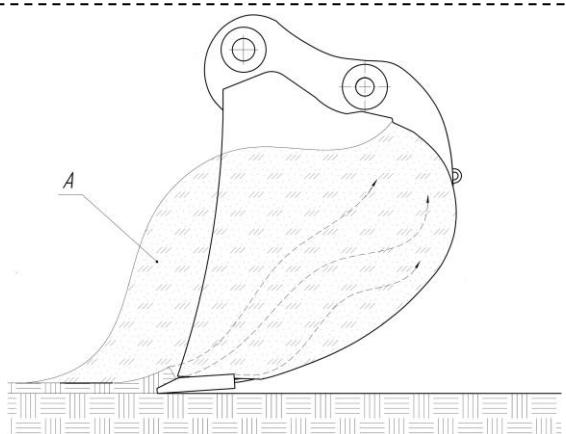


Рис. 3. Призма волочения (A) при горизонтальной траектории ковша
Fig. 3. Drawing prism (A) with a horizontal bucket trajectory

напряженно-деформированного состояния и действующих сил при ведении работ [6].

При разработке грунтов нужно учитывать не только процесс резания, но и процессы перемещения грунта по рабочему органу и впереди последнего, а для некоторых машин и перемещения его внутри него. Данная совокупность процессов называется процессом копания и рассматривается Н.Г. Домбровским [5] как сумма трех сил:

$$P_{01} = P_p + P_m + P_n; \quad (2)$$

где:

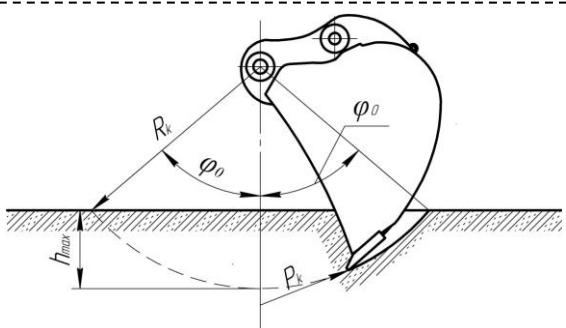


Рис. 5. Схема копания ковшом типа «обратная лопата»
Fig. 5. The scheme of digging with a bucket of the "reverse shovel" type

P_p – сопротивление грунта резанию, Па;

P_m – сопротивление трению рабочего органа о грунт, Па;

P_n – сопротивление перемещению призмы волочения и движению грунта в ковше, Па.

Эту формулу также можно представить в развернутом виде:

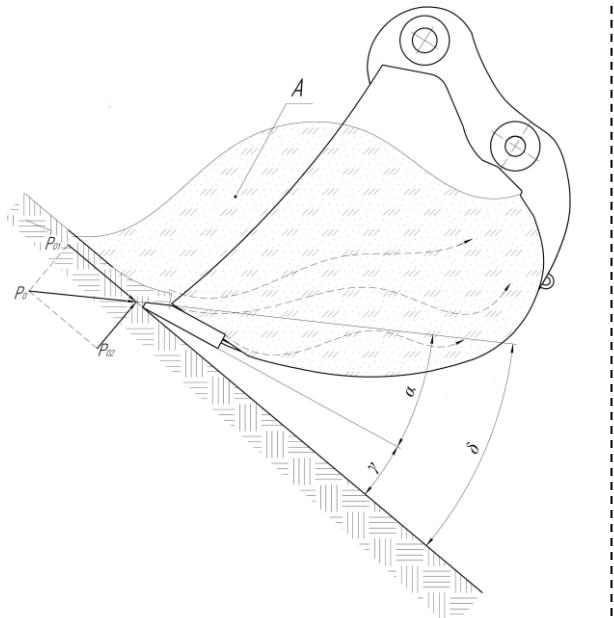


Рис. 4. Призма волочения (A) при наклонной траектории ковша
Fig. 4. Drawing prism (A) with an inclined bucket trajectory

$$P_{01} = kbh + \mu_1 N_1 + \varepsilon(1 + q_{np})qk_h, \quad (3)$$

где:

k – удельное сопротивление резанию, кПа;

b и h – соответственно, ширина и толщина срезаемого пласта грунта, см;

