

М. Н. Пищов, аспирант, В. А. Симанович, канд. техн. наук, доцент,  
С. Е. Бельский, канд. техн. наук, доцент, БГТУ

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

The operating conditions of forest machines are analyzed. Transmission parts disabled as a result of intensive wear have been determined, their fracture mechanism has been established. A technique for diffuse impregnation of component parts with powdered mixtures containing boron, aluminum and silicon is offered. An optimal composition and temperature for diffuse impregnation of component parts operating under dynamic loading has been specified. Microhardness of surface and subsurface layers has been studied. Technique for abrasion testing is offered, comparative testing of carburized and borated samples has been carried out.

**Введение.** В настоящее время на заготовке древесины предпочтение отдается колесным машинам, обладающим по сравнению с гусеничными лучшей управляемостью и маневренностью, более высокими скоростными показателями, эргономическими качествами и надежностью, меньшей металлоемкостью и затратами на обслуживание. Создаются лесные трелевочные машины преимущественно на базе тракторов общего назначения с применением навесных приспособлений для специфических условий работы.

На базе специально оборудованного серийного трактора МТЗ-82.1 и 82.2 создана трелевочная машина ТТР-401 и ТТР-401М с чокерным оборудованием. Мощность двигателя – 59,6 кВт, эксплуатационная масса – 4400 кг. Она предназначена для сбора хлыстов, деревьев и сортиментов на лесосеке и трелевки их на погрузочный пункт при проведении сплошных, выборочных рубок и рубок ухода за лесом.

Создание отечественных лесных машин позволит не только нарастить объемы добычи древесины по всем видам пользования, но и перейти на новые, ресурсосберегающие и экологически чистые методы заготовки.

**1. Оценка динамической нагруженности узлов трансмиссии трелевочного трактора.** Работа колесных агрегатных машин на трелевке и вывозке древесины должна производиться комплексно с учетом факторов, оказывающих наибольшее влияние на эксплуатационные условия.

Исследования по динамической нагруженности узлов и агрегатов лесозаготовительных машин обычно начинаются с выбора и построения ее физической модели, которая отражает взаимное расположение и влияние основных подсистем машины (двигатель, трансмиссия, шасси, кабина, человек, пачка хлыстов) и возмущающих факторов (неровности поверхности дороги, неравномерность работы двигателя и гидросистем).

При построении математической модели системы трелевочный трактор – пачка деревьев необходимо производить учет работы подсистем, обладающих упругодеформируемыми свойствами. Это особенно важно для машин, у ко-

торых отсутствуют узлы подвески, такие как рессоры и амортизаторы, балансирующая тележка и реактивные рычаги.

Основными причинами, вызывающими колебания колесного трелевочного трактора, также являются неровности поверхности пути, которые вызывают колебания нагрузки в вертикальной и продольно-угловой плоскостях, неуравновешенность работы двигателя внутреннего сгорания, вращающихся частей (колеса, шестерни, валы), инерционные силы, изменение скорости и направления движения, а также другие факторы.

Источником внешних возмущающих воздействий для колесных лесных машин является трелевочный волок, по которому перемещается пачка деревьев. При движении трелевочного трактора с пачкой деревьев по волоку приходится преодолевать неровности различного характера, которые вызывают колебательные явления в узлах и агрегатах трансмиссии, ходовой системе и несущих элементах технологического оборудования.

Автор работы [1] при оценке характера внешних воздействий показал, что ряд типичных препятствий в виде пней, валежин и отдельно лежащих деревьев имеют значительные геометрические размеры, достигающие в отдельных случаях высоты до 0,5 м при небольшой протяженности по линии движения. Препятствия порогового типа являются источниками максимальных пиковых нагрузок, возникающих в агрегатах трелевочного трактора.

