ТЮМЕНСКОЕ ВЫСШЕЕ ВОЕННО-ИНЖЕНЕРНОЕ КОМАНДНОЕ УЧИЛИЩЕ
Кафедра Военно-технических дисциплин

ИНЖЕНЕРНАЯ ТЕХНИКА

Тема № 11 : Методика расчета показателей и характеристик функциональных свойств минных тралов

Занятие № 1: Методика расчета показателей и характеристик функциональных свойств минных тралов

Лекция № 15

Автор: старший преподаватель В.А.Кузнецов

Учебные цели

1.Давать систематизированные основы научных знаний по дисциплине

2.Ознакомить с основным показателем минных тралов

3.Изучить методику расчета показателей минных тралов

4.Концентрировать внимания обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросов темы

Учебные вопросы

1. Основные параметры колесных и ножевых минных тралов

2. Методика расчета показателей и характеристик функциональных свойств минных тралов

1. Основные параметры колесных и ножевых минных тралов

Основные параметры минных тралов и их характеристика

Основными параметрами тралов являются:

ширина прохода;
надежность траления мин;
запас взрывоустойчивости (только для катковых тралов);
скорость траления;
безопасный радиус поворота на МП (только для катковых тралов);
тяговое усилие для движения танка с тралом.

Ширина прохода – это полоса, проделываемая тралом, которая должна обеспечить безопасный пропуск машины. Для пропуска танков ширина каждой колеи согласно ОТТ должна быть около 100 см. по такому проходу возможен пропуск мелких групп средних танков. Для пропуска всей техники войсковых частей должны быть сплошные проходы шириной не менее 4-х метров. Это достигается за счет работы нескольких танков-тральщиков, движущихся уступом, либо неоднократным прохождением одного тральщика. Такой метод проделывания проходов возможен в случае необходимости только для тралов комбинированных (катково-ножевых КМТ-5М, КМТ-7). Ножевые тралы используются только как индивидуальные.

Надежность треления мин оценивается отношением количества протраленных мин к общему числу мин, попавших в полосу действия трала. Надежность траления катковых тралов зависит от величины давления на грунт и копирующих свойств трала. Для выкапывающих тралов надежность траления определяется величиной заглубления ножей в грунт, геометрическими размерами мины, копирующими свойствами трала и зависит от грунтовых условий.

Запас взрывоустойчивости для каткового трала оценивается по количеству взрывов мин, которые в состоянии выдержать трал без существенной потери работоспособности. Взрывоустойчивость трала зависит от конструкции рабочего органа, подвески и материала, из которого изготовлены элементы трала. Для ножевых тралов характерны взрывы лишь тех мин, которые поставлены на извлекаемость; число таких мин обычно составляет 5…10% от общего числа. Таким образом, конструкция ножевых тралов предполагает не взрывоустойчивость, а возможность быстрой замены разрушенных секций.

Скорость трала зависит от ряда факторов:

тяговой характеристики машины;

величины сопротивления движению трала;

от характера установки мин;

местности и т.д.

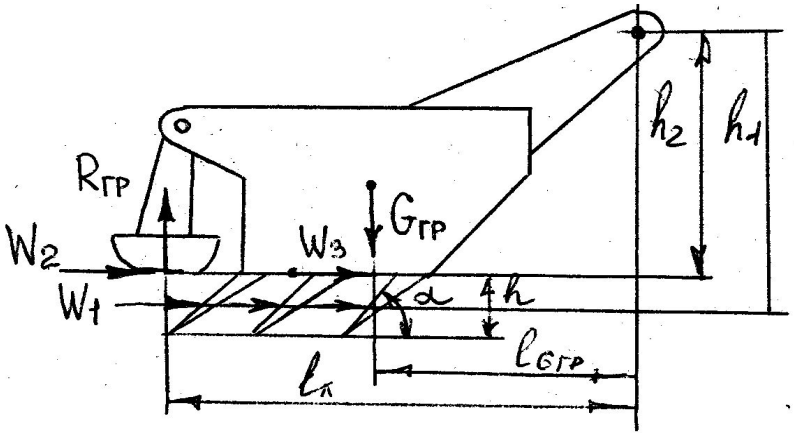
При выборе скорости траления катковым тралом большую роль играют копирующие свойства трала. При увеличении скорости выше установленного предела возрастает опасность пропуска мин, установленных во впадинах и на обратных скатах местности.

