

УДК 624.131.53

Mathematic Modeling Relationship Parameters of the Working Equipment and Energy Digging Soil

Andrei Yu. Krasnonosov*

Siberian Federal University

79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Received 05.04.2014, received in revised form 27.04.2014, accepted 12.05.2014

The aim of this work is to establish the basic parameters of the relationship on the weight strength of working equipment with an energy bulldozer digging soil. Mathematical model was developed energy intensity of soil digging dozer blade, which in turn can be used to assess the effectiveness of the working bodies of earth-moving machinery.

Keywords: energy intensity, blade, efficiency, modeling, bulldozer.

Математическое моделирование взаимосвязи параметров рабочего оборудования и энергоемкости копания грунта

А.Ю. Краснонос

Сибирский федеральный университет

Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Целью данной статьи является установление взаимосвязи основных параметров навесного рабочего оборудования бульдозера с энергоемкостью копания грунта. Была разработана математическая модель энергоемкости копания грунта отвалом бульдозера, которую, в свою очередь, можно использовать для оценки эффективности рабочих органов землеройных машин.

Ключевые слова: энергоемкость, отвал, эффективность, моделирование, бульдозер.

Введение

Бульдозер признан одной из наиболее распространенных и эффективных машин для выполнения разнообразных земляных работ. Объемы земляных работ, ежегодно выполняемых в

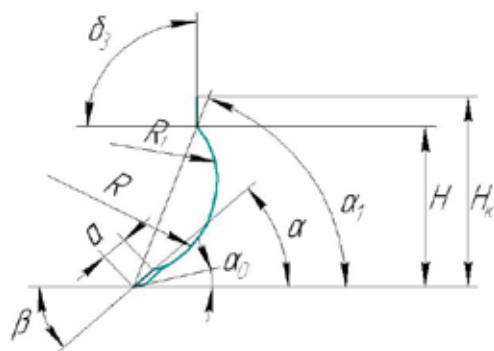


Рис. 1. Основные параметры профиля неповоротного отвала

нашей стране, огромны, они производятся различными землеройными машинами: одноковшовыми экскаваторами, скреперами, бульдозерами.

Энергоемкость копания грунта бульдозером во многом определяется формой и размером его отвала. Основными параметрами профиля неповоротного отвала (рис. 1) являются угол резания α , угол опрокидывания δ_3 , угол наклона α_1 , кривизна или радиус отвальной поверхности R , высота H и длина L . В меньшей степени работу отвала характеризует задний угол θ , угол заострения β , угол наклона козырька δ_k , высота с козырьком H_k и длина прямой части отвальной поверхности a .

При увеличении прямой части ножа отвала ухудшаются условия для перемещения стружки по отвалу и энергоемкость копания возрастает.

Математическая модель энергоемкости копания грунта

При разработке грунта различными рабочими органами землеройных машин энергоемкость зависит от параметров рабочих органов, а также прочности разрабатываемого грунта. Для того чтобы оценить энергоемкость копания грунта отвалом бульдозера с изменяющимся углом резания, рассмотрим следующую схему, представленную на рис. 2.

Если $\alpha_1 = \alpha_0 + \alpha$, то величина $H = S \cdot \sin(\alpha_0 + \alpha) = S \cdot \sin \alpha_1$, из этого видно, что угол наклона отвала влияет на высоту отвала, а это, в свою очередь, ведет к изменению объема призмы волочения грунта. При копании грунта отвалом бульдозера возникают три основных сопротивления. Это сопротивление резанию W_p , сопротивление перемещению призмы волочения W_{np} , сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу W_e и сопротивление трению ножа о грунт, его принимаем равным нулю. Эти сопротивления определяются известными зависимостями

$$W_p = C \cdot h^{1,35} (1 + 2,6 \cdot L)(1 + 0,01\alpha), \quad (1)$$

где C – число ударов ударника ДорНИИ; L – длина отвала, м; h – глубина резания, см; α – угол резания, град.

$$W_{np} = V_{np} \cdot \gamma_{ep} \cdot \lg \rho, \quad (2)$$

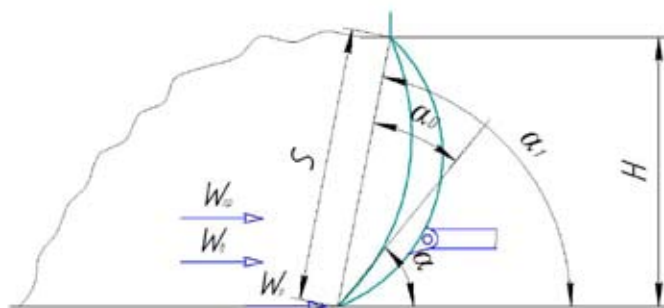


Рис. 2. Схема отвала бульдозера: H – высота отвала без учета высоты козырька; S – расстояние от режущей кромки отвала до точки соединения отвала с козырьком; α – угол резания; α_1 – угол наклона отвала; α_0 – постоянный угол между касательной к режущей кромке и линией, соединяющей режущую кромку ножа отвала с точкой крепления козырька

где $V_{np} = \frac{LH^2}{2K_{np}}$ – объем призмы волочения (K_{np} – коэффициент призмы волочения); γ_{zp} – объем-

ный вес грунта, кг/м³; $tg\delta$ – коэффициент трения грунта по грунту.

$$W_s = V_{np} \cdot \gamma_{zp} \cos^2 \alpha \cdot tg\delta, \quad (3)$$

где $tg\delta$ – коэффициент трения грунта по грунту.

