

УДК 631.316.22

UDC 631.316.22

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЁТА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХА-
НИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТ-
КИ ПОЧВЫ****THEORETICAL PRINCIPLES OF CALCULA-
TION OF ENERGY PARAMETERS OF MECH-
ANIZED PROCESSES OF TILLAGE**Тарасенко Борис Фёдорович
к.т.н., доцент*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*Tarasenko Boris Fedorovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*Представлены рыхление чизельное, теоретические
основы, новые рабочие органы, расчёт энергетиче-
ских параметров при обработке почвыChisel, theoretical principles, new tools, calculation of
energy parameters of mechanized processes of tillage
are presented in this articleКлючевые слова: РЫХЛЕНИЕ ЧИЗЕЛЬНОЕ, МА-
ТЕМАТИКА, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, СИЛЫ, СО-
ПРОТИВЛЕНИЕ, РАСЧЁТЫKeywords: CHISEL, MATHEMATICS, REGULAR-
ITIES, POWERS, RESISTANCE, CALCULATIONS

В земледелии существует, имеющая народнохозяйственное значение, **проблема** сохранения плодородия и снижения затрат энергии при выполнении механизированных процессов обработки почвы, так как применяемые конструктивно-технологические решения основной обработки почвы далеки от совершенства (высоки затраты энергии на основную обработку почвы).

Для решения указанных проблем нами поставлены следующие **задачи исследований**.

1. Изучить теоретические основы и установить математические закономерности при определении сопротивления почвы деформации или отрыву пласта плугов с рабочими органами для почвозащитной технологии.

2. Произвести расчёты затрат топлива при обработке почвы новыми и известными средствами.

Реализация задач исследований осуществлена следующим образом.

При расчёте энергетических параметров конструктивно-технологических средств обработки почвы важным пунктом является определение сопротивления почвы, возникающего при воздействии на нее рабочего органа в процессе работы, а по нему определение затрат топлива.

Известно [1], что при безотвальном (почвозащитном) рыхлении почвы рабочими органами имеющими вид стрелчатой лапы закрепленной на стойке схема сил сопротивления, действующих на клинообразный рабочий орган (рисунок 1) имеет вид, а тяговое сопротивление ($P_{тяг}, Н$). определяется по формуле.

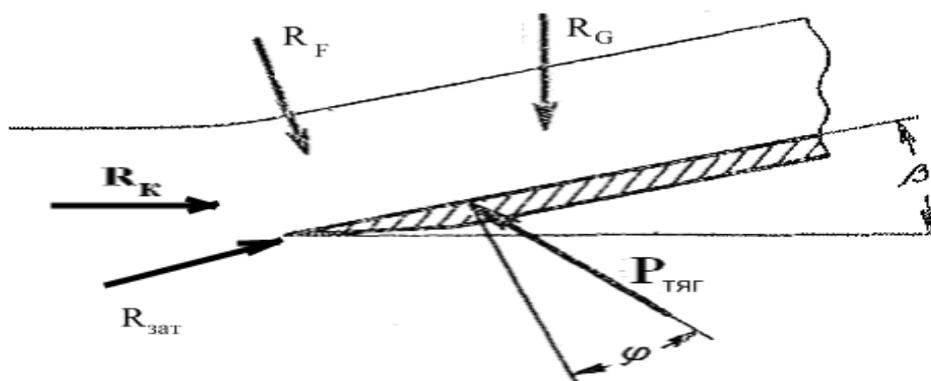
$$P_{тяг} = v \cdot q + m \cdot Q_z, \quad (1)$$

Где $q = \frac{P_x}{v_l}$ – удельное тяговое сопротивление, Н/м;

m – коэффициент перекачивания колес рыхлителя (по стерне $m=0,15-0,3$ [102]);

Q_z – вертикальная нагрузка на колеса рыхлителя, Н;

P_x – продольная составляющая силы тяги двухгранного клина, Н.



