

УДК 631.1

**М. В. Канделя, В. П. Назарова**

## РАСЧЁТ КАСАТЕЛЬНОЙ СИЛЫ ТЯГИ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 НА ПОЛУГУСЕНИЧНОМ ХОДУ

В статье рассмотрен вариант установки треугольного гусеничного движителя на колёсный трактор класса 1,4 вместо ведущих колёс. Расчёты и испытания показали, что постановка треугольного гусеничного движителя позволяет существенно повысить сцепные свойства трактора класса 1,4.

*Ключевые слова:* касательная сила тяги, реакция почвы, давление на почву, почвозацепы, коэффициент деформации, переувлажнённая почва, движитель.

На Дальнем Востоке более половины тракторного парка приходится на колёсные тракторы класса 1,4. Однако их использование ограничивается сравнительно высоким давлением на почву, особенно на ранневесенних сельскохозяйственных работах, когда почва имеет слабую несущую способность. В связи с этим вопрос повышения тягово-сцепных свойств и снижения нормального давления на почву колёсных тракторов является актуальным. Указанную проблему можно решить за счёт постановки сдвоенных колёс, расстановкой передних и задних колёс на различную ширину колеи, применением дополнительного ведущего моста, использованием различных догрузителей, а также применение полугусеничного хода. Всё это способствует повышению касательной силы тяги.

В ЗАО БКЗ «Дальсельмаш» (г. Биробиджан) разработан треугольный гусеничный движитель для зерновых колёсных комбайнов (рис.). В то же время вопросами его использования на колёсных тракторах класса 1,4 в условиях Дальнего Востока никто не занимался. Поэтому представляет определённый теоретический и практический интерес исследование касательной силы тяги колёсного трактора класса 1,4 при установке треугольного гусеничного движителя. Сравнение проводилось с трактором этого же класса, имеющим колёсную форму 4 × 4.

---

**Канделя Михаил Васильевич** — кандидат технических наук, профессор (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: kandelya79@mail.ru.

**Назарова Вероника Павловна** — студент (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: student.nika1661@mail.ru.

© Канделя М. В., Назарова В. П., 2018



Рис. Трактор класса 1,4 на полугусеничном ходу

Касательная сила тяги в этом случае определяется по формуле:

$$P_k = P_{kп} + P_{kз}, \quad (1)$$

где  $P_{kп}$  — касательная сила тяги, развиваемая передними колёсами, Н;  
 $P_{kз}$  — касательная сила тяги, развиваемая задними колёсами, Н.

С целью повышения тягово-сцепных свойств и снижения нормального давления на почву предлагается вместо задних ведущих колес установить гусеницы треугольной формы (фото). Тогда касательная сила тяги трактора определяется как

$$P_K = P_{KП} + P_{KГ}, \quad (2)$$

где  $P_{KГ}$  – касательная сила тяги, развиваемая гусеницей, Н.

Касательная силы тяги, развиваемая отдельно взятым колесом, является суммой горизонтальных реакций почвы (1):

$$P_K = \sum_{i=1}^n T_{зщц}, \quad (3)$$

где  $n$  – число почвозацепов, контактирующих с почвой, шт.

$T_{зщц}$  – реакция почвы, действующей на отдельный почвозацеп, Н.

Интегрируя касательные реакции почвы, получим силу тяги, развиваемую одним колесом:

$$P_{П} = \frac{1}{t_{п}} \int_0^1 T_{зщц} \cdot dx, \quad (4)$$

где  $t_{п}$  – шаг почвозацепа, м;

$T_{зщц}$  – касательная сила тяги, развиваемая одним почвозацепом, Н.

Зная вид функциональной зависимости касательных напряжений от деформации сдвига почвы, можно определить касательную силу тяги, развиваемую одним почвозацепом.