Безопасный радиус поворота тральщика на минном поле оценивает маневренные качества тральщика в сравнении с танком без трала

2. Методика расчета показателей и характеристик функциональных свойств минных тралов

Расчет основных параметров минных тралов выкапывающего действия

Методика определения общего сопротивления при работе ножевого трала



Расчетная схема для определения сопротивления движению танкас ножевым тралом

h – глубина прорезания грунта; α – угол резания; h_1,h_2, l_G,l_K – плечи действия соответствующих сил.

Общее сопротивление W_x ножевого трал

$W_x = W_1 + W_2 + W_3 + R_T$, Н, где

W_1 – сила сопротивления грунта, прорезаемого ножами;

W_2 – сила трения лыжи о грунт;

W_3 – сила сопротивления, действующуя со стороны грунта перед отвалом;

Рассмотрим каждую составляющую отдельно, сила сопротивления передвижению самого танка R_T рассмотрены выше.

Сила сопротивления грунта резанию ножами:

$W_1 = K \cdot i \cdot W_1'$, Н, где

К – коэффициент, учитывающий влияние деформации и смятия ножами грунта

(К=1 при α>OS; К=2 при α=(3-5)S; К=1,5 – 3 при α=15)

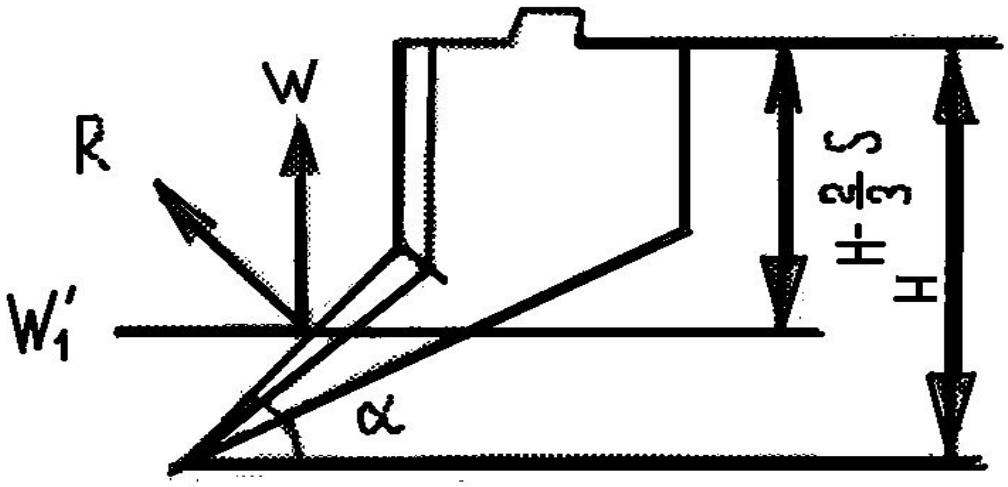
i – число ножей;

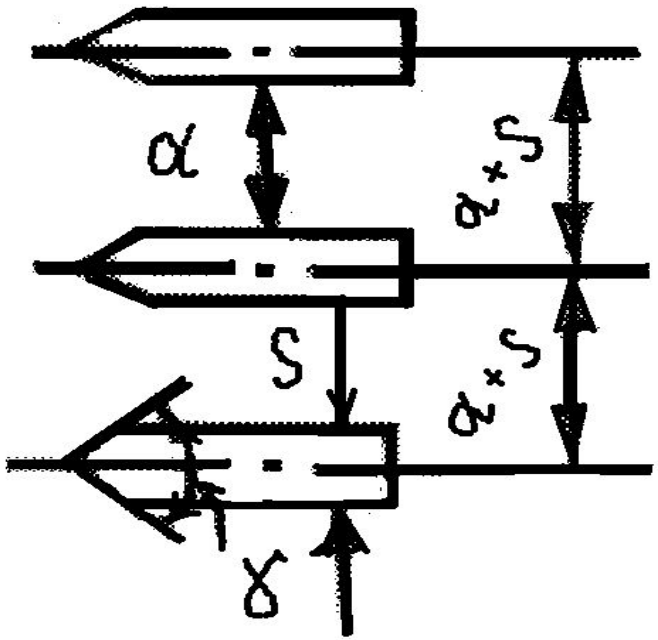
W_1' - сила сопротивления резанию грунта одним ножом

β_0 – коэффициент учета заострения ножа.

