

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ СИЛЫ ТЯГИ ДВИЖИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ НА ГРУНТАХ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А. Ю. Фомин, Э. Н. Халилов, А. В. Лапаев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Представлены исследования реализации силы тяги движителя гусеничной машины при движении по мерзлому грунту. Проанализирован процесс взаимодействия грунтозацепов трака гусеничного движителя с поверхностью обледенелой дороги в момент максимального значения силы тяги. Обосновано, что формирование силы сцепления гусеничного движителя будет оказывать значительное влияние на взаимодействие траков с обледенелым грунтом.*

Ключевые слова: *гусеничный движитель, силы тяги, расчет, грунтозацеп.*

METHOD OF REALIZING THE THRUST FORCE OF THE PROPELLER OF A TRACKED VEHICLE ON SOILS IN ARCTIC CONDITIONS

A. Yu. Fomin, E. N. Khalilov, A. V. Lapaev

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Studies of the implementation of the thrust force of the propeller of a tracked vehicle when driving on frozen ground are presented. The process of interaction of the lugs of the track of the tracked propulsion with the surface of the icy road at the time of the maximum value of the thrust force is analyzed. It is substantiated that the formation of the adhesion force of the caterpillar propulsion will have a significant impact on the interaction of the tracks with icy soil.*

Keywords: *caterpillar propulsion, traction forces, calculation, lug.*

Изучение проблемы взаимодействия грунтозацепов трака гусеничной цепи транспортно-технологических машин с обледенелым мерзлым грунтом, зачастую направлены на обеспечение повышения проходимости и маневренности [1-4]. В момент возникновения тягового усилия ледяная поверхность грунта является крепкой и

прочной составляющей при срезе «грунтового кирпича», и затрудняет зацепление грунтозацепов трака с грунтом.

Тяговые испытания транспортно-технологических машин на обледенелой поверхности грунта, в условиях Арктики, показали, что при пробуксовке траков гусеничной цепи возникает смещение грунтозацепов в противоположном направлении от движения гусеничной машины, что влечёт за собой разрушение «грунтового кирпича» [5]. Предполагается, что при использовании съёмных дополнительных грунтозацепов (СДГ), в начальный период горизонтального смещения относительно ледяной поверхности (рисунок 1) под влиянием касательного усилия возникает упругая деформация «грунтового кирпича» рабочей поверхностью трака, что способствует пробуксовке гусеничного движителя [5]. Формирование «грунтового кирпича» завершается выдавливанием массивных частей льда по всей ширине грунтозацепа.

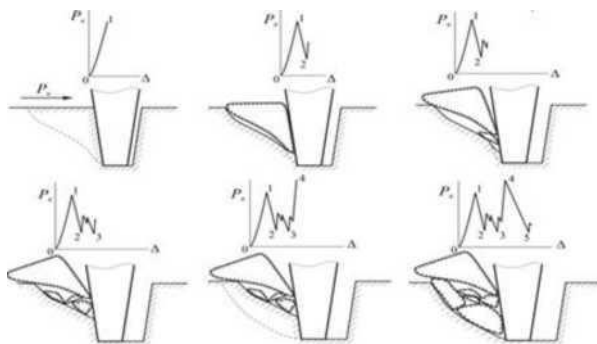


Рисунок 1 - Процесс взаимодействия грунтозацепа с обледенелым грунтом

Контакт рабочей поверхности дополнительного грунтозацепа с поверхностью обледенелого грунта, в процессе выдавливания элементов льда, увеличивается. Происходит уплотнение неровностей, формируется гладкая поверхность на дне колеи.

На рисунке 1 продемонстрирована схема изменения касательного усилия при сдвиге дополнительного грунтозацепа, которая была получена при проведении макетных исследований с использованием экспериментальной установки [5].

Соппротивление качению на твердой поверхности грунта не изменяется от перераспределения давления по опорной поверхности гусеничной цепи [5]. При исследовании вопросов формирования коэффициента сцепления гусеничного движителя с опорной поверхностью, существует необходимость учитывать перераспределение давления.

Сила тяги гусеничной транспортно-технологической машины по сцеплению равна:

$$P_{сц. \max} = P_{тр. гц} + P_{зац. пред}, \quad (1)$$

где $P_{тр. гц}$ - сила трения гусеничной цепи, Н;

$P_{зац. пред}$ - сила зацепления трака гусеничной цепи, оборудованного съемным дополнительным грунтозацепом с ледяной поверхностью.

Верхние значения силы тяги гусеничной машины и $(p_{н\text{ич}})$ будут достигнуты при предельном зацеплении дополнительного грунтозацепа с поверхностью льда [5]. Сила трения обусловлена взаимодействием опорной части гусеничной цепи с поверхностью мерзлой дороги, при отсутствии на траках развитых грунтозацепов. При этом, принимаем, что значение коэффициента трения скольжения будет изменяться в незначительных пределах. Расчетная схема скола льда съемным дополнительным грунтозацепом трака гусеничного движителя представлена на рисунке 2.

