

Задания

Практическая работа №1 «Тяговый расчет бульдозера»

Задание: Определить, возможна ли эффективная работа бульдозера с заданными параметрами в грунтах III категории. Определить запас тягового усилия.

$$G_b = 15 \text{ тонн}; B_t = 3,0 \text{ м}; h = 8 \text{ см};$$

Дано: G_b – эксплуатационный вес бульдозера;
 B_t – ширина базового трактора;
 h – толщина срезаемой стружки.

Определение основных параметров бульдозера

1) Сила тяги по сцеплению

$$T_\phi = G_{\text{сц}} \cdot \phi_{\text{сц}},$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес машины, Н; 15 тонн = 150 000 Н
 $\phi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления движителя с грунтом;
 $\phi_{\text{сц}} = 0,7 \div 0,9$.

$$T_\phi = G_{\text{сц}} \cdot \phi_{\text{сц}} = 150\,000 \cdot 0,8 = 120\,000 \text{ Н}$$

Сцепной вес машины – это вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля, если движитель гусеничный, то сцепной вес равен весу машины.

2) Эксплуатационный вес

Между эксплуатационным весом бульдозера и весом тягача существует зависимость, полученная опытным путем

$$G_b = (1,17 - 1,22) \cdot G_t,$$

где G_b – вес бульдозера, Н;
 G_t – вес тягача, Н.

Исходя из приведенной зависимости, можно определить ориентировочный вес навесного оборудования. Для этого вначале определим вес тягача

$$G_t = \frac{G_b}{1,2} = 150\,000 / 1,2 = 125\,000 \text{ Н.}$$

Таким образом, вес навесного оборудования

$$G_{\text{отв}} = G_b - G_t = 150\,000 - 125\,000 = 25\,000 \text{ Н}$$

3) Ширина отвала

Ширина отвала подбирается таким образом, чтобы габариты отвала перекрывали габариты базовой машины

$$B = B_T + 2 \cdot \delta ,$$

где B_T – ширина трактора, м;

δ – перекрытие габарита трактора, м;

$$\delta = 0,1 - 0,2 \text{ м.}$$

$$B = B_T + 2 \cdot \delta = 3,0 + 2 \cdot 0,1 = 3,2 \text{ м}$$

4) Высота отвала, мм.

Высота отвала подбирается исходя из тяговых возможностей базовой машины, а также исходя из условия, чтобы грунт не пересыпался за отвал при копании грунта.

Для предварительных расчетов можно использовать регрессионную зависимость

$$H = 500 \cdot \sqrt[3]{T_\phi} - 5 \cdot T_\phi ,$$

где T_ϕ – сила тяги по сцеплению в тоннах.

$$T_\phi = 120\,000 \text{ Н} = 12 \text{ тонн}$$

$$H = 500 \cdot \sqrt[3]{12} - 5 \cdot 12 = 1084,7 \text{ мм} ,$$

Тяговый расчет бульдозера

Условие расчета

$$T_\phi \geq W ,$$

где W – суммарная сила сопротивления при работе, Н.

Суммарная сила сопротивления, возникающая при работе бульдозера может быть определена как сумма составляющих

$$W = W_p + W_{пр} + W_{во} + W_M + W_{тр} ,$$

где W_p – сила сопротивления грунта резанию, Н;

$W_{пр}$ – сила сопротивления перемещению призмы волочения, Н;

$W_{во}$ – сила сопротивления движению грунта вверх по отвалу, Н;

W_M – сила сопротивления движению базовой машины бульдозера, Н;

$W_{тр}$ – сила трения ножа отвала о грунт, Н.

1) Сила сопротивления грунта резанию

$$W_p = K \cdot B \cdot h ,$$

где K – удельная сила сопротивления грунта резанию, Н/м²;

B – ширина отвала бульдозера, м;

h – толщина срезаемой стружки, м.

