

УДК 631.37
ГРНТИ 55.57

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12027>

Шишлов С.А., д-р техн. наук, профессор,
Шишлов А.Н., канд. техн. наук, доцент;
Коротких Э.В., канд. техн. наук, доцент;
Чугаева Н.А., канд. биол. наук, доцент

УСЛОВИЯ САМООЧИЩЕНИЯ КЛИНОВИДНЫХ ПОЧВОЗАЦЕПОВ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

© Шишлов С.А., Шишлов А.Н., Коротких Э.В., Чугаева Н.А., 2020

Резюме. Почвенно-климатические условия Приморского края накладывают определенные условия, влияющие на работу сельскохозяйственной техники. В период проведения основных агротехнических операций почва зачастую бывает переувлажнена, что в значительной степени влияет на тягово-сцепные свойства и работоспособность движителей тракторов и сельскохозяйственных машин. В статье представлены некоторые результаты исследования условий самоочищения гусеничных движителей мобильных энергетических средств, что позволяет осуществлять технологические операции в тяжелых почвенных условиях.

Ключевые слова: почва, почвозацеп, гусеничный трактор, тягово-сцепные свойства, самоочищение

UDC 631.37

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12027>

S.A. Shishlov, Dr Tech. Sci., Professor,
A.N. Shishlov, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
E.V. Korotkikh, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
N.A. Chugaeva, Cand. Biol. Sci., Associate Professor,

CONDITIONS FOR SELF-CLEANING OF WEDGE-SHAPED GROUSER OF A CATERPILLAR MOVER

Abstract. Soil and climatic conditions of the Primorsky Krai affect the operation of agricultural machinery. During the period of main agrotechnical operations, the soil is often waterlogged, which greatly affects the traction properties and efficiency of the running part of tractors and agricultural machines. The article presents some findings of the investigations carried out on the conditions of self-cleaning of caterpillar movers, which allow crawlers to perform technological operations under heavy soil conditions.

Keywords: soil, grouser, crawler tractor, traction properties, self-cleaning.

Введение. При работе движителей машин на влажной почве происходит залипание упорных поверхностей почвозацепов, приводящее к снижению величины касательной силы тяги. Исследования, проведенные нами на переувлажненных почвах в условиях, характерных для Приморского края, показывают, что степень залипания

почвозацепов зависит от их конструктивных параметров и состояния почвы [1, 2]. Наименьшему залипанию и лучшему самоочищению от налипшей почвы подвержены сплошные почвозацепы клиновидной формы с передним расположением на гладких звеньях гусеничной цепи [3].

Целью данной работы является оценка эффективности самоочищения почвозацепов гусеничного движителя, имеющих клиновидную форму, при работе на переувлажненной почве Приморского края, проведенная на основании полученных ранее результатов.

Условия и методы исследования. В качестве объекта исследования выбран гусеничный трактор с гусеничными лентами, имеющими серийные расчлененные почво-

зацепы (рисунок 1а) и сплошные клиновидные почвозацепы (рисунок 1б) с передним расположением, имеющие угол при вершине 60° . Методика исследований базировалась на основных закономерностях деформации и физико-механических свойствах почв Приморского края при воздействии на них упорных поверхностей почвозацепов. Степень залипания оценивалась объемом почвы, оставшейся между соседними почвозацепами после прохода звеном гусеницы ведущей звездочки трактора.



а)



б)

Рис.1. Гусеничный движитель:

а – с расчлененными почвозацепами; б – с клиновидными сплошными почвозацепами

Результаты исследований. В основу исследований положены три условия, при которых происходит самоочищение почвозацепов:

1 - усилие, необходимое для отрыва почвы от поверхности звена, превышает величину усилия прилипания ее к звену;

2 - центробежная сила, действующая на объем почвы, зажатой между почвозацепами, превышает величину усилия прилипания;

3 - усилие от вибрации звеньев, превышает величину усилия прилипания почвы к звену.

Величину суммарного усилия прилипания, удерживающего почву на звене, представим в следующем виде

$$F = F_1 + F_2, \quad (1)$$

где F_1 – усилие прилипания почвы к поверхности звена,

F_2 – усилие прилипания почвы к поверхности почвозацепа.

