



1'2003

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

МАЗМҰНЫ

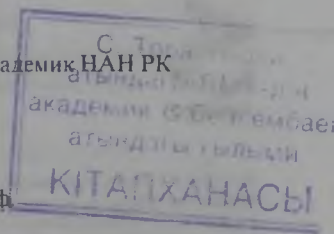
ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ

- Ж.С. Бектұрғанов, Б.Қ. Қасенов, Е.С. Мұстафин, С.Т. Еділбаева, Ш.Б. Қасенова, Е.К. Жұмаділов*
 $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$ (Ln – сирек-жер, Me^I – сұлтлық, Me^{II} – сұлтлық-жер металдары) құрамды манганииттердің термодинамикалық қасиеттері 7
- А.К. Алпысов, А.К. Алпысова*
 Математика сабақтарында экономика мен статистика элементтерін қолдану әдістері 20
- Г.А. Бектенова*
 Ферменттерді иммобилизациялануының өзекті мәселелері 32
- Е.А. Бектұров*
 А.Б. Бектұров атындағы химия институтында физикалық химия саласында полимерлердің зерттелінуі 38
- Д.Ю. Болдырев, Е.О. Батырбеков, Ж.Х. Жұмагулова, Р.М. Ысқақов, Б.А. Жұбанов*
 Поливинилспирттің пленкадан түзілген новокаин диффузиясы 43
- С.С. Донцов*
 Еңбекті ғылыми ұйымдастырудағы шаралардың экономикалық мәнін бағалау 48

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Нухулы А., д.х.н., проф. (*главный редактор*)
 Утегулов Б.Б., д.т.н., проф. (*зам. гл. редактора*)
 Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доц. (*отв. секретарь*)
 Члены редакционной коллегии:

Бойко Ф.К., д.т.н., проф.
 Газалиев А.М., д.х.н., проф., член-корр. НАН РК
 Гамарник Г.Н., д.т.н., проф.
 Глазырин А.И., д.т.н., проф.
 Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.
 Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК
 Каракаев А.К., д.т.н., проф.
 Кислов А.П., к.т.н., доц.
 Клецель М.Я., д.т.н., проф.
 Кудерин М.К., к.т.н., доц.
 Мансуров З.А., д.х.н., проф.
 Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.
 Никитин Г.М., д.т.н., проф.
 Пивень Г.Г., д.т.н., проф.
 Сагинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК
 Сулеев Д.К., к.т.н., проф.
 Сейтахметова Г.Н. (*тех. редактор*)



Адрес редакции:
 637034 г Павлодар,
 ул. Ломова, 64.
 Тел. (3182) 45-11-43
 (3182) 45-38-60
 Факс (3182) 45-11-23
 E-mail publish@psu.kz
 nauka@psu.kz

Подписано в печать 09.02.2003 г.
Формат 297×420/2. Бумага книжно-журнальная.
Объем 12,5 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.
Заказ № 0287.

Научный издательский центр
Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.

К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА С ГРУНТОМ

А.Нуржауов

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Мақалада топырақтың серпімділік қасиеттерін грунт пен трактор қозғалтқыштарының өзара әсерінің динамикасын зерттеуде пайдалану мәселелері қарастырылған.

В статье рассмотрены вопросы учета упругих свойств почвы при исследовании динамики взаимодействия движителей гусеничного трактора с грунтом.

Im Artikel sind die Fragen der Rechnung der elastischen Budeigenschaften bei der Forschung der Wechselwirkungsdynamik der Fahrwerken des Raupentraktors mit dem Grund betrachtet.