S – толщина ножа.

При $\beta = 180^0$	$\beta = 120^0$	$\beta = 90^0$	$\beta = 60^0$	$\beta = 50\ldots15^0$
$\beta_0 = 1{,}0$	$\beta_0 = 0{,}96$	$\beta_0 = 0{,}9$	$\beta = 0{,}83$	$\beta = 0{,}81$





Расчетная схема для определения силы сопротивления резания грунта ножами трала

Сила трения лыжи о грунт $\mathbf{W_2 = R_{гр} f_{мг}}$, Н, где

$R_{гр}$ - нормальная реакция грунта;

$f_{мг}$ – коэффициент трения стали о грунт ($f_{мг}$ = 0,3…0,65)

Нормальная реакция грунта на лыжу определяется из условия равновесия сил относительно точки 0

$$\sum \mathbf{M_0 = W_2 \cdot h_2 + W_3 \cdot h_3 + W_1 \cdot h_1 + G_{тр} \cdot l_\alpha - R_{гр} \cdot l_R}$$

Подставим вместо $\mathbf{W_2 = R_{гр} \cdot f_{гр}}$, найдем $R_{гр}$

$$R_{гр} = \frac{W_3 h_2 + W_1 h_1 + G_{TP} l_G}{l_R - f_{мг} \cdot h_2}, \quad \text{Н}$$

Из условия исключения срабатывания мины $R_{гр} \geq 2000$ Н.

Сила сопротивления, действующая со стороны грунта перед отвалом

$$W_3 = W_3^1 + W_3^{11}, \quad \text{Н} \quad \text{где}$$

W_3^1 - сила сопротивления перемещению грунта впереди отвала, Н;

W_3^1 - сила сопротивления перемещению грунта вдоль отвала, Н.

$W_3^1 = G_{гр} f_{гг} \sin \alpha$, Н, где

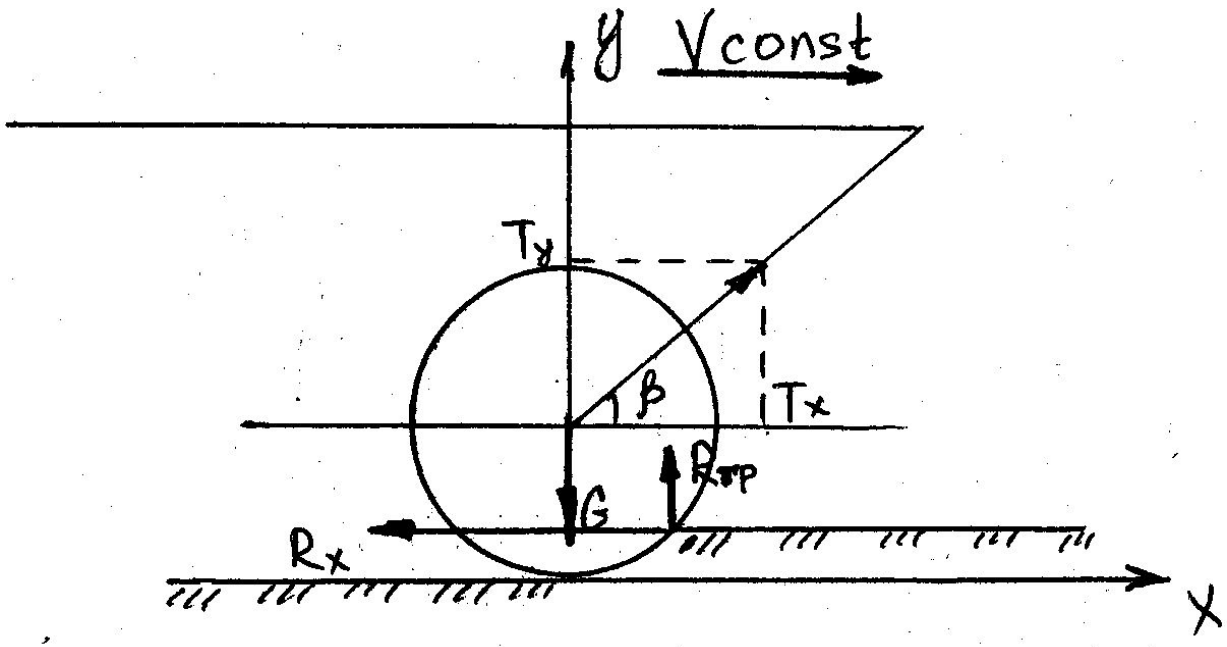
$G_{гр}$ – сила тяжести призмы грунта;