$P_{тяг}$ – общее тяговое сопротивление; $R_{зат}$ – сопротивление затылочной фаски; R_K – сопротивление почвы деформации или отрыву пласта двухгранним клином; R_F – сопротивление трению; R_G – сопротивление, создаваемое статическим давлением пласта; β – угол крошения; φ – угол трения (в расчётах $\varphi = 26^\circ 30'$, когда не указан тип почвы).

Рисунок 1 – Схема сил сопротивления, действующих на клинообразный рабочий орган

Из этого следует, что уравнение продольной слагающей P_X силы тяги $P_{тяг}$ долота универсального рабочего органа, поступательно движущегося с постоянной скоростью соответствует следующему выражению (формула 2).

$$P_X = R_{затX} + R_{КX} + R_{FX} + R_{GX}, \quad (2)$$

где $R_{затX}$ – горизонтальная составляющая сопротивления затылочной фаски на долоте, Н. На рисунке 2 показана схема к определению давления почвы на затылочную фаску.

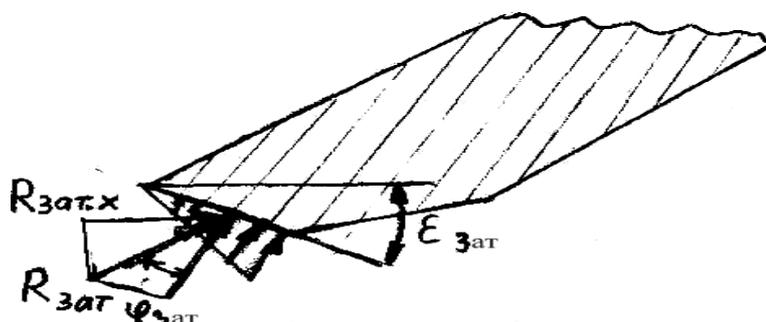


Рисунок 2 – Схема к определению давления почвы на затылочную фаску

$R_{затX}$ определяется из выражения

$$R_{затX} = 0,5q_{см} \cdot v_{л} \cdot h_{зат}^2 \cdot (\operatorname{tg} j_{зат} \cdot \operatorname{ctg} \epsilon_{зат} + 1), \quad (3)$$

где $q_{см}$ – коэффициент объёмного смятия почвы (41-207 Н/см³);

$h_{зат}$ – деформация сжатия;

$j_{зат}$ – угол трения между равнодействующей нормальных давлений почвы на затылочной фаске лезвия долота и равнодействующей вертикальной и горизонтальной составляющих сил воздействующих на фаску и стремящихся вытолкнуть долото из почвы;

$\epsilon_{зат}$ – угол наклона затылочной фаски ко дну борозды.

В частном случае при $\varepsilon_{зам}=10^\circ$ и $\varphi = 26^\circ 30'$, $R_{зам} \leq 0,3G_m$, где G_m – вес машины, Н.

$R_{КХ}$, Н – сопротивление почвы деформации или отрыву пласта двух-гранным клином, Н. При этом R_K – равнодействующая нормальных и касательных сил на поверхности клина является функцией переменных значений

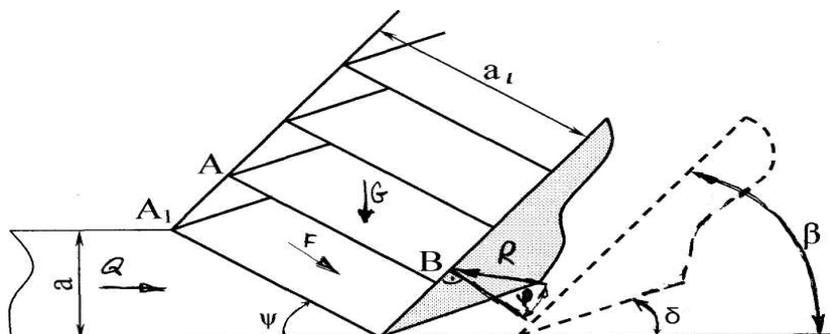
$$R_K = \Phi (a , v , b , d , j) . \quad (4)$$

Тогда при линейной зависимости между толщиной и шириной пласта a и v , см), и при помощи коэффициента удельного сопротивления почвы $k=50-150 \text{ кН/м}^2$, $R_{КХ}$ определяется как

$$R_{КХ} = k \cdot a \cdot v ; \quad (5)$$

На рисунке 3 показана схема деформации пласта при работе двух-гранного клина в вертикальной плоскости.