Воздействие возмущающих факторов случайного характера на транспортную систему представляется в виде случайного процесса, поэтому объективными критериями оценки могут служить только соответствующие вероятностные показатели. При исследовании переходных процессов в качестве оценочных показателей принимаются пиковые значения линейных и угловых отклонений звеньев динамической системы, а также их продолжительность.

Нами было установлено, что при средних режимах нагружения трелевочного трактора крутящий момент на деталях переднего ведущего моста не превышает 1000 Нм. В случае пере-

грузки заднего моста трелевочного трактора, когда пачка деревьев подвешена в силовом контуре оборудования, максимальные моменты на задних полуосях достигают величин, в 2–2,5 раза превышающих момент при трогании трактора. Это, в свою очередь, приводит к разгрузке переднего моста и ухудшению сцепных качеств.

Работой [2] установлено, что динамические крутящие моменты в трансмиссии колесного трактора имеют наибольшее значение при трогании с места с пачкой деревьев. Установлено, что для колесных трелевочных тракторов производства МТЗ наиболее нагруженными являются шестерни третьей и четвертой передачи, а также редуктор переднего моста.

Для того чтобы оценить перегрузки при работе трелевочных тракторов на лесосеке, было предложено ввести коэффициент динамичности  $K_d$ , который равен отношению максимального крутящего момента  $M_{max}$  к установившемуся  $M_{cp}$ :

$$K_d = M_{max} / M_{cp}$$

На основании исследований авторов [2] было установлено, что коэффициент динамичности при работе трелевочных тракторов составляет 1,8–3,1. Резкое увеличение крутящего момента на полуосях переднего ведущего моста трелевочного трактора до 2100–3000 Нм приводит к их выходу из строя.

Оценка динамической нагруженности лесного колесного тягача проводилась по вели-

чинам спектральной плотности крутящих моментов на полуосях. На рис. 1, 2 приведены спектральные плотности крутящих моментов на задних и передних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 на 1, 2, 3, 4 и 5 передачах с пачкой хлыстов объемом 1,4 м<sup>3</sup> при движении по трелевочному волоку.

На рис. 1 приведены спектральные плотности крутящих моментов на передних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 при трелевке пачки деревьев 1,4 м<sup>3</sup> на четырех передачах. На первой передаче величина  $S_n(\omega)$  достигает значения 0,11 (кНм)<sup>2</sup>с и проявляется на частоте 4 с<sup>-1</sup>. С увеличением номера передачи, а соответственно, и скорости транспортировки пачки хлыстов максимумы спектральных плотностей проявляются на больших частотах. Так, для четвертой передачи  $S_n(\omega) = 0,19$  (кНм)<sup>2</sup>с и проявляется при частоте 8,0 с<sup>-1</sup>.

Так, для второй передачи величина  $S_3(\omega) = 0,23$  (кНм)<sup>2</sup>с и проявляется при частоте 8 с<sup>-1</sup>. Для третьей и четвертой передач величины  $S_3(\omega)$  равны 0,29 и 0,33 при частотах 10 и 12 с<sup>-1</sup>. Также необходимо отметить, что для третьей и четвертой передач для  $M_{крз}$  наблюдается проявление пиковых значений (0,21 и 0,17) соответственно при частотах 14 и 16 с<sup>-1</sup>.

В таблице приведено значение максимумов спектральных плотностей для крутящих моментов на задних и передних полуосях, а также тяговых усилий в канате при трелевке деревьев с объемом 1,6 и 1,8 м<sup>3</sup> и величины частот, на которых проявляются максимумы.

