

УДК 621.878.25 (575.2)(04)

**ОБОСНОВАНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НОЖА  
ДЛЯ ОТВАЛОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН  
ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

***Б.А. Алимбаев, Р.К. Токсамбаева***

Для улучшения рабочих характеристик землеройно-транспортных машин предлагается установка дополнительного ножа отвала. Обосновывается угол установки дополнительного ножа в землеройно-транспортных машинах.

*Ключевые слова:* отвал; автогрейдер; нож; землеройно-транспортные машины; угол установки.

Автогрейдер представляет собой одну из наиболее распространенных землеройно-транспортных машин, широко используемых при возведении земляных сооружений в гидротехническом строительстве.

В гидротехническом строительстве автогрейдеры применяют на планировочных работах, для разравнивания отсыпанного в насыпь грунта, при зачистке откосов выемок и насыпей, для срезки “бахромы”, при профилировании полотна проезжей части грунтовых дорог, для снятия растительного грунта, нарезки каналов мелкой оросительной сети, устройства небольших насыпей, валиков, дамб и подушек каналов мелкой оросительной сети. Все эти виды работ автогрейдеры выполняют при движении по кольцевой продольной схеме вдоль большой оси выемки или насыпи, причем рабочими, обычно, являются проходы в прямом и обратном направлении.

Землеройно-транспортные машины, у которых отвалы установлены под углом к направлению движения в плане, являются машинами непрерывного действия. Однако эти углы не обеспечивают эффективной работы из-за малой их величины. Для обеспечения эффективной работы названных машин и увеличения угла установки отвала в плане применяют дополнительный горизонтальный нож, угол установки которого расположен в противоположном направлении. В таблице 1 показаны принципиальные схемы землеройно-транспортных машин непрерывного действия с указанием пределов углов установки, общего сопротивления и действующих моментов.

При работе землеройных машин с косоустановленным отвалом их эффективность прямо пропорциональна величине угла установки отвала  $\varphi_0$  в плане. Однако процесс резания и перемещения грунта выполняется на отвальных машинах одним рабочим органом. Повышение эффективности рабочего процесса машины может быть достигнуто за счет использования дополнительного ножа. Отвал в этом случае снабжают двумя режущими элементами, один из которых – основной – находится непосредственно в нижней части лобовой поверхности отвала, а другой, дополнительный, установлен на некотором расстоянии впереди основного. Такая конструкция рабочего органа позволяет разделить процесс копания грунта на его резание и транспортирование. В результате этого снижаются силы сопротивления копанию за счет ослабления отрицательного влияния призмы волочения, создающей значительную нагрузку на вырезаемую и движущуюся вверх по отвальной поверхности стружку грунта. С отделением процесса резания от общего процесса копания грунта уменьшается энергоемкость разрушения грунта и представляется возможность производить резание на большую глубину [1, с. 8–9].

Для уменьшения энергоемкости копания и улучшения курсовой устойчивости землеройных машин с косоустановленными отвалами дополнительный нож необходимо устанавливать в плане с углом противоположного значения по сравнению с углом установки отвала. Схема с внешними силами, действующими на англодо-

Таблица 1 – Принципиальные схемы автогрейдеров и англодозеров с указанием основных параметров

Принципиальная схема	Пределы углов установки	Общее сопротивление	Действующие моменты	
			удерживающий	поворачивающий
<p>автогрейдер</p>	$\varphi_0 \leq 30^\circ - 35^\circ$	$R = R_{x(0)} + R_{x(H)} + R_M$	$M_S = G \cdot \varphi_{cy} \cdot \frac{B}{2} = M_{SHI}$	$M_d = R_{y(O+H)} \cdot l_O$
<p>англодозер</p>				
<p>автогрейдер</p>	$\varphi_0 \leq 40^\circ \dots 45^\circ$ $\varphi_H \geq 60^\circ$	$R = R_{x(0)} + R_{x(H)} + R_M + R_{x(\partial H)}$	$M_S = M_{SHI} + R_{x(\partial H)} \cdot B_H + R_{y(\partial H)} \cdot l_H$	$M_d = R_{y(O+H)} \cdot l_O$
<p>англодозер</p>				
<p>автогрейдер</p>	$\varphi_0 \leq 40^\circ \dots 50^\circ$ $\varphi_H \geq 20^\circ \dots 30^\circ$	$R = R_{x(0)} + R_{x(H)} + R_M$	$M_S = M_{SHI} + R_{y(H)} \cdot l_H$	$M_d = R_{y(O+H)} \cdot l_O$
<p>англодозер</p>				
<p>автогрейдер</p>	$\varphi_0 \leq 40^\circ \dots 50^\circ$ $\varphi_H \geq 30^\circ \dots 40^\circ$	$R = R_{x(0)} + R_{x(H)} + R_M$	$M_S = M_{SHI} + R_{y(H)} \cdot l_H + R_{x(H)} \cdot a$	$M_d = R_{y(O+H)} \cdot l_O$
<p>англодозер</p>				