μ_1 – коэффициент трения ковша о грунт;

N_1 – давление ковша на грунт, Па;

q_{np} – объем призмы волочения, выраженный в частях емкости ковша q ;

k_h – коэффициент наполнения ковша (отношение объема разрыхленного грунта в ковше к геометрическому объему ковша);

ε – коэффициент сопротивления наполнению ковша и перемещению призмы волочения.

При копании грунтов гидравлическими экскаваторами, оборудованными рабочим оборудованием типа «обратная лопата» (Рис.5), выделяют два варианта:

- копание поворотом рукояти при расположении ковша на выходе из забоя;

- копание поворотом ковша на начальной стадии разработки забоя [8].

В связи с выбранной темой исследования, а именно влиянием физических свойств влагосодержащих грунтов на усилие сопротивления копанию, было принято решение исследовать второй вариант копания грунтов.

Толщина срезаемого пласта грунта должна обеспечивать вырезание из породы за один поворот ковша объем V_c , равный вместимости ковша q .

В ряде исследований внутренние сопротивления в ковше экскаватора рассматриваются поверхностно, и при проведении расчетов ими пренебрегают. Однако при работе с влагосодержащими грунтами II, III и IV категории по ГЭСН-2001-01 для преодоления сопротивлений необходимо увеличивать усилие на штоке гидравлического цилиндра на 7-

19%. Силы трения, возникающие при движении по днищу и внутренним поверхностям ковша, приводят к снижению качественных показателей экскаваторов.

Рассмотрим суммарные сопротивления $\sum W$, H , возникающие при копании влагосодержащей горной массы ковшом экскаватора [6,15] типа «обратная лопата».

$$\sum W = P_k + S_d + S_b + S_6, \quad (4)$$

где:

P_k – сопротивление, возникающее при копании горной массы ковшом, H ;

S_d – сопротивление, связанные с воздействием си-

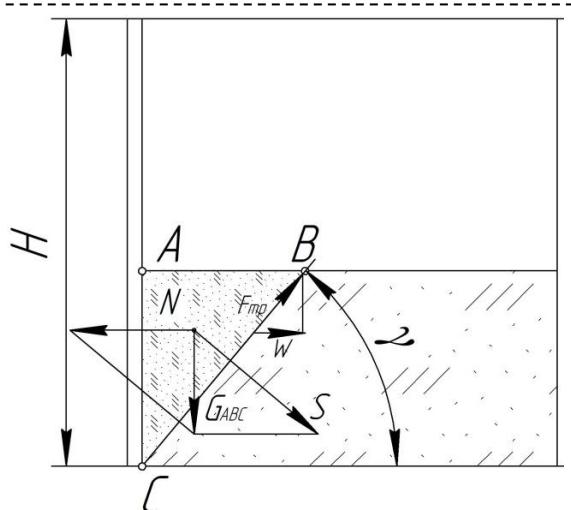


Рис. 6. Схема сил, действующих на боковые стенки ковша экскаватора

Fig. 6. Diagram of forces acting on the side walls of the excavator bucket

лы тяжести горной массы на ковш, H

S_d – сопротивление, связанное с трением горной массы о днище ковша, H ;

S_b – сопротивление, связанное с трением горной массы о внутренние поверхности боковых стенок ковша, H .

Ковш экскаватора имеет достаточно простую конфигурацию (Рис.7), и с небольшими допущениями можно принять стенки ковша прямоугольной формы с площадью $S_k = R_k L$, где L – глубина ковша, м.

На объем влагосодержащей горной массы, находящейся в ковше и на стенки ковша, действуют силы, приведенные на схеме (Рис. 6).

