

УДК 631.37

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-160-164

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ПОГРУЖЕНИЯ В ПОЧВУ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПОЧВОЗАЦЕПА

Сергей Александрович Шишлов, Александр Николаевич Шишлов, Наталья Александровна Чугаева

Приморская государственная сельскохозяйственная академия, г. Уссурийск

Аннотация. Применение мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин на гусеничном ходу является в ряде случаев единственным возможным вариантом проведения агротехнических операций в сложившихся природно-производственных условиях. Форма и конструкция почвозацепа во многом определяют характер деформирования опорной поверхности, с которой взаимодействует гусеничный движитель сельскохозяйственной техники, усилия, возникающие при этом взаимодействии, и, в конечном итоге, способность гусеничной техники к передвижению. В статье представлены некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению усилия, необходимого для погружения трапециевидного почвозацепа в почву. Получены закономерности, позволяющие определить величину усилия с учетом геометрических параметров почвозацепа и физико-механических свойств почвы. Экспериментально установлено, что при погружении почвозацепа его наклонные боковые поверхности дополнительно деформируют больший объем почвы, уплотняя ее и способствуя повышению сцепных свойств движителя с почвой.

Ключевые слова: почва, почвозацеп, деформация, тягово-сцепные свойства.

DEFINITION OF THE INTRUSION FORCE OF A TRAPEZOIDAL GROUSER IN THE SOIL

Sergey A. Shishlov, Aleksandr N. Shishlov, Natalia A. Chugaeva

Primorskaya State Academy of Agriculture, Ussuriisk

Abstract. In some cases the application of mobile power equipment and agricultural machines on crawler tracks is the only possible option for conducting agricultural operations in the prevailing natural and industrial conditions. The shape and design of the grouser largely define the nature of the deformation of the support surface with which the crawler mover of agricultural machinery interacts; the forces, arising from this interaction, and, ultimately, the ability of the tracked vehicles to move. The article presents some results of theoretical and experimental studies on the definition of the force required for the intrusion of trapezoidal grousers in the soil. Regularities that allow defining the magnitude of the force, taking into account the geometric parameters of the grouser and the physical and mechanical properties of the soil are obtained. It is experimentally established that when the grouser is intruded, its inclined side surfaces additionally deform a larger volume of soil, compacting it and contributing to an increase in the coupling properties of the mover with the soil.

Key words: soil, grouser, deformation, traction properties.

Введение. Тягово-сцепные свойства движителей машин являются одним из основных факторов, влияющих на качество полевых механизированных работ, сроки их проведения и затраты на выполнение [2]. Особенно это актуально при работе техники на почвах повышенной влажности, что характерно для условий Дальневосточного региона [3].

Цель работы – выявить конструкцию почвозацепа гусеничного движителя, наиболее полно отвечающую условиям эксплуатации на почвах с малой несущей способностью.

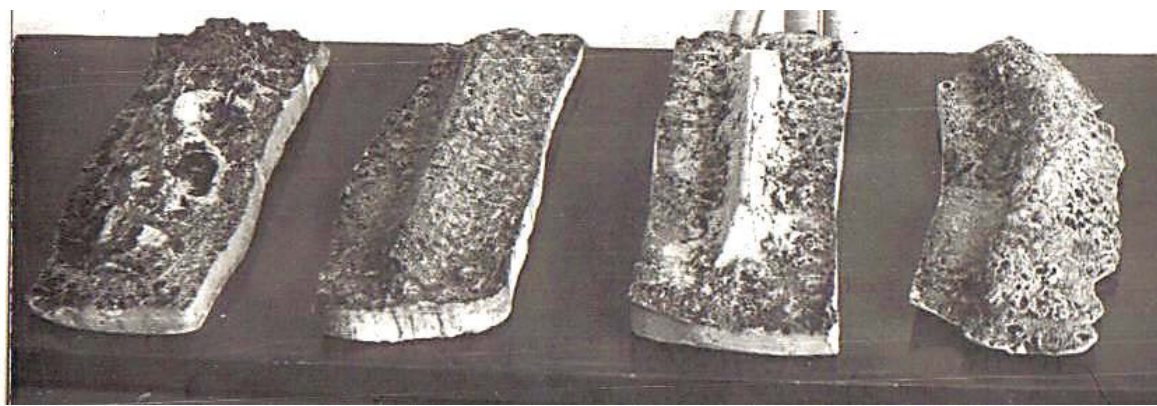
В соответствии с поставленной целью задачами работы являются:

– исследование воздействия распространенных форм почвозацепов гусеничных движителей на почву;

– анализ усилий, возникающих при внедрении в почву почвозацепа, показавшего наибольшую эффективность.

Условия и методы исследования. Исследования проводились в лабораторных и полевых условиях при влажности почвы от 24 до 37 процентов [1, 3]. Методика исследования базировалась на основных закономерностях деформации и физико-механических свойствах почв при воздействии на них движителей машин.