Удельная сила сопротивления грунта резанию для заданной категории можно определить из таблицы классификации грунтов (См. лекции)

III категория грунтов – суглинок $K = 120-200 \text{ кН/м}^2 = 150\,000 \text{ Н/м}^2$

$$W_p = K \cdot B \cdot h = 150\,000 \cdot 3,2 \cdot 0,08 = 38400 \text{ Н}$$

2) Сила сопротивления перемещению призмы волочения

$$W_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu_2,$$

где $V_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения, м^3 ;

γ – плотность грунта, кг/м^3 ;

$\gamma = 1,5 \div 2,5 \text{ т/м}^3$; принимаю $2,0 \text{ т/м}^3$

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; принимаю $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

μ_2 – коэффициент внутреннего трения грунта;

$\mu_2 = 0,5 \div 0,7$. Принимаю $\mu_2 = 0,6$

Объем призмы волочения зависит от размеров и формы отвала

$$V_{\text{пр}} = \frac{H^2 \cdot B}{2 \cdot K_{\text{пр}}},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент формы призмы волочения;

$K_{\text{пр}} = 0,7 \div 0,9$.

$$V_{\text{пр}} = \frac{H^2 \cdot B}{2 \cdot K_{\text{пр}}} = \frac{1,084^2 \cdot 3,2}{2 \cdot 0,8} = 2,35 \text{ м}^3$$

При $H = 1097 \text{ мм} = 1,097 \text{ м}$

$$W_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu_2 = 2,35 \cdot 2000 \cdot 9,8 \cdot 0,6 = 27636 \text{ Н}$$

3) Сила сопротивления движению грунта вверх по отвалу

$$W_{\text{во}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha,$$

где μ_1 – коэффициент трения грунта по металлу;

$\mu_1 = 0,35 \div 0,8$; принимаем $0,5$

α – угол резания, град;

$\alpha = 30 \div 50^\circ$. Принимаем 45°

$$W_{\text{во}} = V_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha = 2,35 \cdot 2000 \cdot 9,8 \cdot 0,5 \cdot 0,707^2 = 11511 \text{ Н}$$

4) Сила сопротивления движению базовой машины бульдозера

$$W_{\text{м}} = G_{\text{б}} \cdot f,$$

где f – коэффициент сопротивления движению машины,
 $f = 0,1 \div 0,12$.

$$W_M = G_G \cdot f = 150\,000 \cdot 0,1 = 15\,000 \text{ Н}$$

5) Сила трения ножа отвала о грунт

$$W_{\text{тр}} = G_{\text{отв}} \cdot \mu_1,$$

где $G_{\text{отв}}$ – вес отвала бульдозера, Н.

$$W_{\text{тр}} = G_{\text{отв}} \cdot \mu_1 = 25000 \cdot 0,5 = 12500 \text{ Н}$$

6) Запас тягового усилия, %

$$K_{\text{зап}} = \frac{T_{\phi}}{W} \cdot 100 \%$$

Суммарная сила сопротивления, возникающая при работе бульдозера
 $W = W_p + W_{\text{пр}} + W_{\text{во}} + W_M + W_{\text{тр}} = 38400 + 27636 + 11511 + 15000 + 12500 = 105047 \text{ Н}$

$$K_{\text{зап}} = \frac{T_{\phi}}{W} \cdot 100 \% = \frac{120000}{105047} \cdot 100 \% = 114,23 \%$$

Работа бульдозера с заданными параметрами в грунтах III категории будет эффективна, потому что условие расчета $T_{\phi} \geq W$ выполняется.

Запас тягового усилия 14,23 % нужен для преодоления временных перегрузок.

Задания

Контрольная работа «Определение зависимости силы сопротивления от параметров резания»

Исходные данные:

$$B = 1400 \text{ мм}$$

$$S = 18 \text{ см}$$

$$\beta_0 = 0,9$$

Свободное резание

1) Категория грунта I, II, III, IV при толщине стружки $h = 7$ см, и угле резания $\alpha = 15^\circ$.

2) Толщина стружки: $h = 8; 13; 18; 23$ см при $\alpha = 20^\circ$, категория грунта IV.

3) Угол резания: $\alpha = 17; 22; 27; 32^\circ$ при $h = 8$ см, категория грунта I.