Сопротивление, возникающее при копании горной массы ковшом P_k при резании ковшами с зубьями, можно определить по формуле, предложенной А.Н. Зелениным [6,15]:

$$P_k = 9,81 C_y h^{1,35} (1 + 2,6 B_k) (1 + 0,0075 \alpha_p) z, \quad (5)$$

где:

C_y – число ударов динамического плотномера;

H – глубина резания, см;

B_k – длина горизонтальной режущей кромки рабочего органа, м;

α_p – угол резания в град.;

Z – коэффициент, учитывающий влияние зубьев.

Сопротивление, связанное с воздействием силы тяжести горной массы:

$$S_d = \frac{q \gamma_r}{2} \sin \alpha_p \quad (6)$$

где:

γ_r – удельная сила тяжести грунта, Н/м³

Сопротивление, возникающее при трении грунта о днище ковша, рассчитывают по аналогичной

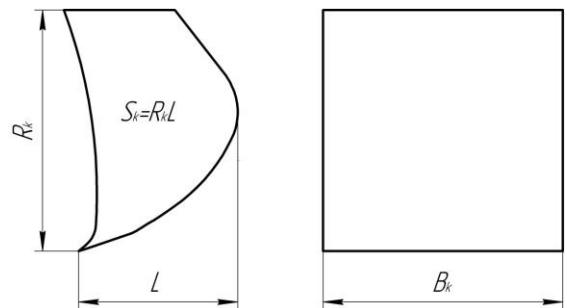


Рис. 7. Конфигурация упрощенного ковша экскаватора

Fig. 7. Configuration of a simplified excavator bucket

формуле, учитывающей коэффициент трения [7,16]:

$$S_d = \frac{q \gamma_r \mu_1}{2} \sin \alpha_p \quad (7)$$

где:

μ_1 – коэффициент трения горной породы о сталь.

На боковую стенку ковша нормальное давление N оказывает один из двух объемов горной массы ABC, где плоскость сдвига BC является границей раздела этих двух объемов масс [8]. Нормальное давление N , учитывая распределение объема ABC по плоскости сдвига под углом естественного откоса γ , град, определяется по правилу параллелограмма следующим образом [9,14]:

$$N = G_{ABC} t g \gamma, \quad (8)$$

где G_{ABC} – сила тяжести призмы массы ABC, стремящейся к сдвигу, H .

С учетом принятой геометрии ковша сила тяжести призмы будет определяться по формуле:

$$G_{ABC} = \frac{L_{AB} H L \gamma_0}{2}, \quad (9)$$

где: L_{AB} – ширина призмы горной массы ABC, м; L – глубина ковша, м; H – высота боковой стенки ковша, м; γ_0 – объемная сила тяжести горной породы, Н/м³.

Перпендикулярно плоскости сдвига BC действует сила S , H :

$$S = \frac{G_{ABC}}{\cos \gamma}, \quad (10)$$

Сила трения, которая возникает в зоне контакта призмы ABC, определяется:

$$F_{tp} = S t g \varphi_2, \quad (11)$$

где φ_2 – коэффициент внутреннего трения горной породы.

$$W = F_{tp} \cos \gamma, \quad (12)$$

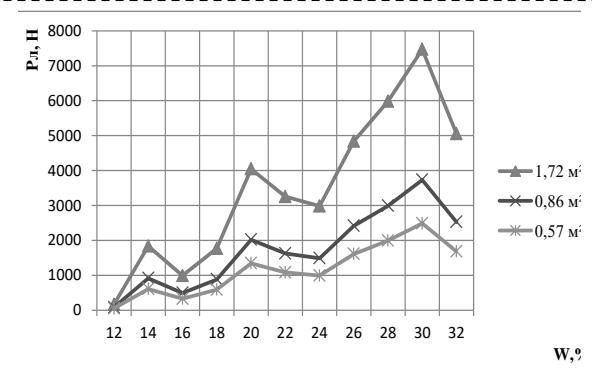


Рис. 8. Зависимость усилия сопротивления поверхности соприкосновения $P_{\text{л}}$ разных площадей от абсолютной влажности.

