

в этом направлении уже начаты. В частности, предложена система электрогидроуправления толкателем, срабатывающая от датчика предельного усилия, размещенного в шарнире толкающий брус толкателя – рама ЛПТ [1]. При превышении допустимого усилия выдается сигнал на электрогидрораспределитель для автоматического подъема толкателя в транспортное положение. Представляет интерес и техническое решение [4], в котором ЛПТ с гидрообъемной трансмиссией и толкателем оснащается датчиком положения толкателя относительно остова трактора и электрогидроуправляемым дополнительным клапаном давления гидросистемы. При движении ЛПТ передним ходом с опущенным толкателем (т. е. при выполнении бульдозерных операций) гидрообъемная трансмиссия автоматически переводится в режим, обеспечивающий снижение тяговых усилий на 25 ... 50 %.

Таким образом, оснащение перспективных базовых ЛПТ толкателями с автоматическим самоограничением нагрузок позволит обеспечить низкую металлоемкость конструкции при высоком уровне надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1767106 СССР, МКИ⁵ Е 02 F 9 / 20. Трелевочный трактор / В.Р. Ситников, А.С. Войнаш (СССР). - № 4780325/15; Заявлено 08.01.90; Оpubл. 15.10.92 // Изобретения. - 1992. - № 37. - С. 101. [2]. Гинзбург Ю.В., Швед А.И., Парфенов А.П. Промышленные тракторы. - М.: Машиностроение, 1986. - 296 с. [3]. Мельников И.А. Перспективные лесопромышленные тракторы // Лесн. пром-сть. - 1987. - № 10. - С. 31 - 32. [4]. Пат. 2023209 РФ, МКИ⁵ F 16 Н 39 / 00. Лесозаготовительная машина / Ю.Г. Бабич, А.С. Войнаш, В.Р. Ситников (РФ). - № 4877185 / 29; Заявлено 26.10.90; Оpubл. 15.11.94 // Изобретения. - 1994. - № 21. - С. 134.

Поступила 21 июня 1995 г.

УДК 630*114.11:630*375.4.001.57

Б. М. БОЛЬШАКОВ

ОАО «ЦНИИМЭ»

Большаков Борис Михайлович родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Костромской технологический институт, кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механики и энергетики лесной промышленности», член-корреспондент РАЕН. Имеет более 20 печатных трудов по вопросам разработки и внедрения современных экологически безопасных технологических процессов лесозаготовок и систем отечественных лесосечных и лесотранспортных машин.



ВЫБОР МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ СИСТЕМ НА ЛЕСНУЮ ПОЧВУ

Обоснована и разработана математическая модель взаимодействия трелевочных лесозаготовительных машин с лесным грунтом при трелевке древесины в хлыстах по лесосечным волокам.

The mathematical model of interaction between skidders and forest soil when skidding tree lengths along the logways has been substantiated and developed.

Эффективность работы трелевочных систем на переувлажненных грунтах зависит от проходимости тракторов по волокам. Для оценки параметров проходимости необходимо изучить процессы, происходящие при взаимодействии движителя трелевочного трактора с лесным грунтом. Цель настоящих исследований – обоснование и выбор математических моделей взаимодействия трелевочных систем с лесным грунтом.

Создание расчетных математических моделей является довольно сложным процессом, так как грунты имеют дисперсную структуру, которая изменяется под воздействием движителя.

Одной из основных фаз разрушения лесного грунта является его уплотнение. Анализ исследований взаимодействия трелевочных систем с волоком, процессов, протекающих в трансграничной зоне движитель – лесная почва, режимов работы трелевочных тракторов и свойств трелевочных волоков позволяет принять за основу математическую модель уплотнения почвы движителями сельскохозяйственных машин [2] с дальнейшим преобразованием ее для трелевочных тракторов, свойств лесных почв и транспортного освоения лесосек.

Плотность почвы $\rho_{сч}$ в следе движителя определяют по формуле

$$\rho_{сч} = \rho_0 + \alpha U. \quad (1)$$

Здесь

$$\alpha = \frac{\rho_0(1 - \nu_0^2)}{E_0 H}; \quad (2)$$

$$U = \omega b q_{\max} \nu (1 + \chi \lg N), \quad (3)$$

где ρ_0 – плотность почвы в центре колеи на контрольном участке;

ν_0 – коэффициент бокового расширения (коэффициент Пауссона);

E_0 – модуль общей деформации почвы;

H – глубина распространения деформации;

ω – коэффициент, зависящий от размера и формы опорной поверхности; для гусеничного движителя при $L/b < 7$

$\omega = (0,92 + 0,3 L/b)^{2/3}$; при $L/b > 7$ $\omega = 2,15$ (L – длина опорной

поверхности гусеницы определяется в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7057–81);

b – ширина движителя;

$q_{\max v}$ – максимальное давление движителя при скорости v ;

χ – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации почвы при повторных нагружениях;

$\lg N$ – десятичный логарифм числа проходов движителя по одному следу.

