

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоренчик А.С., Протас П.А. Применение отходов лесозаготовок при обустройстве трелевочных волоков // Новые технологии рециклинга вторичных ресурсов: Материалы МНТК. Мн.: БГТУ, 2001. С. 244 – 246.
2. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П., Протас П.А. Расчет лесных транспортных путей с учетом вязкоупругих свойств материалов // В этом же сборнике.
3. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1973.
4. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. – М.: Стройиздат, 1976.
5. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1986.

УДК 630*323

Д.В. Клоков, ассистент; А.Н. Бычек, ассистент

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН С ПАЧКОЙ ХЛЫСТОВ И ВОЛОКОМ

Developed mathematical model of hauling process used for justification of main parameters of a new skidderes.

В соответствии с концепцией развития лесозаготовительной отрасли лесного комплекса в Республике Беларусь принято решение по созданию собственного лесного машиностроения. Активное участие в решении этой проблемы принимает целый ряд машиностроительных предприятий, и в первую очередь Минский тракторный завод.

На МТЗ совместно с БГТУ разработан типаж лесных машин на базе тракторов "Беларус". В настоящее время созданы и выпускаются серийно форвардеры МЛПТ-354, МЛ-131 и трелевочные машины ТТР-401, МЛ-127 с чокерным оборудованием.

С целью обоснования параметров указанных машин в БГТУ разработан комплекс математических моделей процесса работы машин при выполнении ими технологических операций. Ниже приведена методика моделирования процесса движения трелевочных машин. Эта модель отражает сложную связь подсистем машины (двигатель, трансмиссия, ведущие мосты, движители, предмет труда). Учитываются реальные возмущающие воздействия (неровности поверхности волока, крутящий момент двигателя), а также реальные параметры машины.

Ввиду различной компоновки машин и вариантов технологического оборудования разработаны две расчетные схемы трелевщиков. Первая из которых соответствует машине типа 4К4 на базе серийного трактора с жесткой рамой (ТТР-401, 402) [1], а вторая – машинам типа 4К4 и 6К6 на базе шасси с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 1).

Для каждой из них составлены математические модели, которые уже реализованы в процессе проектирования созданных и перспективных машин.

Рассмотрим имитационную модель процесса движения машины, показанную на рис. 1. Принятая расчетная схема наряду с уже разработанными схемами является уточненной: она учитывает упругую податливость почвогрунта. Это сделано из тех предпосылок, что при движении по трелевочным волокам прогибы покрытия и шин машины являются соизмеримыми величинами.