При работе клина происходит вначале уплотнение почвы при перемещении его из точки (O) в точку (O₁), а затем в почве возникает мгновенно плоскость сдвига O₁A₁ под углом ψ с дном борозды, т.е. образуется призмовидная глыба, имеющая в продольном сечении форму трапеции O₁A₁AB.



a – толщина пласта; a_1 – толщина деформированного пласта; Q – реакция недеформированной почвы, находящейся впереди клина; F – сила динамического давления, обусловленная инерцией пласта почвы; G – вес пласта; R – результирующая нормальных давлений и сил трения на рабо-

чей поверхности клина; j – угол трения почвы о сталь; O_1A_1 – плоскость сдвига; O_1A_1AB – поперечное сечение в форме трапеции призматической глыбы; b – угол крошения или угол между передней гранью клина и дном борозды; δ – угол установки клина ко дну борозды.

Рисунок 3 – Схема деформации пласта почвы при работе двугранного клина в вертикальной плоскости:

R_{GX}, H – сопротивление, создаваемое статическим давлением пласта определяется

$$R_{GX} = G \cdot \operatorname{tg}(b + j), \quad (6)$$

где G – вес пласта (Н). G определяется по формуле

$$G = \rho \cdot a \cdot \epsilon_l \cdot l \cdot g, \quad (7)$$

где l – длина рабочей поверхности клина, м;

ρ – объёмный вес почвы ($\rho = 1,22-1,25 \text{ т/м}^3$) [2].

R_{FX} – сопротивление, создаваемое инерцией пласта или его динамическим давлением, Н.

$$R_{FX} = a \cdot \epsilon_l \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \operatorname{tg}(b + j), \quad (8)$$

Развернутая зависимость для определения продольной слагающей силы тяги для двугранного клина,

$$P_X = 0,3 \cdot G_m + k \cdot a \cdot \epsilon_l + G \cdot \operatorname{tg}(b + j) + a \cdot \epsilon_l \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \operatorname{tg}(b + j), \quad (9)$$

Для определения тягового сопротивления предлагаемого устройства необходимо учитывать также угловые колебания. Из исследований Баранова А. С. известно, что с учётом угловых колебаний рабочих органов сопротивление возрастает на 30...35%.

$$P_{\text{тяг.угл.кол}} = 1,35 \cdot P_X \quad (11)$$

где 1,35 – коэффициент роста сопротивления с учётом угловых колебаний.

Затраты топлива определяются по формуле

$$Q_{\text{топл}} = N_{\text{предл}} \cdot q_m \cdot T_{\text{см}}, \quad (12)$$

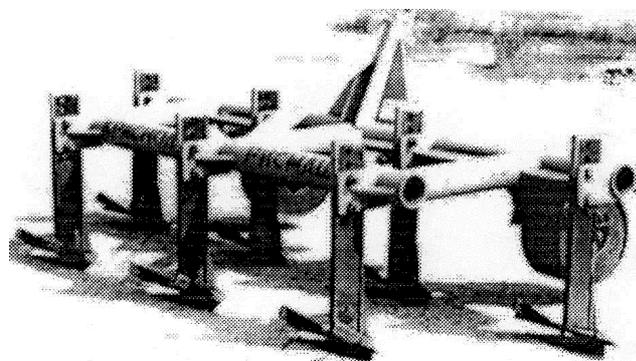
где N – мощность (кВт) определяемая, как $N = P_{\text{тяг}} \cdot \text{угл} \cdot \text{кол} \cdot V$;

V – скорость (км/ч) передвижения плуга. $T_{\text{см}}=7\text{ч}$ – время смены;

q_m – удельный расход топлива принимаем равным 238г/кВт.