Усилие прилипания почвы к поверхности звена представим в виде

$$F_1 = b(t - 2h \operatorname{tg} \alpha)q, \quad (2)$$

где b – ширина гусеницы,

t – шаг почвозацепов,

h – высота почвозацепа,

α – угол наклона упорной поверхности почвозацепа,

q – удельное давление движителя на почву.

Реакцию от давления почвы на поверхность почвозацепа определим из выражения

$$N_1 = qh \frac{b + \left(b - \frac{2h}{\operatorname{tg} \delta}\right)}{\cos \alpha} \varepsilon, \quad (3)$$

где δ – угол наклона боковой поверхности почвозацепа,

ε – коэффициент бокового распора почвы.

Соппротивление почвы скольжению по поверхности почвозацепа от сил бокового распора представим выражением

$$N_2 = qh \frac{b + \left(b - \frac{2h}{\operatorname{tg} \delta}\right)}{\cos \alpha} \varepsilon \mu, \quad (4)$$

где μ – коэффициент трения почвы по стали.

Усилие прилипания почвы к поверхности почвозацепа

$$F_2 = N_1 + N_2 \quad (5)$$

или

$$F_2 = qh \frac{b + \left(b - \frac{2h}{tg\delta}\right)}{\cos \alpha} \varepsilon(1 + \mu). \quad (6)$$

С учетом уравнения (1) имеем

$$F = q \left[b(t - 2h \cdot tg \alpha) + \right. \\ \left. + h \frac{b + \left(b - \frac{2h}{tg\delta}\right)}{\cos \alpha} \varepsilon(1 + \mu) \right]. \quad (7)$$

Усилие, необходимое для отрыва почвы от поверхности звена, определим из выражения

$$Q = b(t - 2h \cdot tg \alpha)c, \quad (8)$$

где c – связность почвы.

Тогда отрыв объема почвы от поверхности звена произойдет при условии

$$Q > F. \quad (9)$$

Подставляя в выражение (9) значения сил и выражая величину связности почвы, имеем

Тогда

$$V > \sqrt{qR \frac{g \cos \alpha \left\{ b(t - 2h \cdot tg \alpha) + h\varepsilon(1 + \mu) \left[b + \left(b - \frac{2h}{tg\delta}\right) \right] \right\}}{\left[bth - h^2 \left(b \cdot tg \alpha + \frac{t-2h \cdot tg \alpha}{tg \delta} \right) \right] \gamma}}, \quad (14)$$

где g – ускорение свободного падения; γ – объемный вес почвы.

Выражение (14) определяет значение линейной скорости гусеничной цепи V , при котором произойдет ее самоочищение, т.е. отрыв налипшей почвы от почвозацепов.

Ведомая ветвь гусеницы, пройдя ведущую звездочку, опирается на поддерживающие катки, взаимодействуя с которыми подвергается действию повторно-переменных нагрузок, величина которых определяется усилием натяжения гусеничной цепи [4]

$$T_c = \frac{q_0}{8S} l^2, \quad (15)$$

где q_0 – погонный вес гусеницы,

$$c > q \left\{ 1 + \frac{\varepsilon(1 + \mu)h \left[b + \left(b - \frac{2h}{tg\delta}\right) \right]}{[b(t - 2h \cdot tg \alpha)] \cos \alpha} \right\}. \quad (10)$$

Предельное условие удержания почвы на поверхности звена будет иметь вид

$$Q = F. \quad (11)$$

При проходе гусеницы через ведущую звездочку, поддерживающие катки и натяжное колесо, на объем почвы, прилипшей к звену между почвозацепами, действует центробежная сила [4]. Отрыв прилипшей массы почвы произойдет при условии

$$F_{ц} > F \quad (12)$$

или

$$\frac{mV^2}{R} > q \left[b(t - 2h \cdot tg \alpha) + \right. \\ \left. + h\varepsilon(1 + \mu) \frac{b + \left(b - \frac{h}{tg\delta}\right)}{\cos \alpha} \right], \quad (13)$$

где m – масса налипшей почвы,
 V – линейная скорость гусеничной цепи,
 R – радиус ведущей звездочки.

l – расстояние между поддерживающими роликами,

S – стрела провисания гусеницы.

От вибрации при действии повторно-переменных нагрузок связь между опорной поверхностью звеньев и упорными поверхностями почвозацепов с налипшей почвой ослабляется, что приводит к отрыву налипшей почвы и самоочищению ленты гусеницы.