Fig. 8. Dependence of the resistance force of the contact surfaces of different areas $P_{\text{л}}$ on the absolute humidity

где W – проекция силы трения на горизонтальную ось, Н.

С учетом приведенных формул (5), (6), (7), (8) и (9) давление на боковую стенку ковша P , Н:

$$P = N - W - \frac{2C_{\text{п}}H}{\sin\gamma} \operatorname{Ltg}(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}), \quad (13)$$

где $C_{\text{п}}$ – сцепление горной массы, Н/м³

Т.к. количество боковых стенок равно 2, с учетом формул (5), (9) и (10) сопротивление, связанное с трением горной массы о внутренние поверхности боковых стенок ковша, будет вычисляться по формуле:

$$S_6 = 2G_{ABC}(\operatorname{tg}\gamma - \operatorname{tg}\varphi_2)\mu_1 - \frac{4C_{\text{п}}H}{\sin\gamma} \operatorname{Ltg}(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2})\mu_1, \quad (14)$$

Из этого следует, что суммарное сопротивление копанию горной породы [9] на начальной стадии разработки забоя определяется следующей зависимостью:

$$\begin{aligned} \Sigma W &= 9,81Ch_{\max}^{1,35}(1 + 2,6B_k)(1 + \\ &0,0075\alpha_p)z + \frac{q\gamma_r}{2}\sin\alpha_p(1 + \mu_1) + \\ &\mu_1 H \left[L_{AB}L_k\gamma_0(\operatorname{tg}\gamma - \operatorname{tg}\varphi_2) - \frac{4C_{\text{п}}}{\sin\gamma} \operatorname{Ltg}(45^\circ - \right. \\ &\left. \frac{\varphi_2}{2}) \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Первое слагаемое в формуле (15) представляет собой сопротивление резанию.

Липкость горной массы служит серьезным препятствием на начальной стадии разработки забоя. Для измерения липкости была создана запатентованная модель устройства, позволяющего измерить прочность и липкость горных пород экспресс-методом в месте их залегания и разработки [10]. Силы налипания зависят от площади контакта горной массы с ковшом. Усилие, затрачиваемое при резании горной массы на преодоление налипания грунта, определяется по формуле:

$$P_{\text{л}} = \rho_{\text{л}}F, \quad (16)$$

где $\rho_{\text{л}}$ – удельное прилипание, F – площадь поверхности соприкосновения рабочего органа экскаватора с горной массой, м².

Удельное прилипание $\rho_{\text{л}}$ рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\text{л}} = \frac{P_0}{S_0}, \quad (17)$$

где P_0 – сила отрыва, Н; S_0 – геометрическая площадь пластины, м².

При проведении лабораторных исследований на базе филиала КузГТУ в г. Прокопьевске [11] геометрическая площадь пластины была равна 10 см², а сила отрыва зависит от влажности грунта. Максимальная липкость горной массы отмечается при достижении 28% влажности, и равняется 2,479 Н. При уменьшении поверхности соприкосновения рабочего органа экскаватора с горной массой усилие, затрачиваемое на резание горной массы, будет уменьшаться [12]. Принимаем площадь поверхности соприкосновения горной массы с ковшом равным 1,72 м², усилие, затрачиваемое на резание горной массы, будет равным 5139,71 Н. При уменьшении площади в два и в три раза усилие соответственно будет равно 2569,86 и 1713,24 Н.

Также при уменьшении площади соприкосновения поверхности ковша будет уменьшаться сопротивление [13], возникающее при копании горной массы ковшом P_k . Это будет происходить из-за уменьшения передней кромки ковша B_k (Рис.8).

