

УДК 630*375.4

В.А. Ермичев, В.Н. Лобанов, Г.Н. Кривченкова, А.В. Артемов

Лобанов Валерий Николаевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Брянский технологический институт, кандидат технических наук, зав. кафедрой механизации лесной промышленности и лесного хозяйства Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет более 100 печатных работ в области теории взаимодействия гусеничных машин со слабыми лесными почво-грунтами.



Кривченкова Галина Николаевна родилась в 1963 г., окончила в 1987 г. Брянский технологический институт, инженер кафедры механизации лесной промышленности и лесного хозяйства, аспирант кафедры механизации лесной промышленности и лесного хозяйства Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет 7 печатных работ в области взаимодействия гусеничных машин с лесными грунтами.



Артемов Антон Владимирович родился в 1970 г., окончил в 1997 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант кафедры механизации лесной промышленности и лесного хозяйства БГИТА. Имеет 2 печатные работы в области совершенствования гусеничных ходовых систем лесных машин.



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСАДКИ И ПЛОТНОСТИ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ПРОХОДА ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Предложены формулы определения величины деформации почвы и ее плотности на дне колеи после прохода гусеничных лесных машин.

Ключевые слова: гусеничная лесная машина, почва, грунт, осадка и плотность грунта, колея, давление машины на почву, повреждаемость корней, лесные экосистемы.

Сложившаяся при выборе лесной техники тенденция к увеличению единичной мощности машин, совершенствованию их рабочих органов, созданию условий для движения по переувлажненным и слабым грунтам приводит к возрастанию негативных последствий воздействия движителей машин на почвенно-растительный покров.

Исследования взаимодействия гусеничных движителей лесных машин с почвой показывают, что отрицательный эффект заключается в ее

чрезмерном уплотнении на дне колеи, а также механической повреждаемости поверхностных корневых систем [2, 7, 11].

Проход машины вблизи растущего дерева, вызывающий давление на почву 80 кПа, приводит к снижению роста дерева из-за повреждаемости мелких корней. Чем ближе к дереву походит машина, тем больше зажатых в почву корешков. В весенне-летний период степень повреждения как ствола, так и корней возрастает в 4 раза [3, 6]. Неблагоприятным для корневой системы является период, когда начинается интенсивное сокодвижение.

Исследования воздействия гусеничных машин на лесные экосистемы показали следующее:

а) воздействие машины на почву уплотняет ее поверхностные слои, изменяет строение почвенно-растительного покрова, вследствие чего изменяется воздушно-водный режим, нарушается функционирование корневых систем растений;

б) влажные или слабые лесные почвы деформируются, т.е. машины на них образуют глубокую колею, из-за чего корни деревьев и растений перерезаются, переламываются или разрываются;

в) пористость лесной почвы уменьшается из-за деформации движущимися машинами, что приводит к резкому снижению проникновения в нее воздуха и воды.

Достичь безопасного для растений и лесной почвы воздействия можно, изменяя конструкцию гусеничного движителя и его параметры. Полученное в [8, 10] уравнение позволяет учесть влияние на деформацию h почво-грунтов параметров движителя и давления, передаваемого опорной поверхностью гусеницы на почву:

$$h = \left[\frac{2xb\beta}{E_0 \sqrt{4 \frac{x}{\mu} - \mu^2 \epsilon - 1}} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{4 \frac{x}{\mu} - \mu^2 \epsilon - 1}}{2 \frac{xb}{H} + \mu \epsilon - 1} \right] \frac{q_0 q_s}{q_s - q_0}, \quad (1)$$

где x – отношение длины опорной поверхности гусеницы L к ее ширине b ;

β – коэффициент, характеризующий боковое расширение почвы;

E_0 – модуль упругой деформации почвы при отсутствии сдвигов, Н/м²;

μ – коэффициент Пуассона для грунтов;

H – глубина распространения напряжений на почве от нагрузки машины ($H \approx 2b$ [1, 8]), м;

q_0 – среднее давление гусеницы на почву, Н/м²,

$$q_0 = \frac{G_m}{2bL};$$

G_m – вес лесной машины, Н;

q_s – предел несущей способности почвы, Н/м².

Параметры q_s , E_0 , μ , β определяют методами механики грунтов [1, 8].

Как показали экспериментальные исследования взаимодействия гусеничных движителей мобильных машин [1, 5, 8, 10], размеры колеи в несколь-

ко раз больше рассчитанных по эмпирическим формулам. При этом среднее давление q_0 на грунт одинаково по всей опорной длине гусеницы.

Из-за звенчатости гусеницы и в связи с тем, что в движителе лесных машин используют опорные катки большого диаметра, а их количество меньше числа звеньев на опорной длине гусеницы, реальное давление q_{\max} , передаваемое на грунт, больше q_0 .

