

К РАСЧЕТУ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗАНИЮ МЕРЗЛОГО СЛОЯ ГРУНТА ЦЕПНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

И. Г. БАСОВ, А. Н. ЩИПУНОВ

(Представлена кафедрой горных машин)

Удельное сопротивление резанию мерзлого слоя грунта может быть найдено по экспериментальным данным, полученным при резании грунта как одиночным резцом, так и групповым резцовым инструментом (баром, дисковой фрезой, ротором) существующих землеройных машин. В последнем случае для определения k_p может быть использована зависимость усилия $P_{ц}$ на режущем инструменте от скорости $v_{ц}$ перемещения машины. Для землерезной машины с баровым исполнительным органом эта зависимость прямолинейна (рис. 1) и в общем виде может быть описана уравнением

$$P_{ц} = A + Bv_{ц}. \quad (1)$$

В уравнении (1) коэффициент A численно равен отрезку, отсекаемому прямой $P_{ц} = f(v_{ц})$ на оси ординат, и представляет собой усилие протягивания режущей цепи при $v_{ц} = 0$, но при наличии определенного усилия подачи $P_{п}$, то есть усилие трения

$$P_{тр} = P_{п}(\mu + \omega), \quad (2)$$

где μ — коэффициент трения зубков о грунт,
 ω — коэффициент сопротивления движению цепи в ручье бара.

Эксперименты показывают, что усилие $P_{п}$ при $v_{п} = 0$ зависит только от физико-механических свойств разрушаемого грунта и степени износа режущих зубков и не зависит от скорости движения режущей

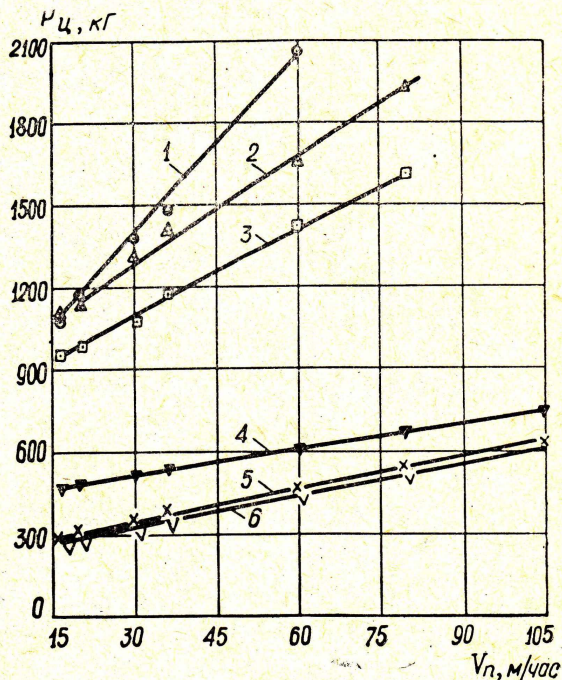


Рис. 1. Зависимость усилия резания $P_{ц}$ от скорости подачи $v_{п}$ при скоростях резания: 1 — 0,76 м/сек; 2 — 1,48 м/сек; 3 — 1,8 м/сек; 4 — 2,6 м/сек; 5 — 4,6 м/сек; 6 — 5,4 м/сек; Грунт — суглинок; $H_{пр} = 2$ м, $H_{ш} = 1,3$ м; Цепь — «Урал-33», $z_{ср} = 16,8$ зубка

цепи v_p . Коэффициенты трения резцов о грунт и сопротивления движению цепи в ручье бара в значительной степени зависят от v_p .