Вывод. Приведенные зависимости позволяют оценить условия самоочищения гусеничного движителя с клиновидными почвозацепами на различных почвенных фонах.

Список литературы

1. Шишлов, С.А. Разрушение почвы почвозащепами гусеничного движителя / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов // Аграрный вестник Приморья. – 2019. - №1(13). – С. 40 – 41.
2. Шишлов, С.А. Фрикционно-адгезионные свойства почв Приморского края, влияющие на работу машин / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, П.В. Тихончук, С.В. Щитов, А.Б. Жирнов // Научное обозрение. – 2016. - №17. – С. 102-106.
3. Шишлов, С. А. Оценка работы движителей гусеничных машин на переувлажненных почвах Приморского края / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, А.Н. Сергеев, А.В. Бондарчук, Р.С. Бондарчук // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: матер. II Национальной (Всерос.) науч.-практ. конф. (Уссурийск, 08–09 нояб. 2018 г.). – Уссурийск : ПГСХА, 2018. – Ч. II. – С. 149 – 155.
4. Платонов, В.Ф. Динамика и надежность гусеничного движителя / В.Ф. Платонов. – Москва : Машиностроение, 1973. – 232 с.

Reference

1. Shishlov, S.A., Shishlov, A.N. Razrushenie pochvy pochvozatsepami gusenichnogo dvizhitelya (Destruction of Soil by Crawler Grouser), *Agrarnyi vestnik Primor'ya*, 2019, No 1(13), PP. 40 – 41.
2. Shishlov, S.A., Shishlov, A.N., Tikhonchuk, P.V., Shchitov, S.V., Zhirnov, A.B. Friksionno-adgezionnye svoystva pochv Primorskogo kraya, vliyayushchie na rabotu mashin (Friction-Adhesive Properties of Soils of the Primorski Territory that Affect the Operation of Machines), *Nauchnoe obozrenie*, 2016, No 17, PP. 102-106.
3. Shishlov, S. A., Shishlov, A.N. Sergeev, A.N., Bondarchuk, A.V., Bondarchuk, R.S. Otsenka raboty dvizhitelei gusenichnykh mashin na pereuvlazhnennykh pochvakh Primorskogo kraya (Assessment of the Performance of Crawler Machines on Waterlogged Soils of the Primorski Territory), *Rol' agrarnoi nauki v razvitii lesnogo i sel'skogo khozyaistva Dal'nego Vostoka: mater. II Natsional'noi (Vseros.) nauch.-prakt. konf. (Ussuriisk, 08–09 noyab. 2018 g.)*, Ussuriisk, PGSKhA, 2018, Ch. II, PP. 149 – 155.
4. Platonov, V.F. Dinamika i nadezhnost' gusenichnogo dvizhitelya (Dynamics and Reliability of a Caterpillar Mover), Moskva, Mashinostroenie, 1973, 232 p.

Информация об авторах

Шишлов Сергей Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой проектирования и механизации технологических процессов; ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»; г. Уссурийск, Приморский край, Россия; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Шишлов Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры проектирования и механизации технологических процессов; ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»; г. Уссурийск, Приморский край, Россия; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Коротких Эдуард Васильевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры проектирования и механизации технологических процессов; ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»; г. Уссурийск, Приморский край, Россия; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Чугаева Наталья Александровна, канд. биол. наук, доцент, декан института животноводства и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»; г. Уссурийск, Приморский край.

Information about the authors

Sergey A. Shishlov, Dr Tech. Sci., Professor; Head of the Department of design and mechanization of technological processes; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorski Kray, Russia; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Shishlov Aleksandr Nikolaevich, Cand. Tech. Sci., Associate Professor; Associate Professor of the Department of design and mechanization of technological processes; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorski Kray, Russia; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Korotkiy Eduard Vasil'yevich, Cand. Tech. Sci., Associate Professor; Associate Professor of the Department of design and mechanization of technological processes; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorski Kray, Russia; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Chugayeva Natalya Aleksandrovna, Cand. Biol. Sci., Associate Professor; Dean of the Institute of animal husbandry and veterinary medicine; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorski Kray, Russia; g. Ussuriysk, Primorskiy kray.