Проведенные исследования дают понять, что усилие, затрачиваемое при резании горной массы на преодоление налипания грунта [14], зависит от площади соприкосновения поверхности ковша с горной массой, и при ее уменьшении оно также будет уменьшаться. Благодаря этим данным можно сказать, что разделение общего потока горной массы или так называемой стружки позволит произвести ее фракционирование [15] на несколько потоков, что позволит уменьшить налипание на поверхности ковша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюленев М. А. [и др.] Бестранспортная технология разработки консервированных запасов угля по пласту VI на разрезе «Томусинский» // Техника и технология горного дела. 2020. № 3(10). С. 18–57. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-3-18-57. EDN NYCVYS.
2. Полищук А. И., Ефименко С. В. Расчетные значения характеристик глинистых грунтов для проектирования автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 8(560). С. 66–71. EDN PFAIOR.
3. Панов И. М., Ветохин В. И. Современное состояние и перспективы развития земледельческой механики в свете трудов В. П. Горячкина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агрономический университет имени В.П. Горячкина». 2008. №2(27). С. 9–14. EDN JWWXOJ.
4. Горячих В. П. Собрание сочинений: В 3 т. Изд. второе. Т. 2 / Под. ред. Н. Д. Лучинского. М.: Колос, 1968. 456 с.
5. Домбровский Н. Г. [и др.] Строительные машины [Текст]: Учебник для студентов спец. «Строит. и дор. машины и оборудование» вузов : в 2 ч. М. : Машиностроение, 1976. 390 с.

6. Мамаева М. С. [и др.] Моделирование процессов налипания и намерзания горной массы на рабочее оборудование экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: Сборник трудов XXI Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках Уральской горнорудной промышленной декады, Екатеринбург, 06–07 апреля 2023 года. Под общей редакцией Ю. А. Лагуновой. Оргкомитет: Ю. А. Лагунова, А. Е. Калянов. Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2023. С. 69–75. EDN IOJKVA.
7. Алексеева Т. В., Артемьев К. А., Бромберг А. А. и [и др.] Дорожные машины. Часть 1 изд. М. : Машиностроение, 1972. 504 с.
8. Слепченко В. А., Слепченко И. В. Машины для земляных работ. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. 204 с. («Учебники ТГАСУ»). ISBN 978-5-93057-960-4. EDN DPEWOW.
9. 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. С. 381–388. DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-04-381-388. EDN XRMGDX.
10. Шемякин С. А., Шишгин Е. А. Определение максимального усилия поворота ковша гидравлического экскаватора, оборудованного обратной лопатой // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2023. № 3. С. 17–24. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-17-24. EDN IHHUVY.
11. Зеньков С. А. [и др.] Определение эффективности применения силиконового пластинчатого нагревательного элемента для снижения намерзания грунта к землеройным машинам // Механики XXI века. 2023. № 22. С. 12–17. EDN VGFIHU.
12. Патент на полезную модель № 215016 U1 Российской Федерации, МПК E21C 39/00, G01N 19/00. Устройство для измерения прочности и липкости горных пород : № 2022126697 : заявл. 14.10.2022 : опубл. 24.11.2022. Л. Е. Маметьев, Н. Т. Бедарев, Е. Ю. Пудов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева». EDN VTEQMV.
13. Маметьев Л. Е. [и др.] Разработка стенда для исследования силовых и прочностных параметров машин горизонтального бурения // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Кемерово, 19–20 октября 2021 года. Редколлегия: Д. М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. С. 351–355. EDN AZNOVG.
14. Рейш А. К. [и др.] Машины для земляных работ / Под ред. Елифанова С. А. и др. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1981. 352 с. : ил.; 21 см.; стр. 22–24.
15. Vetrov Yu. A., Fomin A. V. Calculation of the optimal service life of the ripper tip. Mountain construction and road machines: Republican Scientific and Technical Collection, 1983. Vol. 35. Pp. 5–9. (In Russ.)
16. Потапов С. А. Исследование процесса налипания связных пород на транспортные магистрали роторных комплексов и разработка способов его предотвращения: дис. канд. техн. наук: 01.04.07. Москва, 1979. 207 с.
17. Калачев В. Я. Новая методика изучения липкости глинистых грунтов [Текст] / М-во высш. и сред. спец. образования СССР. Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Геол. фак. Кафедра грунто-ведения и инж. геологии. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1975. 89 с. : ил.; 21 см.