Суммарные значения $(\mu + \omega)$ могут быть найдены из осциллограмм записи крутящего момента M_p на валу исполнительного органа. Поскольку при $v_p = \text{const}$ и $v_n = \text{const}$ кривые записи M_p и P_n на осциллограмме обычно эквидистантны, то можно предположить, что приращение ΔP_n усилия протягивания режущей цепи пропорционально приращению ΔP_p усилия подачи, а следовательно,

$$\frac{\Delta P_n}{\Delta P_p} = (\mu + \omega).$$

Обработкой результатов экспериментов установлено, что при резании суглинка с относительной влажностью 14,5%, температурой по глубине щели $-1,5 \div -6^\circ\text{C}$, показателем по ударнику ДорНИИ $C = 60-130$ и $v_p = 1,1-3,5 \text{ м/сек}$, значение $(\mu + \omega)$ находится в пределах 1,2—1,9. Вторая составляющая усилия протягивания режущей цепи в уравнении (1) представляет в свою очередь сумму усилий, расходуемых на разрушение и транспортирование грунта из щели.

Усилие резания мерзлого грунта может быть найдено из выражения

$$P_p = \kappa_p \frac{B_{\text{щ}} h z_{\text{ср}}}{z_e}, \text{ кг}, \quad (3)$$

где κ_p — удельное сопротивление резанию, кг/см^2 ;

$$h = \frac{n_l t_{\text{ц}} z_{\text{к}} v_n}{3600 z v_p} \cos \beta \text{ — средняя толщина срезаемой стружки, см};$$

$$z_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{щ}} z}{t_{\text{ц}} z_{\text{к}}} \text{ — среднее число резцов, находящихся в контакте}$$

с грунтом;

z_e — среднее число резцов в повторяющемся элементе схемы их набора (например, „елочке“);

n_l — число линий резания;

$t_{\text{ц}}$ — шаг цепи, см;

$z_{\text{к}}$ и z — число кулаков и резцов в цепи;

$B_{\text{щ}}$ и $H_{\text{щ}}$ — ширина и глубина прорезаемой баром щели, см;

β — угол наклона бара к вертикали, град.

После подстановки в уравнение (3) значений h и $z_{\text{ср}}$, получим

$$P_p = \kappa_p \frac{B_{\text{щ}} H_{\text{щ}} n_l v_n \cos \beta}{3600 z_e v_p}, \text{ кг}. \quad (4)$$

Усилие, расходуемое на транспортирование грунта, может быть определено по формуле

$$P_t = \frac{H_{\text{щ}} B_{\text{щ}} \cos \beta v_n}{3600 v_p} [H_{\text{щ}} \gamma (1 + \text{tg } \beta \mu_r)], \text{ кг}, \quad (5)$$

где γ — объемный вес грунта в целике, г/см^3 ;

μ_r — коэффициент трения разрыхленного грунта о стенки щели.

Из уравнений (4) и (5) найдем, что сумма усилий резания и транспортирования грунта из щели режущей цепью составит

$$P_p + P_t = (\kappa_p + \kappa_t) \frac{B_{\text{щ}} H_{\text{щ}} n_l v_n \cos \beta}{3600 z_e v_p}, \text{ кг}, \quad (6)$$

где $\kappa_t = \frac{H_{\text{щ}} z_e \gamma}{n_l} (1 + \text{tg } \beta \mu_r)$ — удельная сила транспортирования разрыхленного грунта, кг/см^2 .

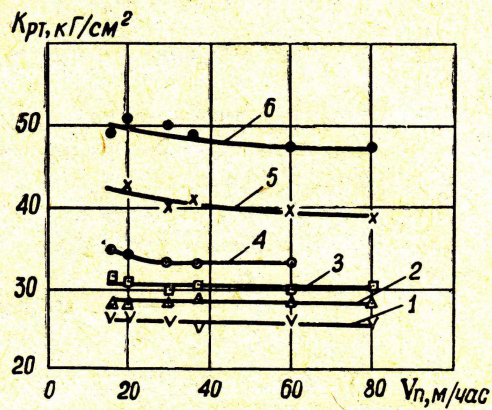


Рис. 2. Зависимость удельной силы резания $k_{рт}$ от скорости подачи $v_{п}$ при скоростях резания: 1—2,6 м/сек; 2—1,8 м/сек; 3—1,48 м/сек; 4—0,76 м/сек; 5—4,6 м/сек; 6—5,4 м/сек