Коэффициент χ для некоторых почв сельскохозяйственных угодий, характеризующихся однородностью физико-механических свойств, определен экспериментально. Если его значение неизвестно, в ориентировочных расчетах принимают $\chi = 1,0$. Для лесных почв следует провести эксперименты по определению χ , но резкое изменение физико-механических свойств лесной почвы, например ее влажности, даже по длине одного волокна или наличие корневой системы приведут к полной неопределенности. Следовательно, в наших исследованиях можно принять $\chi = 1,0$.

Показатели E_0 и v_0 находят экспериментально или по эмпирическим зависимостям.

Из формулы (1) видно, что посередине опорной поверхности движителя плотность конкретной почвы по глубине зависит линейно от показателя уплотняющего воздействия U , определяемого зависимостью (3), и параметров движителя, характеризующих уплотняющее воздействие ходовой системы трактора. Плотность также связана линейной зависимостью с логарифмом числа проходов движителя по одному следу.

Разработано несколько математических моделей определения максимального давления движителя сельскохозяйственных тракторов на почву. В теории тракторов наиболее широко развито представление о распределении давления по опорной поверхности движителя по прямолинейному закону, а эпюра давления гусеничных тракторов, аналогичных лесопромышленным, представляет собой прямоугольник или треугольник. Следует обратить внимание на значительную неравномерность распределения давления по опорной длине движителя гусеничного типа, коэффициент неравномерности $\xi = 2,5 \dots 5,1$ [2].

Для определения максимального давления гусеничного движителя на почву с учетом ее свойств и параметров ходовой системы разработано также несколько математических моделей. При скорости движения, равной нулю, максимальное давление находим по формуле

$$q_{\max 0} = \xi q_{\text{ср}}, \quad (4)$$

где $q_{\text{ср}}$ – среднее давление.

Коэффициент неравномерности давления определяют аппроксимацией эмпирических зависимостей.

Максимальное давление зависит от скорости движения. Для оценки этого влияния разработаны теоретические [3, 4] и экспериментальные [2] методы.

В математические модели, кроме параметров трелевочной системы, входят показатели физико-механических свойств и деформации почвы. Совокупность показателей свойств почвы довольно сложно определить на большой площади лесосеки, да и значения их могут меняться даже по длине одного волока. Кроме этого, расхождение расчетных значений максимальных давлений $q_{\max v}$ с экспериментальными на различных скоростях движения, полученные при анализе математических моделей, достигает 20 % [2, 4]. Следовательно, теоретические методы определения влияния скорости движения трактора на максимальное давление движителя на грунт применимы в основном к оптимизации параметров ходовых систем, а проблемы снижения отрицательного воздействия трелевочных систем на лесную почву представляют, видимо, чисто теоретический интерес.

Экспериментальные зависимости влияния скорости трелевочного трактора на максимальное давление для различных свойств почвы не обнаружены. Есть только одна работа ЦНИИМЭ, в которой приведены результаты исследований движения трактора на суглинистом грунте при дискретной скорости [3]. Скорость движения сельскохозяйственных тракторов может значительно влиять на максимальное давление его движителя на почву, так как удельное рабочее сопротивление шлейфа, входящего в состав агрегата (от легкой бороны до кустарникового плуга), может изменяться в несколько десятков раз.

Для сельскохозяйственных машин существуют графические зависимости влияния скорости движения на максимальное давление движителей гусеничных и колесных тракторов на различные почвы. Например, у гусеничного трактора Т-150 при изменении скорости от 1,0 до 1,5 м/с оно увеличивается от 0,012 до 0,013 МПа.

Исследованиями работы трелевочных тракторов установлено, что только некоторые экземпляры в течение всего ресурса работают в исключительно легких и тяжелых условиях эксплуатации. В пределах этого интервала число машин по условиям эксплуатации распределяется по нормальному закону [1]. Изучение эксплуатационных режимов трелевочных тракторов показало, что более половины машинного времени трелевочный трактор ОТЗ во всех лесных регионах работает на III передаче [1]. При этом средняя скорость трелевки изменяется в узком диапазоне: в Карелии и Ленинградской области 1,0...1,5 м/с в различное время года.

В связи с этим следует, что трелевка трактором пачки оптимального объема на конкретной лесосеке сопровождается незначительными изменениями средней скорости. Экспериментальными данными пока не подтверждено влияние скорости трелевки на максимальное давление движителя на лесную почву.

Итак, выбранная математическая модель взаимодействия движителя трелевочных систем с лесным грунтом базируется на уплотнении почвы движителем с учетом особенностей параметров лесных тракторов и лесных почв.