$f_{гг}$ – коэффициент трения грунта по грунту ($f_{гг}$ = 0,8…1,2)

α – угол отвала в плане относительно продольной оси танка.

Расчет основных параметров минных тралов нажимного действия

Основные требования в надежности катковых тралов состоит в обеспечении достаточного для срабатывания привода мины давления катка на грунт (мину) при движении по ровной местности.



Расчетная схема для определения давления катка на мину при движении по ровной местности

Т – усилие, приложенное к подвеске катка (тяговое усилие); T_x, T_y – горизонтальная и вертикальная составляющие усилия Т; $R_{гр}$ – нормальная реакция грунта; $G_к$ – сила тяжести катка; R_x – сила сопротивления передвижению трала; β – угол подвески катка.

Для определения реакции грунта, равной давлению катка на грунт (мину), спроецируем все силы на оси Х и У.

На ось Х $T * \cos\beta - R_{ГР} f = 0$

На ось У $T * \sin\beta - G_К + R_{ГР} = 0$

Подставив во второе выражение значение силы Т, получим

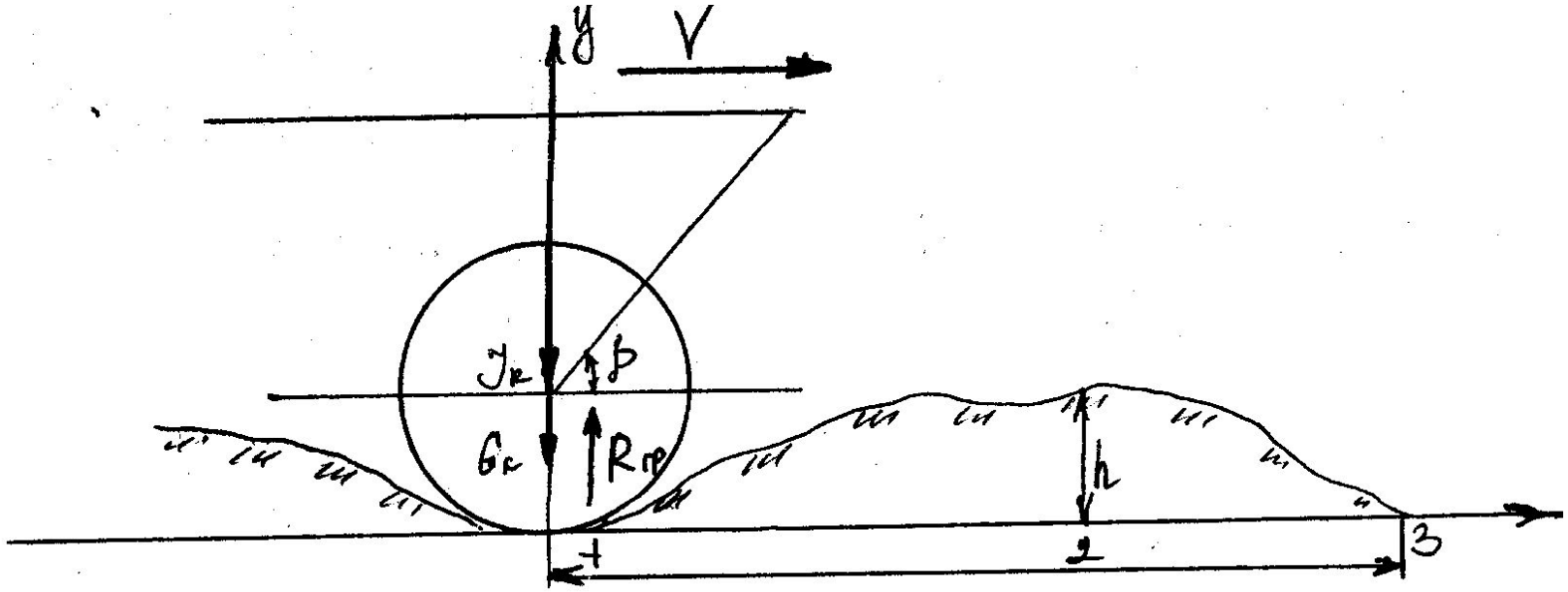
$R_{гр} = G_к - f R_{гр} \operatorname{tg} \beta$, Н