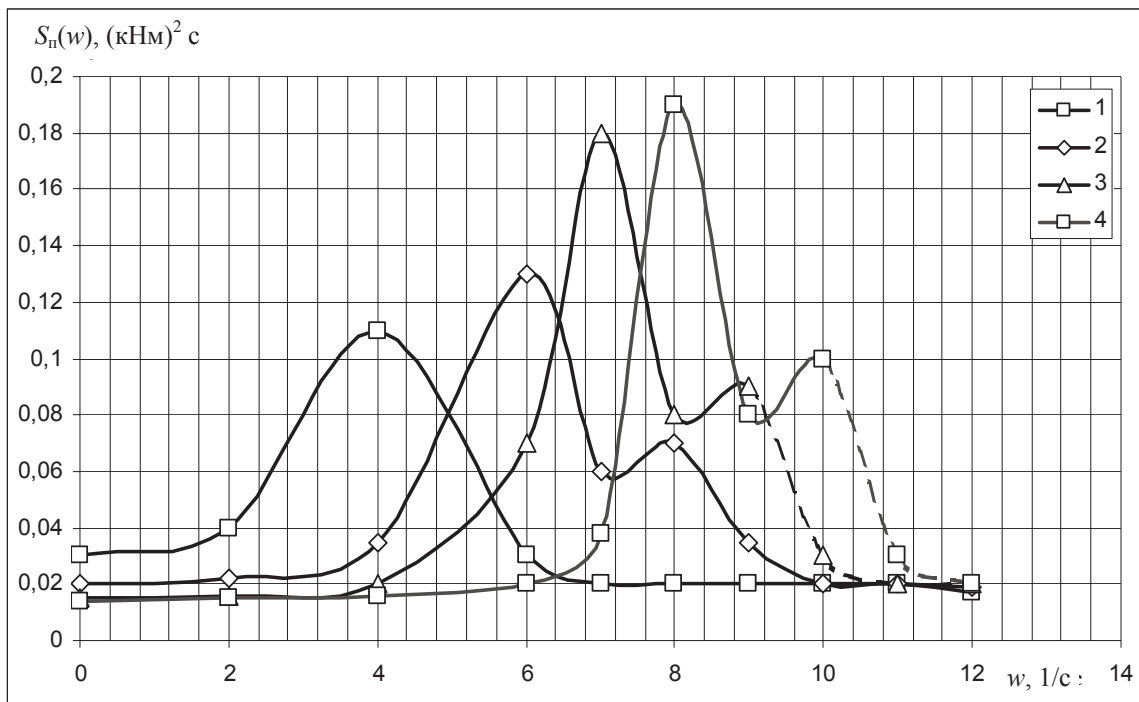


Рис. 1. Спектральные плотности крутящих моментов на передней полуоси трелевочного трактора ТТР-401 при движении на различных передачах с пачкой  $V = 1,4$  м<sup>3</sup>. 1, 2, 3, 4 – соответственно первая, вторая, третья, четвертая передачи