Сцепление гусеничных движителей с грунтом непосредственно связано с механическими свойствами последнего. При исследовании взаимодействия движителей трактора грунт рассматривается как пластически деформируемая среда и подвергается сдвигу и срезу. При этом возникают силы трения, сдвига и среза грунтовых кирпичиков боковыми гранями грунтозацепов. При определении касательной силы тяги принято, что силы сдвига и среза являются определяющими [1]. Однако, грунтовые кирпичики наряду с этим подвергаются также и упругому сжатию. Значения коэффициентов сцепления, определенные по рекомендованным формулам хоґошо согласуются с опытными данными для рыхлых грунтов. Однако, расчетные значения допустимых коэффициентов сцепления, определенные по формулам, выведенным без учета силы упругости, для твердых почв получаются меньше значений, найденных опытным путем на 40–62%, а максимальных коэффициентов сцепления – на 53–98%. Поэтому при определении касательной силы тяги трактора необходимо принять во внимание также упругую силу деформированного грунта.

При взаимодействии гусеничного движителя с грунтом предположим, что касательная сила тяги будет равна сумме трех составляющих:

$$F_x = F_{x,сд} + F_{x,ср} + F_{x,сж} \quad (1)$$

где $F_{x,сд}$ – сила реакции грунта при сдвиге;

$F_{x,ср}$ – сила реакции грунта при срезе;

$F_{x,сж}$ – сила реакции грунта при упругом сжатии.

При повороте ведущего колеса с динамическим радиусом r_x на угол φ теоретическая длина пройденного трактором пути будет равна $r_x \varphi$ (рис.1). Тогда длина пути буксования $\Delta = \delta r_x \varphi$ (здесь δ – коэффициент буксования). Элементарная составляющая касательной силы тяги при сдвиге грунта $dF_{x,сд} = \tau_{сд} dS$. Здесь через $\tau_{сд}$ обозначено напряжение сдвига в грунте. Элементарная площадка опорной поверхности гусеницы $dS = br_x d\varphi$ (b – ширина гусеницы).

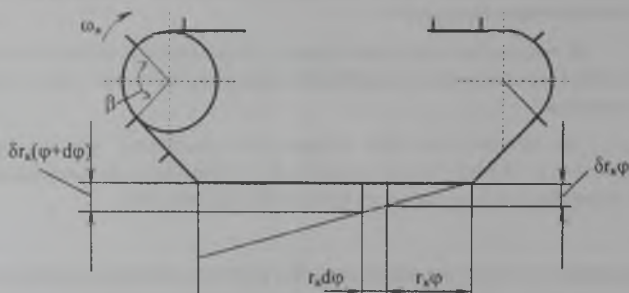


Рис. 1

Зависимость между деформацией и напряжением сдвига определена в виде:

$$\tau_{сд} = f_{сд} p \left(1 + \frac{f_{ср}}{ch \frac{\Delta}{k_r}} \right) th \frac{\Delta}{k_r} \quad (2)$$

где $f_{ср}$ – приведенный коэффициент трения;

p – давление трактора на грунт, Па;

k_r – коэффициент деформации, м;

$f_{сд}$ – коэффициент трения сдвига;

Δ – деформация грунта, м.

Приведенный коэффициент деформации определяется по формуле:

$$f_{np} = 2.55 \left(\frac{f_n - f_{cs}}{f_{cs}} \right)^{0.825} \quad (3)$$

$$\text{где } f_n = tg\varphi + \frac{\tau_0}{p}; \quad (4)$$

f_n – коэффициент трения покоя;

$tg\varphi$ и τ_0 – составляющие коэффициента f_n .

Тогда напряжение сдвига в грунте

$$\tau_{cs} = f_{cs} P \left(1 + \frac{f_{np}}{ch \frac{\delta r_x \varphi}{k_x}} \right) th \frac{\delta r_x \varphi}{k_x} \quad (5)$$

Во время движения трактора при каждом обороте ведущего колеса вокруг оси процесс взаимодействия гусеницы с грунтом циклически повторяется. Следовательно, при одном обороте ведущего колеса рассматриваемая составляющая касательной силы тяги

$$F_{cs,об} = 2 \cdot \int_0^{2\pi} f_{cs} P \left(1 + \frac{f_{np}}{ch \frac{\delta r_x \varphi}{k_x}} \right) \cdot th \frac{\delta r_x \varphi}{k_x} \cdot br_x d\varphi \quad (6)$$