Исходные данные:

B – ширина режущего ножа;

S – толщина элементарного профиля;

β_0 – коэффициент, учитывающий угол заострения;

μ – коэффициент, учитывающий виды резания.

$\mu = 0,79$ (свободное резание).

1) Определение зависимости силы сопротивления грунта резанию от категории грунта.

Теория Домбровского Н.Г.

I категория (данные о прочности грунта при каждой категории даны в лекции)

$$P = K \cdot B \cdot h = 38,5 \cdot 1,4 \cdot 0,07 = 3,77 \text{ кН}$$

II категория

$$P = 94 \cdot 1,4 \cdot 0,07 = 9,2 \text{ кН}$$

III категория

$$P = 160 \cdot 1,4 \cdot 0,07 = 15,68 \text{ кН}$$

IV категория

$$P = 390 \cdot 1,4 \cdot 0,07 = 38,22 \text{ кН}$$

Теория Зеленина А.Н. (Обратите внимание, что данные в этой теории подставляются не в системе СИ)

I категория

$$P_p = C_y \cdot h^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot L) \cdot (1 + 0,0075 \cdot \alpha) \cdot (1 + 0,03 \cdot S) \cdot \beta_0 \cdot \mu \cdot g,$$

где C_y – число ударов плотномера ДорНИИ, шт; $h = 7$ см – толщина срезаемой стружки, см; L – длина режущей кромки, м; α – угол резания, град.; $S = 18$ см – толщина элементарного профиля, см; β_0 – коэффициент, учитывающий влияние угла заострения, β_0

= $0,8 \div 1,0$ (задано 0,9); μ - коэффициент, учитывающий вид резания, $\mu = 0,79 \div 1,0$ (0,79- свободное резание); g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$.

$$P = 3 \cdot 7^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 15) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 2,3 \text{ кН}$$

II категория

$$P = 7 \cdot 7^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 15) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 5,36 \text{ кН}$$

III категория

$$P = 12 \cdot 7^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 15) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 9,2 \text{ кН}$$

IV категория

$$P = 26 \cdot 7^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 15) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 19,92 \text{ кН}$$

Для определения тенденции изменения силы сопротивления грунта резанию необходимо построить график зависимости (рисунок 1).