зер и автогрейдер без учета влияния их ходового оборудования, показана на рисунке 1.

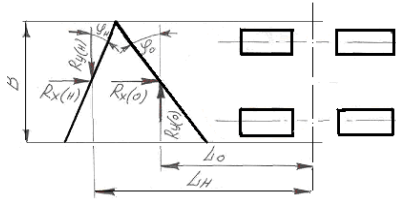


Рисунок 1 – Схема англодозера с действующими внешними силами

Угол установки в плане дополнительного ножа должен оптимизироваться в зависимости не только от угла установки отвала в плане и его размеров, но и от толщины снимаемой стружки, грунтовых условий и коэффициентов внешнего и внутреннего трения.

По схеме машины в плане составлены поворачивающий и удерживающий моменты относительно центра проекции движителя, на основании равенства которых найден угол установки дополнительного ножа в плане [2, с. 12–17].

$$\varphi_n = \arctg \frac{-R_{x(H)} \cdot \frac{B}{2} \pm \sqrt{(R_{x(O)} \frac{B}{2})^2 - 4 \left[ R_{x(O)} \cdot \frac{B}{2} (R_{x(O)} \frac{B}{2} - R_{x(O)} \ell_0) \mu g \Phi_0 \right]}}{R_{x(O)} \cdot B} \quad (1)$$

где  $R_{x(H)}$  – горизонтальная составляющая сопротивления грунта резанию ножом:  $R_{x(H)} = W_p$  или  $R_{x(H)} = k \cdot B \cdot h$ ;  $k$  – удельное сопротивление грунта резанию;  $B$  – ширина захвата, м;  $h$  – толщина снимаемой стружки грунта;  $R_{x(O)}$  – горизонтальная составляющая сопротивления грунта копанию отвалом машины:  $R_{x(O)} = W_n + W_g$ .

Здесь  $W_g = V_n \cdot \rho \cdot g \cdot \cos^2 \gamma \cdot \mu_1$  и  $W_n = V_n \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_2$  или  $R_{x(O)} = V_n \cdot \rho \cdot g \cdot (\cos^2 \gamma \cdot \mu_1 + \mu_2)$ ;  $V_n$  – объем призмы волочения,  $V_n = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot k_n}$ ;  $\rho$  – объемная масса грунта, т/м<sup>3</sup>;  $g$  – гравитационное ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $\gamma$  – угол резания, град.;  $\mu_1$  – коэффициент трения грунта по поверхности отвала (стали);  $\mu_2$  – коэффициент трения грунта по грунту;  $\Phi_0$  – угол установки отвала в плане.

Подставляя значения сил, получим:

$$\varphi_n = \arctg \frac{-k \cdot B \cdot h \cdot \frac{B}{2} \pm \sqrt{\left[ k \cdot B \cdot h \cdot \frac{B}{2} \right]^2 - 4 \left[ k \cdot B \cdot h \cdot \frac{B}{2} \left( k \cdot B \cdot h \cdot \frac{B}{2} - V_n \cdot \rho \cdot g (\cos^2 \gamma \cdot \mu_1 + \mu_2) \right) \mu g \Phi_0 \right]}}{k \cdot B \cdot h \cdot B} \quad (2)$$

Независимыми переменными являются (аргументы):

$i$  – группа трудности разработки грунта;  $\Phi_0$  – угол установки отвала в плане;  $h$  – толщина снимаемой стружки грунта.