Рассмотрим упругую составляющую касательной силы тяги. При одном обороте ведущего колеса грунтозацепы, расположенные на опорной поверхности гусеницы, подвергают грунт упругой деформации на разные величины. При этом у последнего грунтозацепа имеет место максимальная длина срезанного, сдвинутого и деформированного участка грунта. Каждый грунтозацеп подвергает грунт упругой деформации на определенную длину после чего кирпичики грунта срезаются и сдвигаются. Допустим, что при одном обороте ведущего колеса число грунтозацепов, упруго деформирующих почву, равно $\gamma \cdot z$. Здесь z – число звеньев гусеницы, соответствующее динамической окружности колеса; γ – коэффициент, учитывающий число звеньев, участвующих в упругой деформации грунта. По данным экспериментальных исследований, проведенных при рядовой эксплуатации гусеничных тракторов, а также на полигонах, значение коэффициента γ можно принять в пределах $0,25 \div 0,3$. При повороте ведущего колеса на угол $d\varphi$ элементарная сила упругости почвы

$$dF_{к.ж} = k \cdot b \cdot h_z \cdot \gamma \cdot z \cdot \delta \cdot r_k \cdot d\varphi \quad (7)$$

где k – коэффициент объемного смятия грунта, Н/м³;

h_z – высота грунтозацепа, м.

При полном обороте ведущего колеса

$$F_{к.ж} = 2 \int_0^{2\pi} k b h_z \gamma \cdot z \cdot \delta \cdot r_k \cdot d\varphi \quad (8)$$

Составляющая касательной силы тяги, соответствующая срезу грунта определена по формуле [1]:

$$F_{к.ср} = 4\tau_{ср} \cdot h_z \cdot z \quad (9)$$

где $\tau_{ср}$ – модуль среза грунта, Н/м.

Значение модуля среза зависит от вида грунта. Например, для среднего суглинка (стерни) $\tau_{ср} = (1,26 \div 1,96) \cdot 10^3$ Н/м, для супеси $\tau_{ср} = (1,5 \div 2,6) \cdot 10^3$ Н/м.

Проинтегрировав выражения (6) и (8) с учетом того, что $p = \frac{G}{2z l_z}$, а также то, что при одном полном обороте ведущего колеса длина гусеницы, находящейся в контакте с грунтом, будет равна $2\pi r_k$ и подставив полученные значения в уравнение (1), получим:

$$F_x = \frac{f_{сж} k_r G}{2\pi r_k \delta} \left(\ln ch \frac{2\pi r_k \delta}{k_r} + f_{np} - \frac{f_{np}}{ch \frac{2\pi r_k \delta}{k_r}} \right) + 4\tau_{ср} h_z z + 4\gamma \pi k b h_z \delta r_k z \quad (10)$$

При полном обороте ведущего колеса величина деформации почвы грунтозацепами в направлении противоположном движению трактора, следовательно, длина пути буксования $\Delta = \int_0^{2\pi} \delta \cdot r_k d\varphi = 2\pi \delta r_k$. Тогда отношение определенной выше касательной силы тяги на эту длину можно принять как приведенный коэффициент жесткости почвы:

$$C_n = \frac{1}{2\pi \delta r_k} \left[\frac{f_{сж} k_r G}{2\pi r_k \delta} \left(\ln ch \frac{2\pi r_k \delta}{k_r} + f_{np} - \frac{f_{np}}{ch \frac{2\pi r_k \delta}{k_r}} \right) + 4\tau_{ср} h_z z + 4\gamma \pi k b h_z \delta r_k z \right] \quad (11)$$

В таблице №1 приведены значения параметров, характеризующих различные виды грунтов [1]. На рисунке 2 показаны зависимости от буксования значений коэффициентов сцепления φ движителей гусеничного трактора класса 30 кН тяги «Казахстан», определенные с использованием по-