Для сравнительного анализа были выбраны четыре типа почвозацепов гусеничного движителя – прямой расчлененный, прямой сплошной, трапециевидный, криволинейный. После прохода почвозацепа в образовавшийся на почве след заливали жидкий гипс. При застывании гипса, по слепку, оценивали характер воздействия почвозацепа на почву.



а)

б)

в)

г)

Рис. 1. Результат воздействия почвозацепа на почву:

а) прямого расчлененного; б) прямого сплошного;

в) трапециевидного; г) криволинейного

Анализ полученных результатов (рисунок 1) показывает, что залипание и повреждение почвы происходит при взаимодействии с ней всех рассматриваемых типов почвозацепов, при этом наименьшему залипанию подвержен трапециевидный почвозацеп.

Для выявления характера вертикальной деформации почвы трапециевидным почвозацепом исследовали ее вертикальный срез по месту прохождения почвозацепа (рис. 2). С целью обеспечения на-

глядности деформации, почва по месту прохождения почвозацепа послойно засыпалась с песком, то есть слой почвы – слой песка. Полученный срез почвы наглядно показывает, что деформация происходит не только вглубь, но и в боковом направлении от наклонных боковых граней (поверхностей) почвозацепа, при этом за счет большего объема уплотняемой почвы возможно повышение тягово-сцепных свойств движителя.

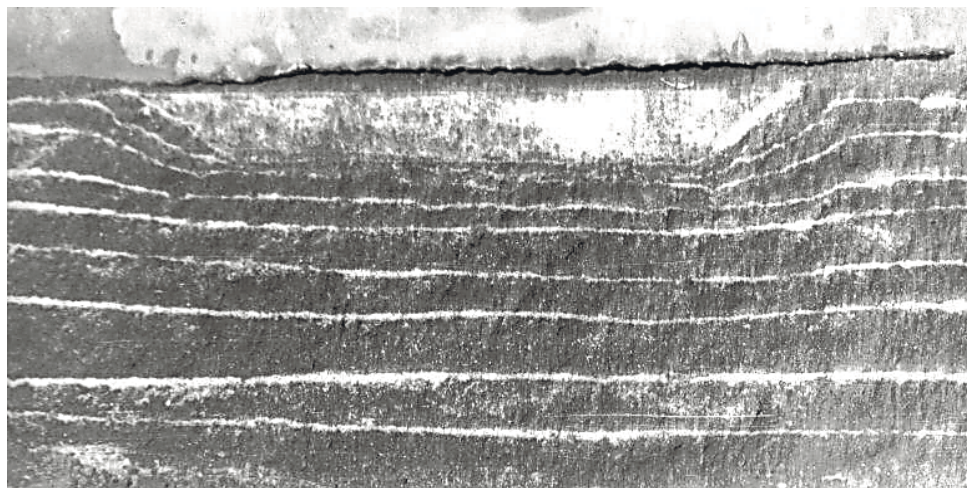


Рис. 2. Деформация почвы трапециевидным почвозацепом

Результаты исследований. Определим усилия, возникающие при внедрении в почву трапециевидного почвозацепа (рисунок 3). Введем обозначения: $N_{\text{б}}$ и $N_{\text{у}}$ – нормальные усилия на боковой и упорной

гранях почвозацепа соответственно; $N_{\text{б тр}}$ и $N_{\text{у тр}}$ – усилия трения на боковой и упорной гранях почвозацепа соответственно; F – вертикальное усилие на почвозацеп.

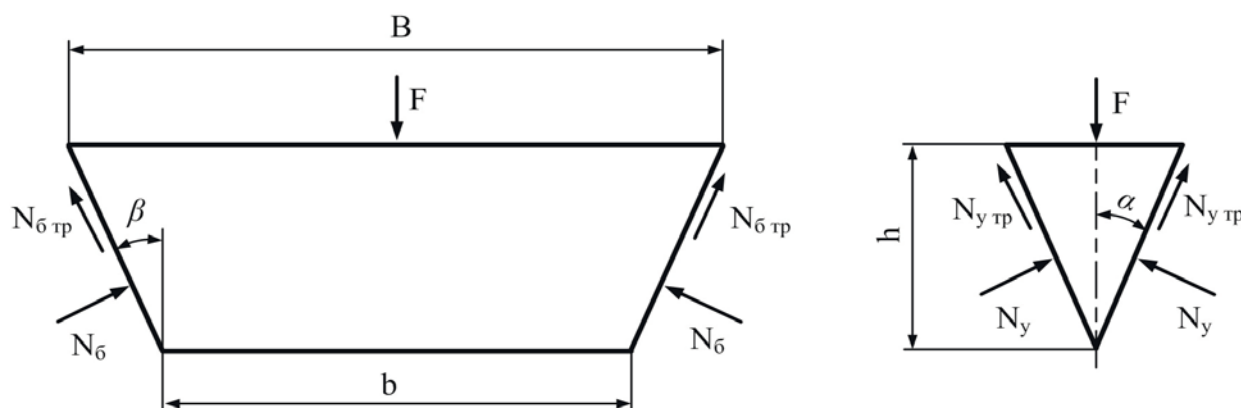


Рис. 3. Усилия на гранях трапециевидного почвозацепа

Условие равновесия системы сил, действующих на почвозацеп при их проецировании на вертикальную ось, имеет вид

$$2[(N_{\text{б}} \sin \beta + N_{\text{б тр}} \cos \beta) + (N_{\text{у}} \sin \alpha + N_{\text{у тр}} \cos \alpha)] - F = 0, \quad (1)$$

