

УДК 621.785.532

М. Н. Пищов, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ);**В. А. Симанович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**С. Е. Бельский**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ ЛЕСНЫХ МАШИН

В статье исследованы условия эксплуатации трелевочного трактора ТТР-401, определены основные режимы работы. Установлено, что при максимальных пиковых нагрузках, которые возникают при наезде на пни, резком трогании трактора происходит выход из строя деталей переднего ведущего моста. В связи с этим возникает необходимость повысить эксплуатационный ресурс зубчатых передач трансмиссии трелевочного трактора ТТР-401 методом упрочнения комплексным борированием.

The article analyses the operating conditions of the skidder ТТР-401 and identifies the main operating running regimes. It is determined that the elements of a front driving axle come out of order if a tractor makes head-on crash on the conditions of a sharp breakaway. Due to this fact, it is necessary to rise the service life of the skidder's ТТР-401 gear drive transmission by means of complex borating strengthening.

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. Основное внимание при работе колесной лесной техники уделяется эксплуатационной надежности, которая моментально не может быть определена в связи с большим количеством факторов объективного и субъективного характера происхождения.

Наука и исследования по эксплуатационной надежности, как прикладная отрасль знаний, базируется на фундаментальных, математических и естественных науках. Особое значение для таких научных исследований имеет вопрос о применении математического аппарата, позволяющего осуществлять оценку и прогнозирование эксплуатационной надежности специальных лесных машин. Достоверные методы прогнозирования долговечности основных узлов и деталей лесных машин необходимы для обоснования проекта на стадии проектирования транспортного средства с учетом специфики эксплуатационных условий, а также для решения таких конструкторско-технологических вопросов, как: выбор оптимальной структуры энергетического агрегата; расчет потребности в запасных частях; периодичность плановых технических обслуживаний; обоснование требований по эксплуатационной надежности сопряженных деталей.

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. Исследование динамической нагруженности узлов трансмиссии трелевочного трактора ТТР-401. 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).

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.

При построении математической модели системы трелевочный трактор – пачка деревьев необходимо производить учет работы подсистем, обладающих упруго-демпфирующими свойствами. Это особенно важно для машин, у которых отсутствуют узлы подвески, такие как рессоры и амортизаторы, балансирующая тележка и реактивные рычаги. 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 перегрузки 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 величинам спектральной плотности крутящих моментов на полуосях. На рис. 1 приведены спектральные плотности крутящих моментов на передних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 при трелевке пачки деревьев 1,4 м³ на четырех передачах. На первой передаче величина $S_n(\omega)$ достигает значения 0,11 (кНм)²с и проявляется на частоте 4 с⁻¹. 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)²с и проявляется при частоте 8,0 с⁻¹.