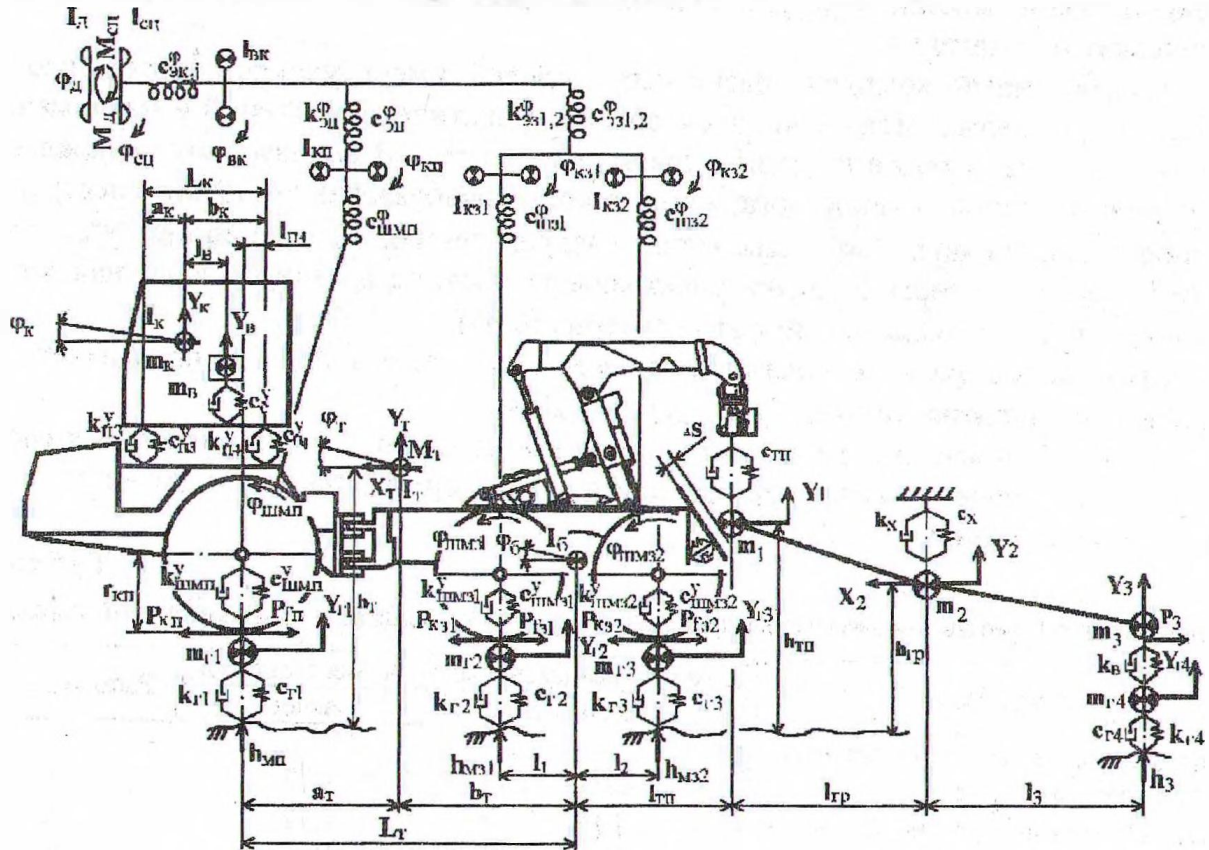


Рис. 1. Расчетная модель процесса движения трелевочной машины с шарнирно-сочлененной рамой, учитывающая упругую податливость почвогрунта

При исследовании системы "трактор-пачка хлыстов" распределенную массу пачки разбиваем на три дискретные массы m_1 , m_2 , m_3 , соединенные между собой жесткостью C . Масса m_1 составляет часть пачки, нагружающую клещевой захват. Масса m_2 сосредоточена в центре тяжести пачки хлыстов и совершает колебания. Масса m_3 — часть пачки, волочащаяся по микропрофилю волока. Связь трактора с деревом и клещевым захватом осуществляется посредством жесткости C_m . Изгибные деформации дерева моделируются упругим элементом с коэффициентом жесткости C_x . Все упругие звенья системы в направлении своей податливости обладают также демпфирующим сопротивлением.

Динамические характеристики лесных дорог, необходимые для расчета математической модели динамики движения лесозаготовительной машины с учетом упругой податливости грунта, определялись по экспериментально записанной осциллограмме ее колебаний, упругому прогибу дорожной одежды и параметров колесной нагрузки.

Расчетная динамическая схема системы "двигатель — трансмиссия — движитель — предмет труда — почвогрунт" имеет 21 степень свободы, позволяющую описать колебания в продольной вертикальной плоскости.

Рассматриваемая система дифференциальных уравнений решается методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности с помощью комплекса специальных программ. Основной модуль программ производит расчет систем уравнений по времени при заданных параметрах динамической системы. Далее производится статистическая обработка данных. Для переходных процессов сравниваются максимальные показатели и характер

изменения зависимостей. При установившихся режимах производится сравнение статистических показателей.

Разработанный комплекс расчетных моделей имеет удовлетворительную точность, что подтверждается сравнением среднеквадратичных значений и максимальных реакций системы, а также их спектральных плотностей. В основу теста эквивалентности положено использование логарифмического преобразования оценки спектральной плотности, подчиняющейся нормальному распределению. По условию $D^2 \leq \chi^2_{n,\alpha}$, где n – число полос, на которые делится спектральная плотность, минус число наложенных ограничений; α – уровень значимости критерия (0,05).

Проведенные расчеты показали, что величина статистики D^2 не превышает значений области принятия гипотезы $\chi^2_{n,\alpha}$, равным 22,36.

В табл. 1 приведены данные сравнения расчетных и экспериментальных средних квадратичных значений амплитуд реакций для трактора ТТР-401 при движении по лесному волоку с грузом.

Таблица 1

Сравнение расчетных и экспериментальных средних квадратичных значений амплитуд

Показатели	Средние квадратичные значения амплитуд		Расхождения, %
	эксперимент	расчет	
Поперечно-угловые перемещения остова трактора, град	22,87	25,2	12,1
Реакция переднего моста, кН	1,83	1,72	6
Реакция заднего моста, кН	9,58	10,7	10,7

Расчетные схемы позволяют решать различные задачи динамики трелевочных машин разного типа при выполнении ими технологических операций, что дает возможность обосновать их параметры.

Для примера на рис. 2 приведены зависимости средних квадратичных значений амплитуд вертикальных динамических реакций переднего моста ТТР-401 от жесткости передней подвески и шин. Расчет проведен для случая движения трактора со скоростью 2 м/с по пасечному волоку.

Анализ приведенных на рис. 2 зависимостей показывает, что минимальные значения средних квадратичных амплитуд вертикальных реакций переднего моста имеют место при следующих параметрах жесткостей: $C_{шп}=100$ кН/м; $C_{пмп}=200$ кН/м и $C_{шз}=200$ кН/м. В то же время отмечается неравномерность изменения ординаты, причем прослеживается ее зависимость от всех трех параметров.

Для случая с $C_{шп}=100$ кН/м при $C_{пмп} \geq 500$ кН/м и $C_{шз} \geq 650$ кН/м происходит резкое увеличение ординаты, а при дальнейшем возрастании этих величин система имеет неограниченное возрастание амплитуды, т.е. наступает явление резонанса. При $C_{шп}=200$ кН/м резкое возрастание ординаты начинается при $C_{пмп} \geq 300$ кН/м, для случая $C_{шп}=300$ кН/м – при $C_{пмп} \geq 400$ кН/м. Проведенный анализ позволил определить пределы жесткостей, при которых значения амплитуд реакций не превышают допустимый предел (табл. 2).