Зависящие от них переменные параметры:  $k$  – удельное сопротивление грунта резанию;  $\mu_1$  – коэффициент трения грунта по поверхности отвала (стали);  $\mu_2$  – коэффициент трения грунта по грунту;  $\rho$  – объемная масса грунта;  $k_n$  – коэффициент призмы волочения;  $\Phi_{ци}$  – коэффициент сцепления движителя с опорной поверхностью.

Такое количество независимых переменных сильно усложняет определение угла установки ножа в плане и тем более, оптимизацию его величины. Для уменьшения количества независимых переменных проанализируем каждую из них на основе информации из авторитетных литературных источников по землеройным машинам. Первые три из них действительно являются независимыми.

Удельное сопротивление грунта резанию  $k$  изменяется в пределах 70...170 кН/м<sup>2</sup> в зависимости от группы и трудности разработки грунта [3, с. 237]. Согласно этому пределу  $k$  можно определить как зависимую величину от группы трудности:  $k = 70 + 50(i - 1)$ , кН/м<sup>2</sup>.

Коэффициент трения грунта по поверхности отвала (стали)  $\mu_1$  имеет такие значения 0,35; 0,5; 0,8; соответственно в зависимости от группы трудности (если считать песок, супесь – 1 группа, средний суглинок – 2 группа, тяжелый суглинок и глина – 3 группа) [3, с. 237]. В таком случае также можно записать зависимость:  $\mu_1 = 0,35 + 0,15(i - 1)$ .

Коэффициент трения грунта по грунту  $\mu_2$  принимается для связанных грунтов 0,5; для несвязанных грунтов 0,7 [3, с. 237]. Если считать связанный грунт соответствует глине, а несвязанный – песку, то можно получить зависимость:  $\mu_2 = 0,7 - 0,12(i - 1)$ .

Объемная масса грунта  $\rho$  имеет значения согласно таблице 32 [4, с. 182–183] от торфяного и песчаного до глинистых грунтов соответственно 1,2...2,0 т/м<sup>3</sup>. В таком случае можно вывести зависимость:  $\rho = 1,4 + 0,2(i - 1)$ .

Коэффициент призмы волочения  $k_n$  изменяется при  $H/B = 0,3$  от 0,8 до 1,2 соответственно для связанных и несвязанных грунтов [3, с. 236]. Тогда получится зависимость:  $k_n = 1,2 - 0,13(i - 1)$ .

Коэффициент сцепления движителя с опорной поверхностью  $\Phi_{ци}$  изменяется от песка до тяжелой глины соответственно 0,5...0,9 [4, табл. 33, с. 187]. Естественно, получится зависимость  $\Phi_{ци} = 0,5 + 0,1i$ .

Подставляя значения найденных параметров в математическую модель (2) получим сле-

дующие уравнение определения угла установки дополнительного ножа в плане:

$$\varphi_n = \arctg \frac{-(70 + 50(i-1))Bh(L_0 + \frac{B}{2}tg\varphi_0) \pm \sqrt{\left( (70 + 50(i-1))Bh(L_0 + \frac{B}{2}tg\varphi_0) \right)^2 + 2(70 + 50(i-1)) \times B^2h \frac{B \cdot H^2}{2k_n} (1,4 + 0,2(i-1)) + g(\cos^2 \gamma ((0,35 + 0,15(i-1)) + (0,7 - 0,12(i-1)))tg\varphi_0 L_0}}{70 + 50(i-1) \cdot B^2 \cdot h}.$$

Таким образом, мы сократили число независимых аргументов с девяти до трех.

Уменьшение независимых величин упрощает расчет и повышает точность получаемых параметров.

### Литература

1. Гаджиев Т.М. Разрушение грунта бульдозером с двойным ножом // Строительные и дорожные машины. 1977. №8.
2. Мырзашев С.М., Абдигалиев М., Шотанов С.И. и др. Влияние угла установки отвала и ножа в плане на эффективность землеройной машины // Вестник ТарГУ. 2005.
3. Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. М.: Машиностроение, 1972. 504 с.
4. Мелиоративные машины / Б.А. Васильев, В.Б. Гантман, В.В. Комисаров и др.; под ред. И. И. Мера. М.: Колос, 1980. 351 с.