В таблице 1 приведены математические закономерности для определения $R_{\text{КХ}}$, расчетное значение удельного тягового сопротивления (q), а также затраты топлива ($Q_{\text{топл}}$), причём расчётные значения продольной слагающей силы тяги определены по развёрнутой зависимости (формула 9). Расчёты приведены для базовых плугов ПЧН-2,2(3,2) и для новых защищённых патентами РФ [3, 4, 5, 6] плугов с рабочими органами с прямоугольной лапой с нижней заточкой, с двухъярусными лапами, с составными лапами, со складывающимися лапами (рисунок 4).

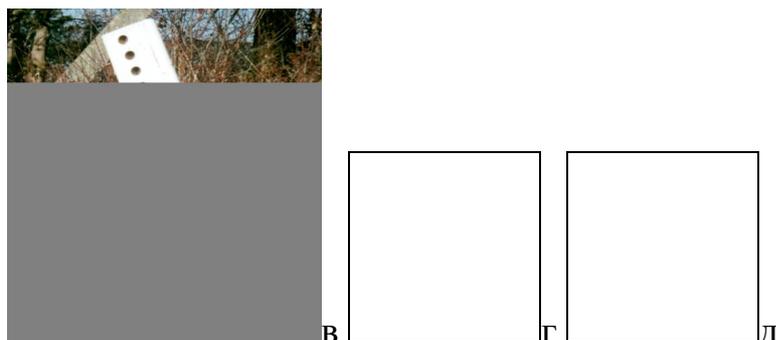
При расчёте тягового сопротивления почвы двухъярусному рабочему органу принимаем, что сопротивление почвы второму ярусу меньше в три раза (твёрдость почвы меньше, нет корней растений, структура мелкозернистая).



а



б

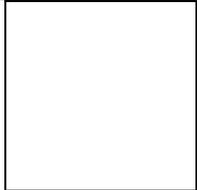
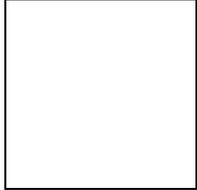


а – базовый ПЧН-3,2; б – экспериментальный плуг с прямоугольной лапой с нижней заточкой; в и г – рабочие органы для экспериментального плуга с двухъярусными лапами и с составными лапами; д – экспериментальный плуг со складывающимися лапами

Рисунок 4 – Плуги и рабочие органы

Таблица 1 Математические закономерности для определения $R_{КХ}$ и q , $Q_{топл}$

Наименование плуга		$Q_{топл}$, кг		6
Математические закономерности для определения $R_{КХ} \cdot P_x / v$, P_x / v , кН/м		$Q_{топл} = k \cdot P_x \cdot v$ где $k = 150$		8
		Плуг с $m=565$ $V=9$ км/ч составными лапами, Плуг с составными лапами, $m=565$ кг $V=9$ км/ч	где $a_1=0,1$ 8м, $a_2=0,1$ 6м, $a_3=0,1$ 4м, $a_4=0,1$ 2м, $a_5=0,1$ м, v_1 , $a_1=0,1$ 8м, $a_{ст}=0,12$ м, $v_{ст}=0,02$ м, $a_1=0,1$ 8м, $k=150$	9 3

			кПа, $v=2,2$ м	
Плуг ПЧН-3,2 (базовый) $m=740\text{кг}$ $V=9\text{км/ч}$		9,157	185,3	
Плуг с прямоугольной лапой с нижней заточкой $m=605\text{кг}$ $V=9\text{км/ч}$		6,743	136,5	2 4
	где $a=0,15\text{м}$, $v=2,2\text{м}$, $v_{\text{д}}=0,5\text{м}$, $k=150\text{кПа}$ при $a=0,18\text{м}$	7,930	160,5	Г Л У Г с с с к Л а Д Б В а , Н П И М К , С Я в Л = Г а М , К 2 М