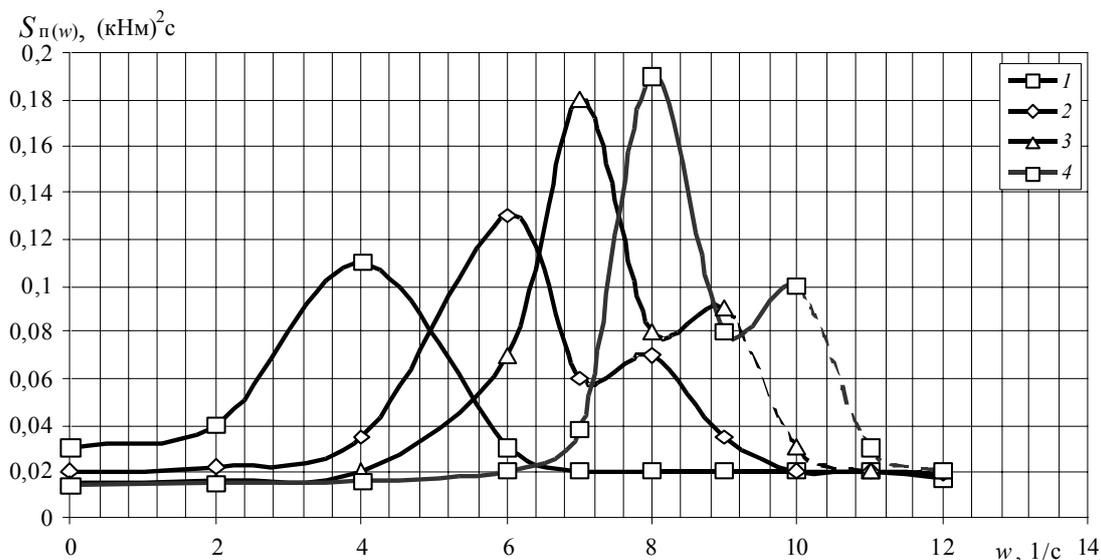


Рис. 1. Спектральные плотности крутящих моментов на передней полуоси трелевочного трактора ТТР-401 при движении на различных передачах с пачкой $V = 1,4$ м³. 1, 2, 3, 4 – соответственно первая, вторая, третья, четвертая передачи

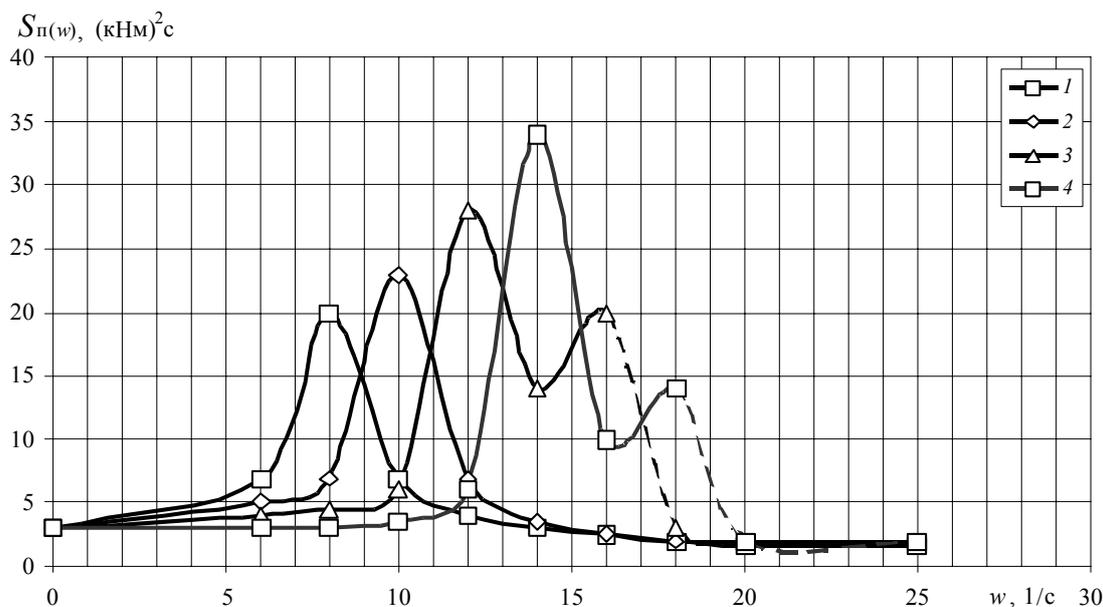


Рис. 2. Спектральные плотности крутящих моментов на задних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 при движении на различных передачах с пачкой $V = 1,4 \text{ м}^3$. 1, 2, 3, 4 – соответственно первая, вторая, третья, четвертая передачи

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

Определены 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 $1,8 \text{ м}^3$ и величины частот, на которых проявляются максимумы.

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

Спектральные плотности для заднего моста (рис. 2) проявляются в диапазоне частот $4,5\text{--}5,0 \text{ с}^{-1}$ для заднего моста при $V = 1,6 \text{ м}^3$. При объемах пачки $1,8 \text{ м}^3$ частотный диапазон для заднего моста составляет $4,9\text{--}5,6 \text{ с}^{-1}$.

Заключение. Данные динамической нагрузки трелевочного трактора, приведенные 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. – Минск: БГТУ, 2001. – 640 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.

Поступила 14.03.2011