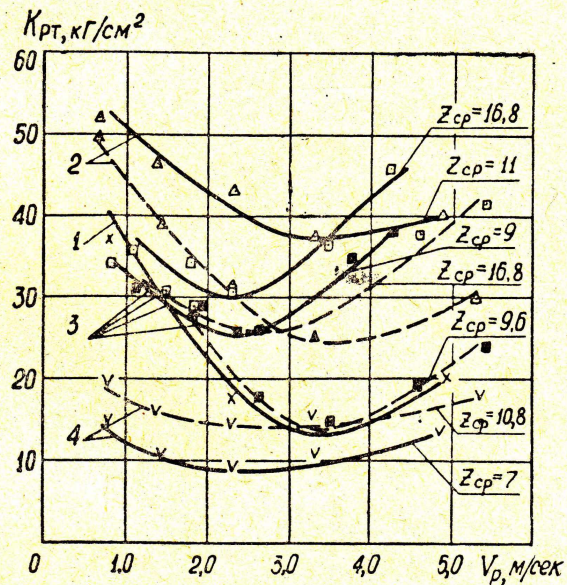


Рис. 3. Зависимость удельной силы резания $k_{рт}$ от скорости резания $v_{р}$ различных грунтов (1—супесь; 2—песок; 3—суглинок; 4—лед) цепями КМП (сплошные линии) и «Урал-33» (пунктирные линии) с различным количеством зубков $z_{ср}$, находящихся в контакте с грунтом

Окружное усилие на ведущей звездочке режущей цепи

$$P_{\text{ц}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{р}} + P_{\text{т}}$$

или при подстановке значений отдельных слагаемых из (2) и (6)

$$P_{\text{ц}} = P_{\text{п}}(\mu + \omega) + \kappa_{\text{рт}} \frac{B_{\text{ш}} H_{\text{ш}} n_{\text{л}} v_{\text{п}} \cos \beta}{3600 z_{\text{е}} v_{\text{р}}}, \text{ кг}, \quad (7)$$

где $\kappa_{\text{рт}} = \kappa_{\text{р}} + \kappa_{\text{т}}$ — удельная сила резания и транспортирования грунта из щели, $\text{кг}/\text{см}^2$.

На режимах, исключаяющих заштыбование режущей цепи, значение $\kappa_{\text{т}}$ весьма мало по сравнению с $\kappa_{\text{р}}$. Поэтому в таких случаях практически можно принимать $\kappa_{\text{рт}} = \kappa_{\text{р}}$.

Из уравнения (7) следует, что удельная сила резания мерзлого слоя грунта может быть вычислена по формуле

$$\kappa_{\text{р}} = \frac{3600 z_{\text{е}} v_{\text{р}} [(P_{\text{ц}} - P_{\text{п}}(\mu + \omega))]}{B_{\text{ш}} H_{\text{ш}} n_{\text{л}} v_{\text{п}} \cos \beta}, \text{ кг}/\text{см}^2. \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что коэффициент $\kappa_{\text{р}}$ зависит от физико-механических свойств мерзлого грунта, скорости $v_{\text{р}}$ и числа резцов, находящихся в контакте с грунтом. Коэффициент $\kappa_{\text{р}}$ практически не зависит от скорости $v_{\text{п}}$, размеров исполнительного органа и угла β , поскольку с изменением этих параметров пропорционально изменяются усилия $P_{\text{ц}}$ и $P_{\text{п}}$. Это подтверждается экспериментальными данными (рис. 2, 3), полученными на режимах, обеспечивающих $h=0,5-2,5$ см.

Минимальные значения $\kappa_{\text{р}}$ для исследуемых грунтов получены при $v_{\text{р}}=2,0-3,5$ м/сек.