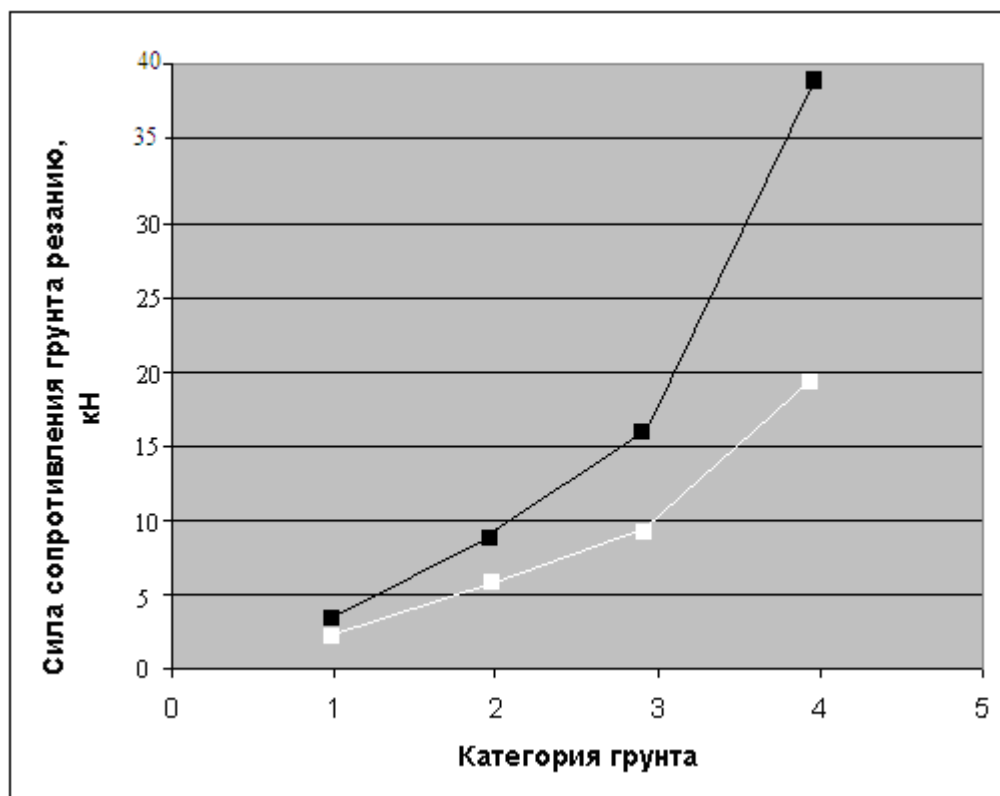


Рисунок 1 – Зависимость силы сопротивления грунта резанию от категории грунта

Вывод. При изменении категории разрабатываемого грунта от I до IV сила сопротивления разрабатываемого грунта увеличивается более чем в 9 раз.

2) Определение зависимости силы сопротивления грунта резанию от толщины стружки.

Теория Домбровского Н.Г.

$h = 8 \text{ см}$

$$P = 390 \cdot 1.4 \cdot 0,08 = 43.68 \text{ кН}$$

$h = 13 \text{ см}$

$$P = 390 \cdot 1.4 \cdot 0,13 = 70.98 \text{ кН}$$

$h = 18 \text{ см}$

$$P = 390 \cdot 1.4 \cdot 0,18 = 98.28 \text{ кН}$$

$h = 23 \text{ см}$

$$P = 390 \cdot 1.4 \cdot 0,23 = 125.58 \text{ кН}$$

Теория Зеленина А.Н.

$h = 8 \text{ см}$

$$P = 26 \cdot 8^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1.4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 20) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 24.66 \text{ кН}$$

$h = 13 \text{ см}$

$$P = 26 \cdot 13^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1.4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 20) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 47.49 \text{ кН}$$

$h = 18 \text{ см}$

$$P = 26 \cdot 18^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1.4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 20) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 73.7 \text{ кН}$$

$h = 23 \text{ см}$

$$P = 26 \cdot 23^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1.4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 20) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 102.6 \text{ кН}$$

Для определения тенденции изменения силы сопротивления грунта резанию необходимо построить график зависимости (рисунок 2).

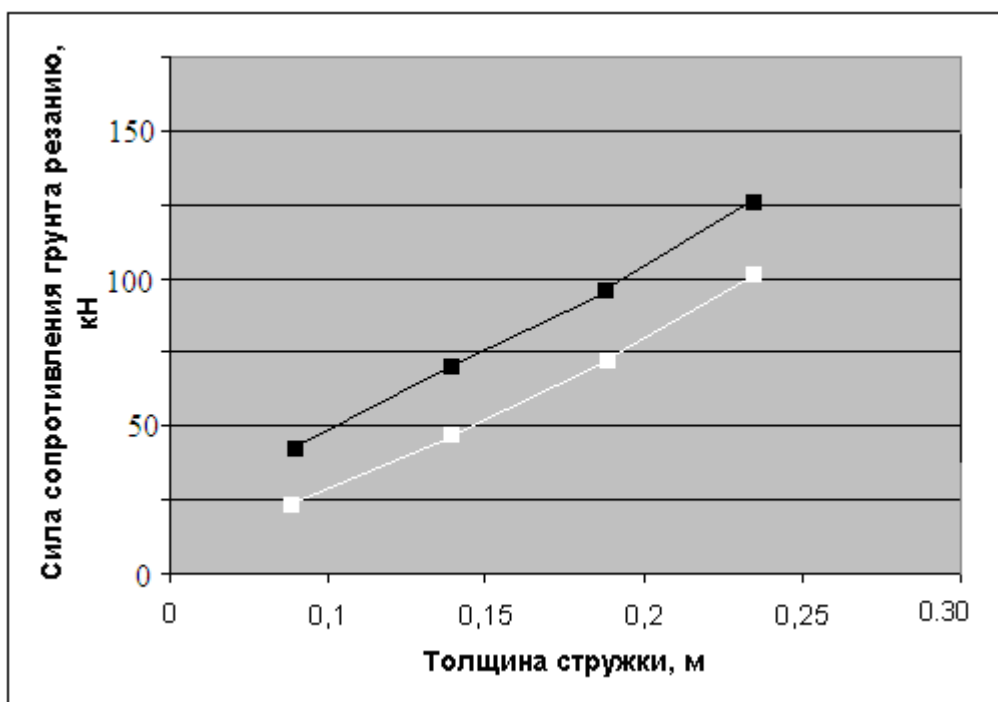


Рисунок 2 – Зависимость силы сопротивления грунта резанию от толщины срезаемой стружки