Давление q_{\max} , оказывающее основное влияние при формировании колеи после прохода гусеничной машины, можно определить по следующему уравнению [9]:

$$q_{\max} = q_0 \frac{\left(3 \frac{a}{t} + 7C_1\right)n - \left(\frac{a}{t} - 1\right) + C_1}{2 \left[5n - \left(\frac{a}{t} - 1\right)\right]}, \quad (2)$$

где a – расстояние между соседними опорными катками (шаг катков), м;

t – расстояние между осями, соединяющими соседние звенья гусеницы (шаг гусеницы), м;

$$C_1 = \left[1 + \frac{q_s^2}{q_s + 1} \left(\frac{a}{t} - 1\right)\right];$$

n – число опорных катков в ходовой части машины.

Из уравнения (2) видно, то при постоянном весе машины максимальное давление под опорными катками зависит от конструктивных параметров движителя a и t , расположения и количества опорных катков, а также от свойств грунта q_s . Влияние этих факторов подтверждено экспериментально [1, 5, 6].

С учетом уравнений (1) и (2) получим уравнение общей деформации грунта под реальным гусеничным движителем лесной машины:

$$h = \alpha \frac{q_s}{q_s - q_{\max}} q_{\max}, \quad (3)$$

где α – коэффициент, характеризующий сопротивление почвы смятию, $\text{м}^3/\text{Н}$,

$$\alpha = \left[\frac{2xb\beta}{E_0 \sqrt{4 \frac{x}{\mu} - \mu^2}} \arctg \frac{\sqrt{4 \frac{x}{\mu} - \mu^2}}{2 \frac{xb}{H} + \mu} \right].$$

Для определения плотности лесной почвы после прохода машины воспользуемся известной формулой [4], связывающей глубину погружения деформатора в почву с изменением ее плотности:

$$\frac{h}{H} = \frac{\rho_k - \rho_0}{\rho_0}, \quad (4)$$

где ρ_k – конечная плотность почвы после ее деформации гусеничным движителем, $\text{г}/\text{м}^3$;

ρ_0 – плотность естественного сложения лесной почвы до приложения нагрузки, г/м³.

Подставив выражение для определения h (3) в формулу (4), получим уравнение для определения плотности почвы после прохода гусеничной машины:

$$\rho_k = \rho_0 \left(1 + \frac{h}{H} \right). \quad (5)$$

Предложенные аналитические зависимости (1), (2) и (5), описывающие взаимодействие движителя с лесной почвой, позволяют управлять и прогнозировать ее осадку и плотность после прохода гусеничных лесных машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность – машина [Текст] / М.Г. Беккер; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
2. Бондарев, А.Г. О нормах допустимых давлений на почву в зависимости от ее физических свойств [Текст] / А.Г. Бондарев [и др.] // Воздействие движителей на почву. Т. 118. – М.: ВИМ, 1988. – С. 67–75.
3. Герасимов, Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок [Текст] / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сюнев. – Йоэнсуу: Изд-во университета Йоэнсуу, 1998. – 178 с.
4. Григорьев, И.В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора [Текст]: автореф. канд. дисс. / Григорьев И.В. – М., 2000. – 215 с.
5. Ксенович, И.П. Ходовая система – почва – урожай [Текст] / И.П. Ксенович, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
6. Кулешов, А.П. Экологичность движителей транспортно-технологических машин [Текст] / А.П. Кулешов, В.Е. Колотилин. – М.: Машиностроение, 1993. – 286 с.
7. Лесоводственные требования к технологическим процессам лесосечных работ [Текст] – М.: Федеральная служба лесного хоз-ва России, 1993.
8. Лобанов, В.Н. Исследования взаимодействия гусеничного движителя лесных машин со слабым грунтом [Текст] / В.Н. Лобанов // Лесн. журн. – 1997. – № 1-2. – С. 45–49. – (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Лобанов, В.Н. К вопросу распределения давления по опорной поверхности гусеничного движителя [Текст] / В.Н. Лобанов // Вклад ученых и специалистов в национальную экономику. Т. 1. – Брянск: БГИТА, 1999. – С. 59–60.
10. Лобанов, В.Н. Обоснование параметров движителя гусеничной лесной машины [Текст] / В.Н. Лобанов // Повышение технического уровня машин лесного комплекса: матер. Всерос. научно-практ. конф. – Воронеж, 1999. – С. 135–138.
11. Письмеров, А.В. Влияние механизированных лесозаготовок на изменение почвенного покрова в лесах Уфимского плато (Горные леса Южного Урала) [Текст] / А.В. Письмеров, Р.И. Ханбеков. – Уфа: Башкирское кн. изд-во, 1971. – С. 60–64.

V.A. Ermichev, V.N. Lobanov, G.N. Krivchenkova, A.V. Artemov
**Forecasting of Forest Soil Settlement and Density after
 Tracked Machines Pass**

Formulae for determining soil deformation value and its density in the track bottom after pass of tracked machines are offered.