© 2024 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Мамаева Мария Сергеевна, старший преподаватель, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а), art@mmamaeva.ru

Горюнов Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а),

Хорешок Алексей Алексеевич, доктор техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Заявленный вклад авторов:

Хорешок Алексей Алексеевич – постановка исследовательской задачи.

Горюнов Сергей Викторович – научный менеджмент; концептуализация исследования.

Мамаева Мария Сергеевна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58

Mariya S. Mamaeva^{1,*}, Sergey V. Goryunov¹, Alexey A. Khoreshok²

¹ Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev, branch in Prokopyevsk

² Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev

*E-mail: art@mmamaeva.ru

THE INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF MOISTURE-CONTAINING SOILS ON THE EFFORTS OF RESISTANCE TO DIGGING WITH A BUCKET EXCAVATOR TYPE "REVERSE BUCKET"



Article info

Received:

29 October 2023

Accepted for publication:

30 April 2024

Accepted:

15 May 2024

Published:

06 June 2024

Abstract.

During open-pit mining operations, due to the moisture-containing rock mass sticking on the excavator bucket's inner surface, the working volume decreases by about 15-35% at different seasons, depending on the amount of stuck mass. The struggle against sticking methods analysis at a several mining enterprises in Kuzbass has shown the lack of diversity. The article deals with the issues related to the influence of the sticking process on the resistance forces that arise when moving rock mass on the bucket surface of the "Reverse bucket" excavator type.

The conducted studies make it clear that the effort spent to overcome soil sticking when rock mass cutting depends from the bucket surface contact area with the rock mass, and when the area decreases, it will also decrease. Thanks to these data, we can say that the total flow rock mass total flow's separation, or the so-called "clay shaving", will allow its fractionation into several streams, which will reduce sticking on the bucket's surface.

Keywords: soil; excavator; reverse-bucket; clay shaving; drawing prism; digging resistance force; geometric elements; calculating scheme.

For citation: Mamaeva M.S., Goryunov S.V., Khoreshok A.A. The influence of the properties of moisture-containing soils on the efforts of resistance to digging with a bucket excavator type "reverse bucket". Mining Equipment and Electromechanics, 2024; 2(172):51-58 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58, EDN: NIXCZM

REFERENCES

1. Tyulenov M.A. [et al.] Transportless technology for the development of preserved coal reserves in reservoir VI at the Tomusinsky section. *Mining engineering and technology*. 2020; 3(10):18–57. DOI: 10.26730/2618-7434-2020-3-18-57. EDN NYCVYS.
2. Polishchuk A.I. [et al.] Calculated values of characteristics of clay soils for the design of highways. *News of higher educational institutions. Construction*. 2005; 8(560):66–71. EDN PFAIOR.
3. Panov I.M., Vetokhin V.I. The current state and prospects of development of agricultural mechanics in the light of the works of V.P. Goryachkin. *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2008; 2(27):9–14. EDN JWWXOJ.
4. Goryachkin V.P. Collected works: In 3 volumes of the second Edition. Vol. 2. Edited by N.D. Luchinsky. M.: Kolos; 1968. 456 p.
5. Dombrovsky N.G. [et al.] Construction machines [Text] : Textbook for students of spec. "Builds. and dor. machines and equipment" of universities : In 2 hours. Moscow: Mashinostroenie; 1976. 390 p. : ill.
6. Mamaeva M. S. [et al.] Modeling of the processes of sticking and freezing of rock mass on the working equipment of excavators. *Technological equipment for mining and oil and gas industry : Proceedings of the XXI International Scientific and Technical Conference held within the framework of the Ural Mining Decade, Yekaterinburg, 06-07 April 2023 year*. Under the general editorship of Yu.A. Lagunova. Organizing Committee: Yu.A. Lagunova, A.E. Kalyanov. Yekaterinburg: Ural State Mining University; 2023. Pp. 69–75. EDN IOJKBA.

