

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. А. ДЖАНГУЛЯН

СОПРОТИВЛЕНИЕ РЕЗАНИЮ ГРУНТА КРИВОЛИНЕЙНЫМ
РЕЖУЩИМ ЛЕЗВИЕМ

Рассмотрение процесса резания в данной работе базируется на закономерностях статике сыпучей среды, обладающей сцеплением, разработанных и сформулированных в теоретических концепциях проф. Артемьева К. А., проф. Баловнева В. И., проф. Ветрова Ю. А.

На рисунке 1 изображена схема взаимодействия режущего лезвия с грунтом.

В процессе резания грунта при движении режущего лезвия по направлению, отмеченной стрелкой А, на элементарную площадку со сторонами dy_0 , dS действуют нормальная dN и касательная dT силы — составляющие полного сопротивления dP_0 , равные

$$dN = \sigma dy_0 dS, \quad dT = \tau dy_0 dS,$$

где σ , τ — нормальное и касательное напряжения грунта на рабочей поверхности лезвия.

Усилие dP_0 , действующее на данную площадку, равно:

$$dP_0 = \frac{dN}{\cos \rho_0} = \frac{\sigma}{\cos \rho_0} dy_0 dS,$$

а горизонтальная составляющая этой силы dP_{01} —

$$dP_{01} = dP_0 \cos \theta = \frac{\cos \theta}{\cos \rho_0} \sigma dy_0 dS.$$

Согласно принятым на схеме обозначениям:

$$dy_0 = \frac{dy}{\sin \alpha}; \quad \theta + \rho_0 = 90^\circ - \alpha$$

тогда

$$dP_{01} = \frac{\cos \theta}{\cos \rho_0 \sin \alpha} \sigma dy dS. \quad (1)$$

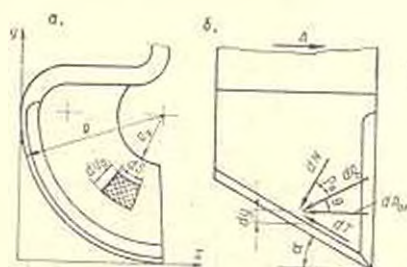


Рис. 1. Схема взаимодействия криволинейного режущего лезвия с грунтом.

После преобразований выражение (1) примет следующий вид:

$$dP_{01} = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \rho_0) \sigma dy dS.$$

Обозначив $(1 + \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \rho_0)$ через η , сопротивление резанию определяют формулой:

$$P_{01} = \eta \int_0^R \sigma dy \int_0^L dS.$$

Нормальное напряжение σ с достаточной точностью [1, 2] можно вычислить по формуле:

$$\sigma = A(\gamma y + P_0 + K \operatorname{ctg} \rho) - K \operatorname{ctg} \rho.$$

тогда

$$P_{01} = \eta \left| A \left(\frac{\gamma y^2}{2} - P_0 y + y K \operatorname{ctg} \rho \right) - y K \operatorname{ctg} \rho \right| \Big|_0^{R-R_0} \int_0^L dS. \quad (2)$$

Выражая элементарную длину кривой dS через dx , dy , получаем:

$$dS = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{1 + y'^2} dx;$$

$$y = R - \sqrt{R^2 - (x - R)^2}; \quad y' = \frac{x - R}{\sqrt{R^2 - (x - R)^2}}.$$

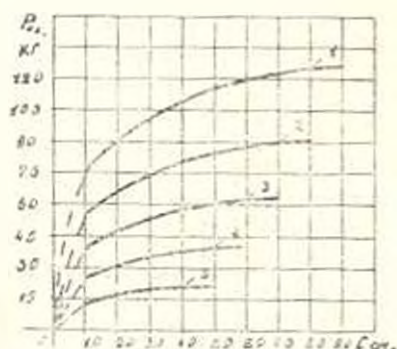


Рис. 2. График зависимости сопротивления резанию P_{01} от толщины грунтовой стружки C : 1 — $R = 9$ см; $R_0 = 3$ см; 2 — $R = 8$ см; $R_0 = 3$ см; 3 — $R = 7$ см; $R_0 = 3$ см; 4 — $R = 6$ см; $R_0 = 3$ см; 5 — $R = 5$ см; $R_0 = 3$ см.

Решив уравнение (2) с соответствующими преобразованиями, окончательно получим:

$$P_{01} = \eta (R - R_0) R A_0 \left| \frac{\gamma (R - R_0)}{2} - P_0 + \left(1 - \frac{1}{A_0} \right) K \operatorname{ctg} \rho \left| \arcsin \xi + \frac{\pi}{2} \right| \right|. \quad (3)$$

Здесь $A_0 = A\psi$, $\psi = 1.45$ — коэффициент, учитывающий пространственность процесса и то, что резание производится острым ножом с углом резания, отличным от 45° ; $\xi = \arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (C - R)^2} - R}{R}$;

$P_0 = K_0 \gamma C_1$ — давление вышележащих слоев грунта, кг/см^2 ; $K_0 \approx \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho}$; C_1 — средняя толщина грунтовой стружки, которая для рассматриваемой геометрии определяется следующим образом:

$$C_1 = \frac{1}{R} \int_0^C \sqrt{R^2 - y^2} dy = \frac{1}{R} \left[0,5 C \sqrt{R^2 - C^2} + \frac{R^2}{2} \arcsin \frac{C}{R} \right]$$

Определение величины P_{01} по выражению (3) доводится до численных решений, характеризуемых следующими данными: $\rho = 30^\circ$, $\rho_0 = 26^\circ$, $\alpha = 30^\circ$ — соответственно, углы внутреннего трения грунта, трения грунта о лезвие и резания; $K = 0,4 \text{ кгс/см}^2$ — коэффициент сцепления грунта; $\gamma = 0,02 \text{ кг/см}^3$ — объемная масса грунта; $A = 1,46$ — коэффициент, зависящий от ρ , ρ_0 , α ; R , R_0 — радиусы кривизны режущей кромки и на выходе.

На рис. 2 представлены зависимости $P_{01} = f(C)$.

На основании соответствия теоретических данных, вычисленных на ЭВМ «НАИРИ-2», с результатами экспериментальных исследований подтверждено, что из числа существующих методик расчета сил сопротивления резанию грунтов криволинейным режущим лезвием наиболее достоверные результаты дают расчетные схемы, основанные на теории предельных состояний грунтов.

ЕФ ЦМНПКС

20. V 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьев К. А. Основы теории копания грунта скреперами. — М.: Машгиз, 1963. — 126 с.
2. Ветров Ю. А. Сопротивление грунтов резанию. — Киев: Изд-во Киевского универ., 1962. — 78 с.