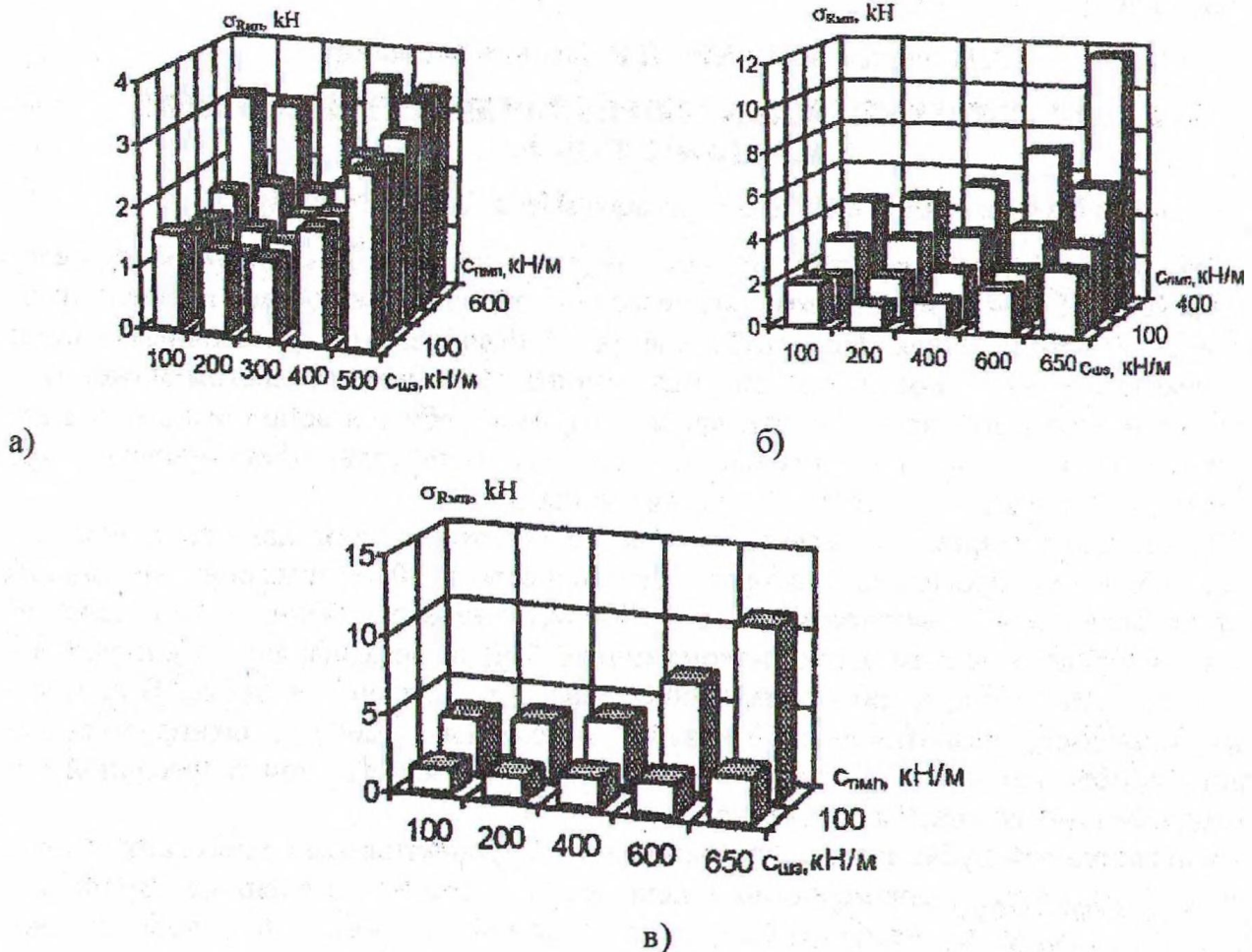


Рис. 2. Зависимость средних квадратичных значений амплитуд вертикальных динамических реакций переднего моста от жесткости передней подвески и шин при значениях жесткости передних шин 100 (а), 200 (б), 300 (в) кН/м

Таблица 2

Пределы значений жесткостей шин и рессор, обусловленные допустимыми амплитудами вертикальных реакций переднего моста

Жесткость передних шин, кН/м	Жесткость подвески, кН/м	Жесткость задних шин, кН/м
100	100-400	100-600
100-200	100-400	100-600
100-300	100-200	100-500

Как показал опыт эксплуатации созданных машин, применение математических моделей и методики их разработки позволяют обоснованно выбрать параметры трелевочных машин, сократить время проектирования и доводки опытных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асмоловский М.К., Малец Е.А., Бычек А.Н., Жорин А.В. Имитационная модель процесса движения колесной трелевочной машины // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 1998. – Вып. VI. – С. 54-59.