лученных формул и данных таблицы №1. Анализ этих зависимостей и сравнение расчетных значений φ принятыми значениями допустимого $\varphi_{\text{доп}}$ и максимального $\varphi_{\text{мах}}$ значений коэффициента сцепления, установленных эк-

Таблица №1

Обозначение величин и коэффициентов	Суглинок тяжелый			Суглинок средний			Суглинок легкий			Супесь		
	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота
$f_{\text{ск}}$	-	0,76	-	0,76	0,72	0,70	0,76	0,72	0,69	-	0,79	-
$f_{\text{пр}}$	-	0,323	-	-	-	-	0,248	0,259	0,316	-	1,23	-
$10^6 \delta_{\text{н}}, \text{Па}$	2,8	2,2	1,15	2,92	1,975	0,885	2,4	1,76	1,06	1,36	0,85	0,5
$10^{-7} k, \text{н/м}^3$	0,12-0,18	0,10-0,17	0,07-0,11	0,11-0,20	0,11-0,17	0,06-0,11	0,07-0,10	0,11-0,19	0,10-0,17	0,08-0,11	0,07-0,08	0,04-1,06
$f_{\text{н}}$	0,762	0,822	0,802	-	-	-	0,805	0,765	0,745	0,884	0,824	1,844
$\tau, \text{кПа}$	3,0	3,0	3,0	2,75	2,75	2,75	2,5	2,5	2,5	1,0	1,0	0
$\text{tg } \varphi$	0,72	0,78	0,76	-	-	-	0,77	0,73	0,71	0,87	0,81	0,3
$k_r=0,068 \text{ м}$		$\tau_{\text{р}}=2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$		$G=61000 \text{ Н}$		$Z=13$		$\gamma=0,25$				
$t_r=0,170 \text{ м}$		$b=0,39 \text{ м}$		$h_r=0,03 \text{ м}$		$p=70,890 \text{ кПа}$						

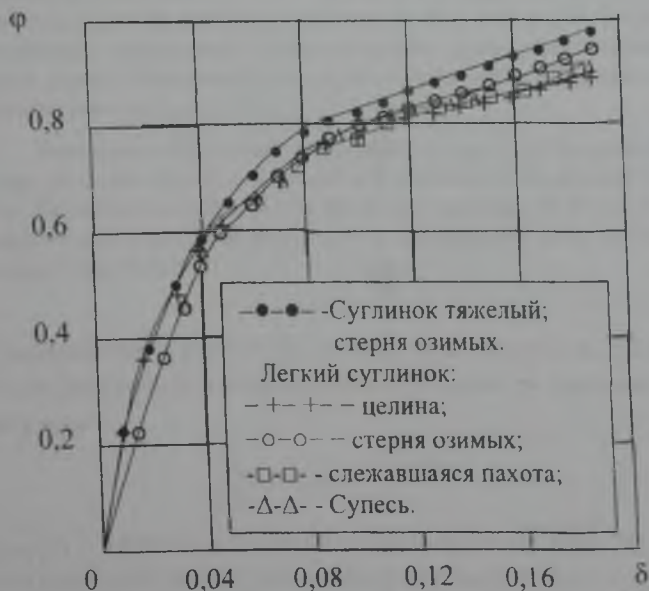


Рис. 2

спериментальным путем, показывают, что для всех видов грунтов значения коэффициента сцепления φ_{min} соответствуют значению буксования движителей в пределах $\delta = 0,04 \div 0,06$, а максимального значения φ_{max} коэффициент φ достигает при значениях буксования от 0,15 до 0,2. Это соответствует действительному характеру взаимодействия гусеничных движителей с грунтом. Поэтому, при исследовании динамики гусеничных тракторов формулы (10) и (11) можно использовать для определения касательной силы тяги F_x и приведенного коэффициента жесткости C_n грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» // Под общей ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.: ил.
-