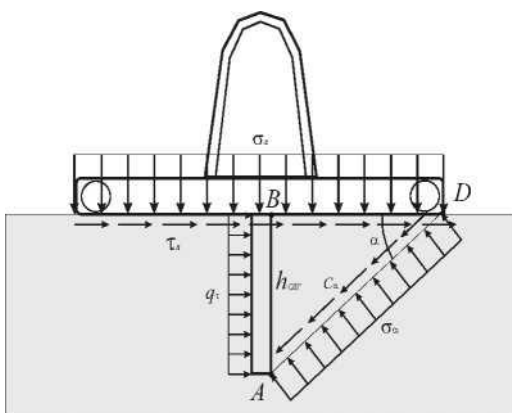


Рисунок 2 - Расчетная схема деформации ледяной поверхности съемным дополнительным грунтозацепом

При внедрении съемного дополнительного грунтозацепа давление a , гусеничной цепи на ледяную поверхность равно: где $B_{зц}$ - ширина гусеничной цепи, м;

$L_{2г}$ - длина опорной поверхности гусеничной цепи, м.

Напряжения m_i от действия силы $P_{тр. зц}$ по поверхности дороги равны:

$$P_{тр. зц} \tag{3}$$

Давление дополнительного грунтозацепа q_T , при котором происходит скол льда, во время максимального тягового усилия по сцеплению будет равно:

$$\frac{^n C Д Г P_{зач. пред}}{^b C Д Г ^k C Д Г} \tag{4}$$

Уравнение равновесия призмы в проекциях на ось x :

Учитывая, что $AD = k c d g / \sin a$, а $BD = k c d g / \cos a$, получим:

$$C_a AD - q A i c r r c o s a - T n B D c o s a + c P D s i n a = 0. \tag{5}$$

Учитывая, что $AD = h^r / \sin a$, а $BD = k c d g / \cos a$, получим:

$$c_n = q_T \frac{^k C Д Г}{\cos a - C T}, \sin a + T, \frac{B D}{\cos a, ^a T A D} \frac{B D}{^a A D} \frac{^a A D}{^a A D} \tag{6}$$

После преобразования уравнения (6) получим:

$$C_\alpha = \left(\frac{q_T - \sigma_T}{2} \right) \sin 2\alpha + \tau_T \cos^2 \alpha. \tag{7}$$

С учетом выражения (4), и принимая $a = 45^\circ$ [3]:

$$P_{сч- max} = 4^n c d g^k C Д Г ^k C Д Г \tag{8}$$

Формула (8) демонстрирует, что $P_{сч. max}$ зависит от количества дополнительных грунтозацепов, и их габаритных размеров. При изменении конструктивных параметров грунтозацепа ϕ_{max} будет изменяться прямо пропорционально. Особенности формирования силы сцепления гусеничного движителя будет оказывать значительное влияние на взаимодействие траков с обледенелым грунтом.

Результаты теоретических исследований позволяют сделать вывод, что основными факторами, оказывающими значительное влияние на силу сцепления гусеничного движителя транспортно

технологических машин, являются габаритные размеры и количество зацепов, устанавливаемых на опорную часть гусеничной цепи [6-7]. Изменение указанных конструктивных факторов будет отражаться на характере образования силы тяги по сцеплению, которая в свою очередь влияет на проходимость и маневренность транспортно-технологических машин в арктических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Северо-Востока. - 2020. - Т. 21, № 1.- С. 74-85.
2. Севрюгина, Н. С. Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко // Силовое и энергетическое оборудование. Автомные системы. -2019. -Т. 2. -№2. - С. 58-68.
3. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 88-94.
4. Севрюгина, Н. С. Риски экосистемы при функционировании водохозяйственных комплексов / Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко, Е. В. Войтович // Природообустройство. - 2020. - №2.- С. 115-122.
5. Васильченков, В. Ф. Результаты исследования влияния крутильных колебаний двигателя на буксование гусениц военных машин / В. Ф. Васильченков, А. Ю. Фомин, С. В. Глущенко // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. -№ 2 (45). - С. 63-67.
6. Патент на полезную модель № 159882 U1 Российская Федерация, МПК В62D 55/18. Универсальный гусеничный движитель высококомобильного транспортного средства : № 2015117086/11 : заявл. 05.05.2015 : опубл. 20.02.2016 / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков, А. А. Аникин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова» Министерства обороны Российской Федерации, Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации.
7. Фомин, А. Ю. Способ повышения маневренности высококомобильной транспортной гусеничной машины / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2016,-№7-2.-С. 121-131.

Об авторах:

Фомин Александр Юрьевич, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, a.fomin@rgau-msha.ru.

Халилов Эйнур Николаевич, Начальник учебной части, заместитель начальника военного учебного центра, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), voenka@rgau-msha.ru

Лапаев Андрей Валентинович, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49).

About the authors:

Alexander Yu. Fomin, Associate Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), a.fomin@rgau-msha.ru.

Einur N. Khalilov, Head of the Training Unit, Deputy Head of the Military Training Center, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), voenka@rgau-msha.ru.

Andrey V. Lapaev, Senior Lecturer, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49).