Отсюда:

$$R_{гр} = \frac{G_К}{1 + f tg\beta}, \text{ Н}$$

Из формулы следует, что давление на грунт (мину) зависит не только от силы тяжести катка, но и от характера грунта и угла подвески

Определение давления катка на грунт (мину) на неровной местности



Расчетная схема для определения давления катка на мину при движении по неровной местности.

При движении тральщика по неровной местности возникают силы инерции катка в вертикальной плоскости, которые изменяют давление катка на грунт (мину).

В этом случае формула определения давления представляется в следующем виде:

$$R_{гр} = \frac{G_К \pm J_К}{1 + ftg\beta}, \quad Н$$

Для определения сил инерции катка $J_к$ составим уравнение профиля неровности.

$$У = \frac{h}{2} \cdot \left(1 - \cos\frac{2\pi x}{\lambda}\right), \quad м, \quad где$$

У – текущая вертикальная координата неровности, м;
h – высота неровности, м;
λ – длина неровности, м.
При V = const текущая горизонтальная координата X

X = Vt, м

Тогда, уравнение профиля неровности примет вид:

$$У = \frac{h}{2}\left(1 - \cos\frac{2\pi Vt}{\lambda}\right), \quad м$$

.

Первая и вторая производные по t запишутся в виде:

$$y' = \frac{\pi V h}{\lambda} \sin \frac{2\pi V t}{\pi}, \quad \text{м/с}$$

$$y^{n} = \frac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2} \cos \frac{2\pi V t}{\lambda}, \quad \text{м/с}^2$$

С учетом этого, сила инерции катка в вертикальной плоскости

$$J_к = \frac{G_к}{g} \cdot \frac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2} \cdot \cos \frac{2\pi X}{\lambda}, \quad \text{Н}$$

Исследуя значение силы инерции в точках 1,2,3 профиля пути, получим:

при $X_1 = 0$ $\cos \frac{2\pi 0}{\lambda}$ (cos 0 = 1)

при $X_3 = \lambda$ $\cos \frac{2\pi\pi}{\pi}$ (cos 2π = 1)

Следовательно, силы инерции в этих точках равны и направлены вниз.

$$J_к = \frac{G_к}{g} \cdot \frac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2} \quad , \quad Н,$$

Сила давления катка в этом случае: $R_{гр} = \dfrac{G_к + \dfrac{G_к}{g} \cdot \dfrac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2}}{1 + ftg\beta}$

В точке 2 при $X = \dfrac{\pi}{2}$ $\cos \dfrac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda}$ (cos π = -1)