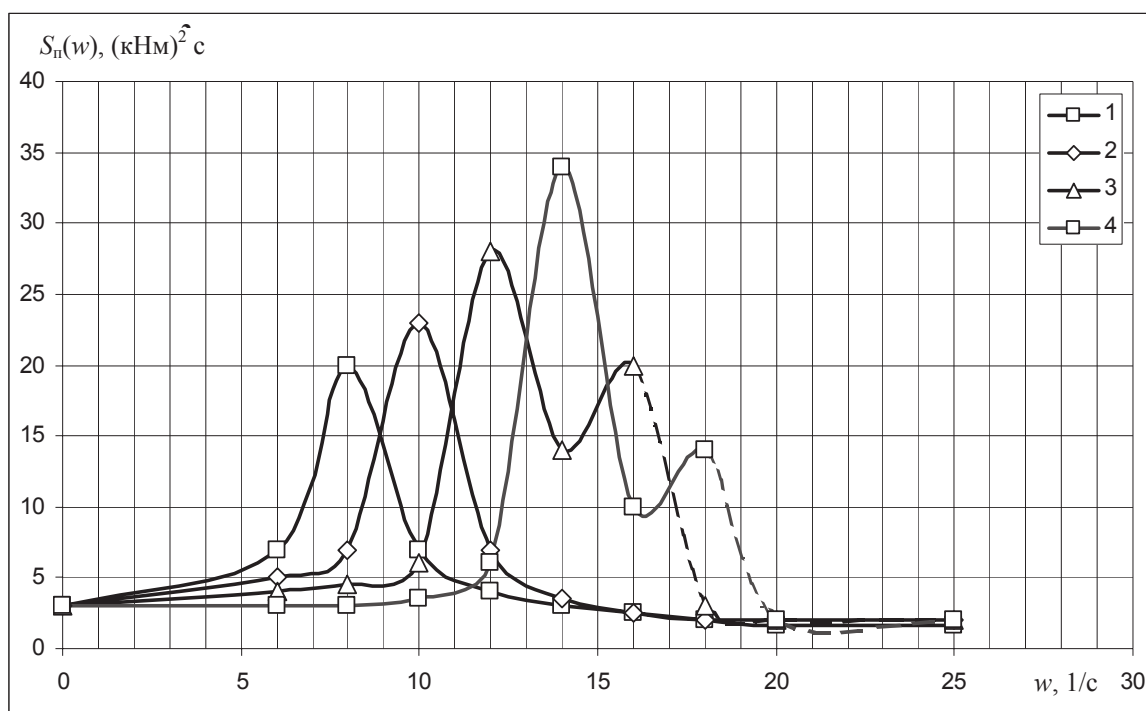


Рис. 2. Спектральные плотности крутящих моментов на задних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 при движении на различных передачах с пачкой  $V = 1,4 \text{ м}^3$ . 1, 2, 3, 4 – соответственно первая, вторая, третья, четвертая передачи

Таблица

**Максимумы спектральных плотностей для крутящих моментов на задних и передних полуосях, а также тяговых усилий в канате при трелевке деревьев с объемом 1,6 и 1,8  $\text{м}^3$**

$V, \text{ м}^3$	$S_3(w)$	$S_n(w)$	$F_{\text{тр}}(w)$	$w_{S_3}$	$w_{S_n}$	$w_{F_m}$
1,6	0,21; 0,24; 0,26; 0,28	0,12; 0,14; 0,16; 0,19	0,21; 0,22; 0,24; 0,26	4,5; 4,7; 4,9; 5,0	6,3; 6,7; 6,9; 7,1	6,9; 7,4; 8,1; 8,9
1,8	0,24; 0,28; 0,31; 0,33	0,15; 0,18; 0,21; 0,24	0,28; 0,31; 0,32; 0,34	4,9; 5,1; 5,4; 5,6	6,9; 7,1; 7,4; 7,5	7,4; 7,9; 8,1; 8,9

Из приведенных данных видно, что увеличение объема трелеваемой пачки деревьев приводит к повышению абсолютных значений спектральных плотностей на заднем  $S_3(w)$  и переднем  $S_n(w)$  мосту, а также тяговом канате ( $F_{\text{тр}}(w)$ ).

Спектральные плотности для заднего моста проявляются в диапазоне частот 4,5–5,0  $\text{с}^{-1}$  для заднего моста при  $V = 1,6 \text{ м}^3$ . При объемах пачки 1,8  $\text{м}^3$  частотный диапазон для заднего моста 4,9–5,6  $\text{с}^{-1}$ .

**Выводы.** Данные по динамической нагрузке трелевочного трактора, приведен-

ные в таблице и на рис. 1, 2, показывают, что наибольшие значения для деталей переднего и заднего моста достигаются при трелевке пачки деревьев объемам  $V = 1,8 \text{ м}^3$  на третьей и четвертой передачах.

### Литература

1. Жуков, А. В. Теория лесных машин / А. В. Жуков. – Минск: БГТУ, 2001. – 630 с.
2. Калякин, Л. А. Исследование динамических нагрузок трансмиссии колесного трелевочного трактора: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л. А. Колякин. – Йошкар-Ола, 1972. – 23 с.