Процесс деформации переувлажнённых почв Дальнего Востока в горизонтальной плоскости с достаточной степенью точности описывается уравнением (1, 2, 3):

$$\tau_i = f_{сх} q \text{th} \frac{S}{K_{\tau}}, \quad (5)$$

где  $\tau_i$  – касательное напряжение почвы, Па;

$q$  – нормальное давление на почву, Па;

$f_{сх}$  – коэффициент внешнего трения скольжения почвы;

$S$  – величина сдвига почвозацепа относительно почвы, м;

$K_{\tau}$  – коэффициент деформации, Н/м;

$$K_{\tau} = \frac{\tau_{сх} \cdot m_s}{tg(\alpha)_{\tau=0} \cdot m_{\tau}}, \quad (6)$$

где  $\tau_{сх} = f_{сх} q$ ,

$tg(\alpha)_{\tau=0}$  – тангенс угла наклона к оси абсцисс касательной к кривой в начале координат,

$m_{\tau}$  – масштаб на оси ординат;

$m_s$  – масштаб на оси абсцисс.

Формулу (6) перепишем с учётом коэффициента трения скольжения:

$$\tau_i = (c + qtgp) \cdot th \frac{\delta}{k\varepsilon}, \quad (7)$$

где  $c$  – коэффициент сцепления почвы, Па;  
 $p$  – угол внутреннего трения почвы, град.

Из теории трактора известно, что касательная сила тяги, обусловленная одним почвозацепом, изменяется по такому же закону, что и касательная реакция почвы:

$$T_{зац} = [(c + qtgp)B_n h_n + 2(c + \varepsilon_q qtgp)B_n h_n] th \frac{\delta}{k\varepsilon}, \quad (8)$$

где  $B_n$  – ширина почвозацепа, м;  
 $t_n$  – шаг почвозацепа, м;  
 $\varepsilon_q$  – коэффициент бокового давления почвы;  
 $h_n$  – высота почвозацепа, м.  
 Решая совместно уравнения (3) и (8), получим:

$$P_k = \frac{1}{t_n} [(c + qtgp)B_n h_n + 2(c + \varepsilon_q qtgp)B_n h_n] \int_0^1 th \frac{\delta}{k\varepsilon} \cdot dx. \quad (9)$$

Решив данный интеграл, определим касательную силу тяги, развиваемую ведущим колесом:

$$P_k = \frac{1}{t_n} [(c + qtgp)B_n h_n + 2(c + \varepsilon_q qtgp)B_n h_n] \frac{k\varepsilon}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta \cdot l}{k\varepsilon} \right|. \quad (10)$$

В общем случае касательная сила тяги, развиваемая колёсным трактором с формулой 4 × 4, будет равна

$$P_k = \frac{2}{t_{n1}} [(c + qtgp)B_{n1} h_{n1} + 2(c + \varepsilon_q qtgp)B_{n1} h_{n1}] \frac{k\varepsilon}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta_1 \cdot l}{k\varepsilon} \right| + \\ + \frac{2}{t_{n2}} [(c + qtgp)B_{n2} h_{n2} + 2(c + \varepsilon_q qtgp)B_{n2} h_{n2}] \frac{k\varepsilon}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta_2 \cdot l}{k\varepsilon} \right|, \quad (11)$$

где  $t_{n1}, t_{n2}$  – шаг почвозацепов передних и задних колёс соответственно,  
 $B_{n1}, B_{n2}$  – ширина почвозацепов передних и задних колёс соответственно,  
 $h_{n1}, h_{n2}$  – высота почвозацепов передних и задних колёс соответственно.