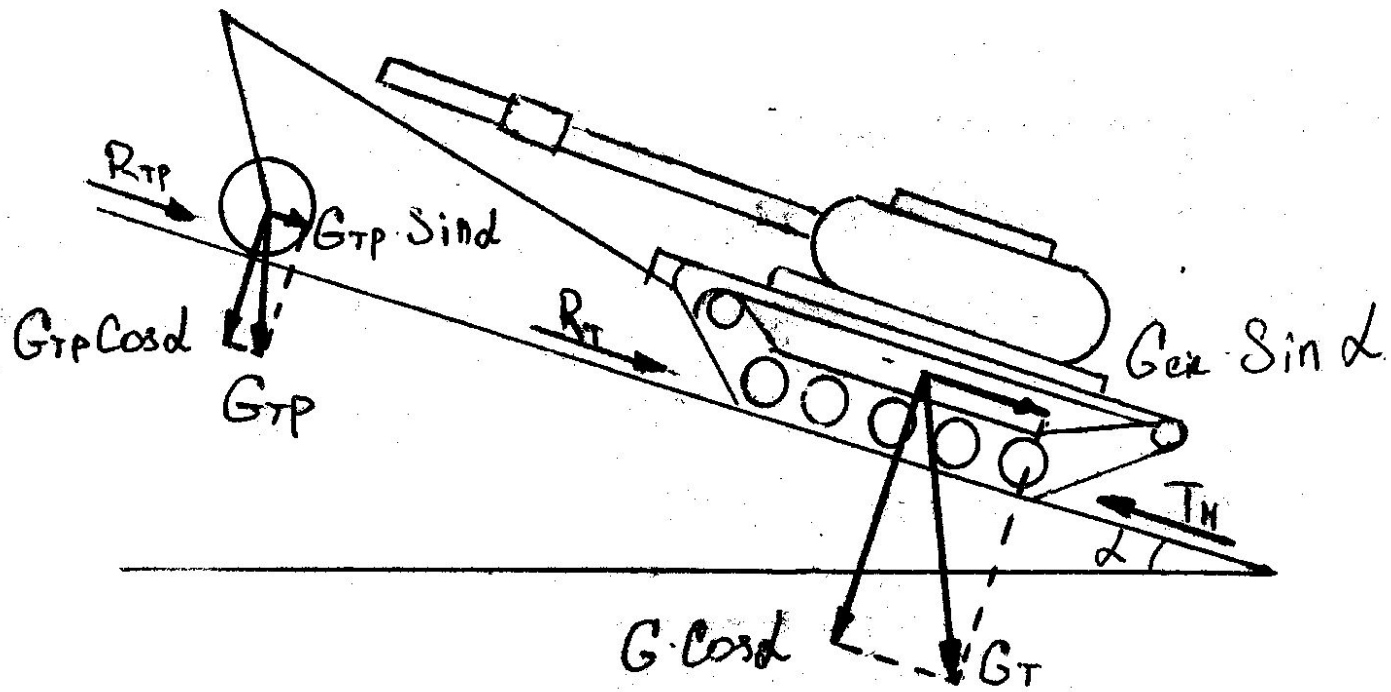
Сила инерции направлена вверх:

$$J_к = \frac{G_к}{g} \cdot \frac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2} \quad , \quad Н$$

Следовательно, в этом случае сила давления катка на грунт

$$R_{гр} = \frac{G_к - \dfrac{G_к}{g} \cdot \dfrac{2\pi^2 V^2 h}{\lambda^2}}{1 + ftg\beta} \quad , \quad Н$$

Тяговый расчет танка с катковым тралом



Расчетная схема для определения общей силы сопротивления для танка с катковым тралом

Общая сила сопротивления для танка с катковым тралом

$R = R_т + R_{тр} \pm G_{тр} \cdot \sin \alpha$, Н, где

$R_{тр}$ – сила сопротивления передвижению трала, Н

$R_т$ – сила сопротивления передвижению танка, Н;

$G_т$, $G_{тр}$ – сила тяжести базовой машины и трала, соответственно, Н;

α – угол подъема местности, град.

$$R_{тр} = R_{гр} f_{тр}, \quad Н$$

$$R_т = G_т(f_s \cos \alpha \pm \sin \alpha), \quad Н$$ где

$R_{гр}$ – давление рабочих органов трала на грунт;

$f_{тр}$ – коэффициент сопротивления передвижению трала;

f_s – коэффициент сопротивления передвижению танка.