7. Alekseeva T.V., Artemyev K.A., Bromberg A.A. and others. Road cars. Part 1 of the ed. M.: Mechanical Engineering; 1972. 504 p.
8. Slepchenko V.A., Slepchenko I.V. Machines for earthworks. Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering; 2021. 204 p. ("Textbooks of TSASU"). ISBN 978-5-93057-960-4. – EDN DPEWOW.
9. Sladkova L.A., Grigoriev P.A. Physico-mathematical model of soil sticking to the surface of the working bodies of earthmoving and transport machines. Scientific and Technical Bulletin of the Bryansk State University. 2021; 4:381–388. DOI 10.22281/2413-9920-2021-07-04-381-388. EDN XRMGDX.
10. Shemyakin S.A., Shishkin E.A. Determination of the maximum turning force of a bucket of a hydraulic excavator equipped with a reverse shovel. *Izvestia of higher educational institutions. Mining Journal*. 2023; 3:17–24. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-17-24. EDN IHHUVY.
11. Zenkov S.A. [et al.] Determination of the effectiveness of the use of a silicone plate heating element to reduce soil freezing to earthmoving machines. *Mechanics of the XXI century*. 2023; 22:12–17. EDN VGFHU.
12. Utility model Patent No. 215016 U1 Russian Federation, IPC E21C 39/00, G01N 19/00. Device for measuring the strength and stickiness of rocks : No. 2022126697 : application 14.10.2022 : publ. 24.11.2022. L.E. Mametyev, N.T. Bedarev, E.Y. Pudov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev". EDN VTEQMV.
13. Mametyev L.E. [et al.] Development of a stand for the study of power and strength parameters of horizontal drilling machines. *Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport : Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, October 19-20, 2021*. Editorial Board: D.M. Dubinkin (ed.) [et al.]. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2021. Pp. 351355. EDN AZNOVG.
14. Reish A.K., Borisov S.M., Bandakov B.F. Ed. Epifanova S.A. [et al.] Machines for earthworks - 2nd ed., reprint. and add. Moscow : Stroyizdat, 1981. 352 p.: ill.; 21 cm. Pp. 22–24.
15. Vetrov Yu.A., Fomin A.V. Calculation of the optimal service life of the ripper tip. Mountain, construction and road machines: Republican Scientific and Technical Collection. 1983; 35:5–9. (In Russian)
16. Potapov S.A. Investigation of the process of sticking of cohesive rocks on the transport highways of rotary complexes and the development of ways to prevent it: dis. Candidate of Technical Sciences: 01.04.07. M., 1979. 207 p.
17. Kalachev V.Y. A new technique for studying the stickiness of clay soils [Text] / M-vo higher. and Wednesday. spec. education of the USSR. Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Geol. fac. Department of Soil Science and Engineering Geology. Moscow: Publishing house of M. un-ta; 1975. 89 p.: ill.; 21 cm.

© 2024 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Mariya S. Mamaeva, senior lecturer, Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev, branch in Prokopyevsk, (653039, Russia, Prokopyevsk, Nogradskaya str., 19a), art@mmamaeva.ru

Sergey V. Goryunov, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev, branch in Prokopyevsk, (653039, Russia, Prokopyevsk, Nogradskaya str., 19a)

Alexey A. Khoreshok, Dr. Sc. (Engineering), Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russia)

Contribution of the authors:

Alexey A. Khoreshok – setting a research task..

Sergey V. Goryunov – scientific management; conceptualization of research.

Mariya S. Mamaeva – review of relevant literature, data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