На основании этих сопротивлений определяем мощность бульдозера, идущую на преодоление сопротивлений копанью грунта:

$$N = \frac{T \cdot V_p}{102 \cdot \eta}, \quad (4)$$

где T – суммарное сопротивление копанью на отвале бульдозера, кгс; V_p – скорость движения бульдозера при копании, м/с; η – КПД.

Производительность бульдозера при копании грунта определяем по формуле

$$\Pi = \frac{3600 \cdot V_{np} \cdot K_s \cdot K_y}{T_y K_p}, \quad (5)$$

где K_s – коэффициент использования бульдозера по времени ($K_s = 0,80,85$); K_y – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности; T_y – продолжительность цикла, с; K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Продолжительность цикла бульдозера определим по формуле

$$T_{\text{ц}} = \frac{l_p}{V_p} + \frac{l_{mp}}{V_{mp}} + \frac{l_p + l_{mp}}{V_{xx}} + t_n, \quad (6)$$

где l_p – длина пути резания, м; V_p – скорость движения бульдозера при копании, м/с; l_{mp} – длина транспортирования грунта, м; V_{mp} – скорость движения бульдозера при перемещении грунта, $V_{mp} = 0,91,0$ м/с; V_{xx} – скорость обратного холостого движения трактора, $V_{xx} = 1,12,2$ м/с; t_n – общее время, затрачиваемое на опускание отвала, переключение передач и разворот, $t_n = (2528)$ с.

$$l_p = \frac{V_{np}}{F} = \frac{V_{np}}{Lh_{cp}} = \frac{2V_{np}}{L(h_{max} + h_{min})}, \quad (7)$$

где F – площадь снимаемого слоя грунта, м²; h_{cp} – средняя глубина резания грунта, м; h_{max} – глубина резания в начале копания, м; h_{min} – глубина резания в конце копания грунта при перемещении призмы волочения, м; L – длина отвала, м

$$h_{max} = \frac{T}{K_{рез} L}, \quad (8)$$

где $K_{рез}$ – удельное сопротивление грунта резанию, кгс/м².

На основании вышеизложенного определим энергоёмкость копания грунта отвалом бульдозера:

$$E = \frac{N}{\Pi} = \frac{\frac{T \cdot V_p}{102 \cdot \eta}}{\frac{3600 \cdot V_{np} \cdot K_{\sigma} \cdot K_y}{T_u \cdot K_p}} = \frac{T \cdot V_p \cdot T_u \cdot K_p}{102 \cdot \eta \cdot 3600 \cdot V_{np} \cdot K_{\sigma} \cdot K_y} =$$

$$\frac{(C \cdot h^{1,35} (1 + 2,6 \cdot L)(1 + 0,01\alpha) + \frac{LH^2}{2K_{np}} \cdot \gamma_{cp} \cdot \operatorname{tg} \rho + \frac{LH^2}{2K_{np}} \cdot \gamma_{cp} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta) V_p \cdot T_u \cdot K_p}{102 \cdot \eta \cdot 3600 \cdot \frac{LH^2}{2K_{np}} \cdot K_{\sigma} \cdot K_y}, \quad (9)$$

$$T_u = \frac{\frac{LH^2}{K_{np}}}{L(\frac{T}{K_p \cdot L} + h_{min})V_p} + \frac{l_{mp}}{V_{mp}} + \frac{\frac{LH^2}{K_{np}}}{L \left[\left(\frac{T}{K_p \cdot L} + h_{min} \right) \right]} + l_{mp} + t_n \quad (10)$$

Таким образом, получена математическая модель, устанавливающая взаимосвязь основных параметров навесного рабочего оборудования бульдозера с энергоёмкостью копания грунта.

Список литературы

- [1] Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации: учебник. М.: Высшая школа, 2001. 576 с.
- [2] Довгяло В.А., Бочкарев Д.И. Дорожно-строительные машины. Ч. I: Машины для земляных работ: учеб. пособие. Минск: БелГУТ, 2010. 250 с.
- [3] Шестопалов К.К. Строительные и дорожные машины: учеб. пособие. М.: Академия, 2008. 384 с.
- [4] Волков С.А., Евтюков С.А. Строительные машины: учеб. пособие для вузов. СПб.: Изд-во ДНК, 2008. 704 с.