В общем виде касательную силу тяги, развиваемую опорной поверхностью гусеничного движителя, можно представить следующим образом:

$$P_k = 2 \sum_{i=1}^n T_{тс}. \quad (12)$$

Касательная сила тяги, развиваемая гусеничным звеном, равна

$$T_{тс} = T_{тсmax} \tan \frac{\delta}{k\varepsilon} = [(c + qtgp)BL + 2(c + \varepsilon_q qtgp)] th \frac{\delta}{k\varepsilon}. \quad (13)$$

Решая совместно уравнения (12) и (13), получим:

$$P_x = 2[(c + qtgp)BL + 2(c + \varepsilon_q qtgp)] \frac{K_\tau}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta L}{K_\tau} \right|. \quad (14)$$

В общем случае касательная сила тяги, развиваемая колёсным трактором на полугусеничном ходу, равна

$$P_x = \frac{2}{t_{n1}} [(c + qtgp)B_{n1}L_{n1} + 2(c + \varepsilon_q qtgp)] B_{n1} h_{n1} \frac{K_\tau}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta L_{n1}}{K_\tau} \right| + 2[(c + qtgp)BL + 2(c + \varepsilon_q qtgp)] \frac{K_\tau}{\delta} \ln \left| ch \frac{\delta L}{K_\tau} \right|. \quad (15)$$

Предварительное сравнение уравнений (14) и (15) показывает, что постановка треугольного гусеничного движителя позволяет существенно повысить сцепные свойства трактора класса 1,4.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусеничные зерно- и кормоуборочные комбайны. Основы теории и конструктивно-технологические устройства / А. М. Емельянов, М. В. Канделя, И. В. Бумбар, В. Н. Рябченко. Благовещенск. ДальГАУ, 2013. 318 с.
2. Емельянов А. М. Пути снижения техногенного воздействия гусеничного движителя на переувлажнённые почвы Дальнего Востока: автореф. дисс. ... д. т. н. Благовещенск, 1997. 38 с.
3. Ход полугусеничный сменный: патент 2342278 РФ; МПК В62Д 55/04 / М. В. Канделя, В. В. Масюк, П. А. Шилько. № 2007123201/11; заявл. 20.06.2007; опубл. 27.12.2008. Бюл. № 36.
4. Щитов С. В. Зависимость тягово-сцепных свойств трактора от площади контакта колеса с почвой // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 5. С. 17–18.

\* \* \*

**Kandelya Mikhail V., Nazarova Veronika P.**  
**CALCULATION OF THE TANGENTIAL FORCE**  
**OF TRACTION TRACTOR CLASS 1,4 AT HALF-TRACK STROKE**  
 (Sholom-Aleichem Priamursky State University, Birobidzhan)

In the article the variant of installation of the triangular tracked mover on a wheel tractor of class 1,4 instead of driving wheels is considered. Calculations and tests have shown that the production of the triangular track mover can significantly increase the coupling properties of a class 1,4 tractor.

*Keywords:* tangential thrust force, soil reaction, pressure on the soil, spur, deformation coefficient, waterlogged soil, mover.

#### REFERENCES

1. Emel'yanov A. M., Kandelya M. V., Bumbar I. V., Ryabchenko V. N. *Gusenichnye zerno- i kormouborochnye kombayny. Osnovy teorii i konstruktivno-tekhnologicheskie ustroystva* (Junction harvester and forage harvester. Fundamentals of theory and constructive technological devices), Blagoveshchensk, Dal'GAU Publ., 2013. 318 p.
2. Emel'yanov A. M. *Puti snizheniya tekhnogennoy vozdeystviya gusenichnogo dvizhitelya na pereuvlazhnennyye pochvy Dal'nego Vostoka* (Ways to reduce the technogenic impact of the caterpillar propulsion device on the waterlogged soils of the Far East), Blagoveshchensk, 1997. 38 p.

3. Kandelya M. V., Masyuk V. V., Shil'ko P. A. *Khod polugusenichniy smenniy* (The course of the half-cramped shift), patent 2342278 of the RU, IPC V62D 55/04, publ. 12/27/2008. Bulletin No. 36.
4. Shchitov S. V. Dependence of traction-coupling properties of the tractor on the contact area of the wheel with the soil [Zavisimost' tyagovo-stsepnykh svoystv traktora ot ploshchadi kontakta koleasa s pochvoy], *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 2002, no. 5, pp. 17–18.

\* \* \*