Вывод. При изменении толщины срезаемой стружки от 8 до 23 см сила сопротивления разрабатываемого грунта увеличивается на 25 – 30 кН на каждые 5 см толщины стружки.

3) Определение зависимости силы сопротивления грунта резанию от угла резания.

Теория Зеленина А.Н.

$$\alpha = 17^\circ$$

$$P = 3 \cdot 8^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 17) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 2,8 \text{ кН}$$

$$\alpha = 22^\circ$$

$$P = 3 \cdot 8^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 22) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 2,88 \text{ кН}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$P = 3 \cdot 8^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 27) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 3,0 \text{ кН}$$

$$\alpha = 32^\circ$$

$$P = 3 \cdot 8^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot 1,4) \cdot (1 + 0,0075 \cdot 32) \cdot (1 + 0,03 \cdot 18) \cdot 0,9 \cdot 0,79 \cdot 9,8 = 3,1 \text{ кН}$$

Для определения тенденции изменения силы сопротивления грунта резанию необходимо построить график зависимости (рисунок 3).

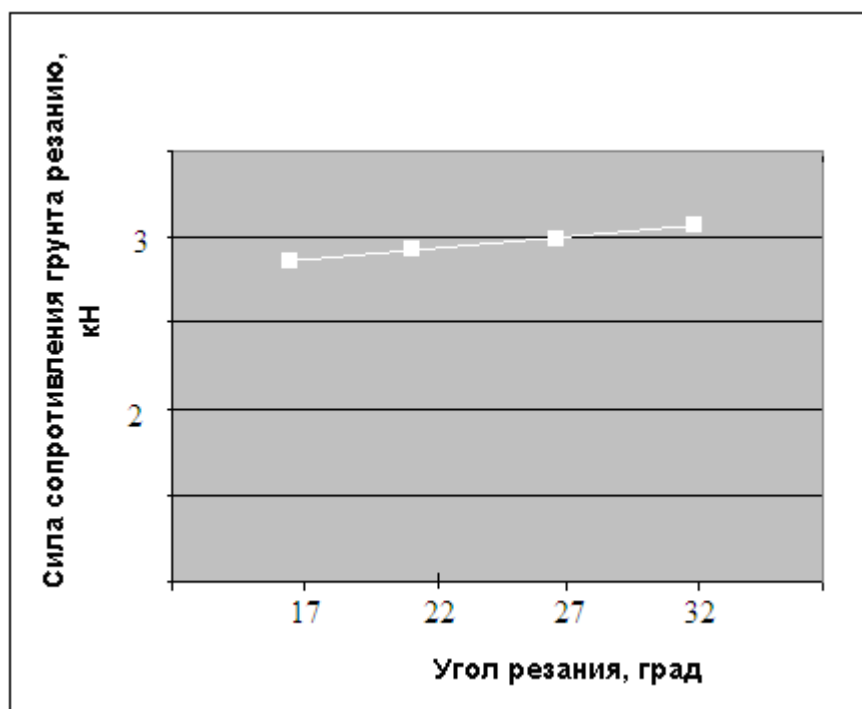


Рисунок 3 – Зависимость силы сопротивления грунта резанию от угла резания

Вывод. При изменении угла резания от 17 до 32 градусов сила сопротивления разрабатываемого грунта увеличивается на 9.7 %.

Теоретическое исследование проводилось с использованием двух независимых теорий, что объясняет некоторое расхождение полученных результатов, однако графики зависимостей позволяют установить наглядно тенденции изменения силы сопротивления грунта резанию.