Коэффициент сопротивления передвижению танка и тралов

Характер грунта	$f_т$	$f_{гр}$
Асфальт	0,06	0,04-0,06
Грунтовая дорога (сухая)	0,07-0,1	0,07-0,12
Грунтовая дорога (влажная)	0,1-0,12	0,15-0,20
Луг мокрый	0,15	0,20-0,30

Тяговый расчет танка с ножевым тралом

Исходные данные:

G_T, кН – сила тяжести танка;
$G_{TP,}$ кН – сила тяжести секции трала;
H, м – высота отвала;
L, - длина отвала;
ε, град – угол расположения отвала относительно продольной оси танка
$h_{H,}$ - высота ножей ;
β, -угол заострения ножей;
a, м – расстояние между ножами;
i – количество ножей;
α_P ,° - угол резанья ножа;
α_M , - угол наклона местности;
S, м – толщина ножей;
l_1, м; $l_{2,}$ м; $h_{2,}$ м – плечи сил, действующих на ножевую секцию

Решение

1. Уравнение тягового баланса

$T_H^{СЦ} \geq W_x + W_T$, Н, где:

W_x - сила сопротивления секции трала при тралении мин;

W_T – сила сопротивления передвижению танка;

$T_H^{СЦ}$ – номинальная сила тяги по сцеплению;

2. Тяговое усилие танка по сцеплению

, где

ϕ = 0,65…1,08 – коэффициент сцепления

3. Сила сопротивления передвижения танка

, где

f – коэффициент сопротивления передвижению танка

4. Силы сопротивления секции трала при тралении мин (рис. 4.5)

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

4.1.1 Сила сопротивления грунта резанию ножами

$$W_1 = k \cdot i \cdot W_1^{/}, \text{ где}$$

К – коэффициент учитывающий влияние деформации и смятия ножами грунта (к = 1, при а>10S; к = 2 при а = (3…5)S; к = 1,5…3 при а = 15S)

4.1.2 Сила сопротивления прорезанию грунта одним ножом

$$W_1^{/} = 10 \cdot C \cdot h^{135}(1 + 0{,}1S)(1 - \frac{90^{\circ} - \alpha_p}{180^{\circ}}) \cdot \beta_0$$, где

С – число ударов ударником ДорНИИ

β_0 – коэффициент учета заострения ножа

При β = 180°		120°	90°	60°	50…15°
β_0	1	0,96	0,9	0,83	0,81

1.4.3 Сила трения лыжи о грунт

$$W_2 = R_{гр} \cdot F_{мг}$$

5. Сила сопротивления перемещению грунта перед и вдоль отвала

$$W_3 = W_3^{/} + W_3^{//}$$

$$W_3^{/} = G_{ГР} \cdot f_{ГГ}(\sin\alpha \pm f_{МГ}\cos\alpha)$$, где $\alpha = 55^{\circ}$ - угол наклона отвала

$$W_3^{//} = G_{ГР} \cdot f_{гг} \cdot f_{мг} \cdot \cos\varepsilon$$

Тяговый расчет танка с катковым тралом

Исходные данные:

G_T ,кН – сила тяжести танка

$G_{TP,}$ кН – сила тяжести каткового трала

α = 10° - угол подъема местности

Решение

1. Уравнение тягового баланса

$$T_H \geq W_{TP} + W_T \text{ , где}$$

T_H - номинальная сила танка.

2. Сила тяги танка по сцеплению

$$T_H^{СЦ} = \phi \cdot G_T \cdot \cos\alpha$$

ϕ = 0,6…1,,08 – коэффициент сцепления

Если $T_H^{СЦ} < T_H^{ДВ}$, то номинальной силой тяги принимаем $T_H^{СЦ}$, если $T_H^{СЦ} < T_H^{ДВ}$, то $T_H^{ДВ}$

3. Сила сопротивлению передвижению трала

$$W_{TP} = G_{TP}(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \text{ , где}$$

f – коэффициент сопротивления передвижению (табл. №)

4. Сила сопротивления передвижению танка

$$W_T = G_T \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha), \text{ где}$$

5. Суммарное сопротивление передвижению танка с катковым тралом

$$W = W_T + W_{TP}$$

Полученный результат сравнить с T