Откуда

$$F = 2[(N_{\text{б}} \sin \beta + N_{\text{б тр}} \cos \beta) + (N_{\text{у}} \sin \alpha + N_{\text{у тр}} \cos \alpha)], \quad (2)$$

Нормальные составляющие усилий на боковой и упорной гранях почвозацепа определим из выражений

$$N_{\text{б}} = \sigma_{\text{см}} A_{\text{б}}, \quad (3)$$

$$N_{\text{у}} = \sigma_{\text{см}} A_{\text{у}}, \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – несущая способность почвы, Па,

$A_{\text{б}}$ – площадь боковой поверхности почвозацепа, м²,

$A_{\text{у}}$ – площадь упорной поверхности почвозацепа, м².

$$A_{\text{б}} = \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (5)$$

$$A_{\text{у}} = \frac{(B+b)h}{2 \cos \alpha} \quad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (3) и (4), получим

$$N_6 = \sigma_{\text{см}} \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (7)$$

$$N_y = \sigma_{\text{см}} \frac{(B+b)h}{2 \cos \alpha} \quad (8)$$

Составляющие сил трения на боковой и упорной поверхностях почвозацепа определим из выражений

$$N_{\text{бтр}} = f \sigma_{\text{см}} \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (9)$$

$$N_{\text{утр}} = f \sigma_{\text{см}} \frac{(B+b)h}{2 \cos \alpha} \quad (10)$$

где f - коэффициент трения материала почвозацепа (стали) по почве.

Подставляя (9) и (10) в уравнение (2), получим

$$F = 2 \sigma_{\text{см}} h [\operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \beta + f) + \frac{(B+b)}{2} (\operatorname{tg} \alpha + f)] \quad (11)$$

Вывод. Уравнение (11) позволяет определить значение усилия, необходимого для погружения трапециевидного почвозацепа в почву в зависимости от его геометрических параметров, материала, из которого изготовлен почвозацеп, состояния и физико-механических свойств почвы.

Список литературы

1. Кузнецов, Е. Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов. – Благовещенск : Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2017. – 272 с.
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 : материалы II Национальной (Всероссийской) научн.-практ. конф. – Уссурийск, 2018. – Ч. II. – С. 149–155.

References

1. Kuznetsov, E. E. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: monografiya (The efficiency increase of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph), E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov, Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevost. gos. agrar. un-ta, 2017, 272 p.
2. Shishlov, S. A. Friksionno-adgezionnye svoistva pochv Primorskogo kraia, vliyayushchie na rabotu mashin (Friction and adhesion properties of soils in Primorsky Krai, affecting

the operation of machines), S. A. Shishlov, A. N. Shishlov, P. V. Tikhonchuk, S. V. Shchitov, A. B. Zhirnov, Nauchnoe obozrenie, 2016, No 17, PP. 102 – 106.

3. Shishlov, S. A. Otsenka raboty dvizhitelei gusenichnykh mashin na pereuvlazhnennykh pochvakh Primorskogo kraia (Assessment of the work of propellers of tracked vehicles on waterlogged soils of the Primorsky Krai), S. A. Shishlov, A. N. Shishlov, A. N. Sergeev, A. V. Bondarchuk, R. S. Bondarchuk, Rol' agrarnoi nauki v razvitii lesnogo i sel'skogo khozyaistva Dal'nego Vostoka: Materialy II Natsional'noi (Vserossiiskoi) nauchn.-prakt. konf., Ussuriisk, 2018, Ch. II, PP. 149 – 155.

©Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Чугаева Н. А., 2021

Сведения об авторах

Шишлов Сергей Александрович, профессор, доктор технических наук; Приморская государственная сельскохозяйственная академия; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru.; 692527, Приморский край, г. Уссурийск.

Шишлов Александр Николаевич, доцент, кандидат технических наук; Приморская государственная сельскохозяйственная академия, г. Уссурийск.

Чугаева Наталья Александровна, доцент, кандидат биологических наук, декан института животноводства и ветеринарной медицины; приморская государственная сельскохозяйственная академия, г. Уссурийск.

Information about authors

Sergey A. Shishlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorsky Krai, Russia; 692527; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Aleksandr N. Shishlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk.

Natalia A. Chugaeva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Institute of Breeding and Veterinary Medicine; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk.