

Спроектированная установка дает возможность воспроизводить основные нагрузки, действующие на полотно ленточной пилы – статическое растяжение и циклический изгиб, что позволяет проводить экспериментальные исследования по изучению долговечности пилы в лабораторных условиях.

Конструкция установки позволяет провести ее модернизацию и дополнительно нагружать образец силами резания с учетом цикла работы пилы на станке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Феоктистов, А. Е. Подготовка ленточных пил к работе / А.Е. Феоктистов. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 72 с.
2. Дулевич, А. Ф. Исследование причин возникновения усталостных трещин в полотнах ленточных пил / А. Ф. Дулевич, С. В. Киселев // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 3.
3. Усталостные испытания при высоких частотах нагружения / В. А. Кузьменко [и др.]; под общ. ред. В. А. Кузьменко. – Киев: Навук. думка, 1979. – 336 с.
4. Настенко, А. А. Экспериментальное исследование усталости ленточных пил из различных сталей / А. А. Настенко // Совершенствование техники и технологии лесозаготовок и транспорта леса: сб. науч. тр. Архангельского государственного технологического университета посвященного 70-летию АГТУ. – Архангельск, 1999. – С. 82–89.

УДК 634.377

*Симанович В. А. , Пищов М. Н. , Бельский С. Е.*

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ РЕСУРСА РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*УО «Белорусский государственный технологический университет»  
Минск, Беларусь*

Применяемые в настоящее время технологические процессы характеризуются использованием разнообразных систем машин и оборудования. Их различие объясняется не только различием технологий, но и разнообразием условий эксплуатации, что требует применения оборудования различных типов и разного конструктивного исполнения.

В лесозаготовительной промышленности предпочтение как правило отдается колесным машинам, обладающими по сравнению с гусеничными лучшей управляемостью и маневренностью, более высокими скоростными показателями, эргономическими качествами и надежностью, относительно низкой металлоемкостью, меньшими затратами на обслуживание и эксплуатацию. В настоящее время к трелевочным тракторам предъявляют высокие требования по повышению: энергонасыщенности, маневренности и проходимости, которая должна обеспечивать работу трактора на лесных грунтах. Все это ведет к усложнению конструкции трактора и понижению надежности его деталей и узлов.

Проведенные нами наблюдения на лесопромышленных предприятиях показали, что повышенные динамические нагрузки на трансмиссию обеспечивают постоянные трогания с места при трелевке пачки деревьев. Установлено, что у тракторов созданных на базе МТЗ-82-1 и МТЗ-82-2 наиболее часто приходится заменять конические зубчатые пары и переднего моста, а также шестерни третьей и четвертой передачи. Данные детали, изготавливаемые из стали 25 ХТТ и проходящие цементацию выходят из строя вследствие интенсивного изнашивания.

Известно большое количество публикаций, посвященных современным методам расчета и прогнозирования надежности систем и отдельных элементов транспортных машин. Авторы каждой из приведенных работ выдвигают на первый план свое видение проблемы через призму тех изменений, с которыми они чаще всего встречались и решали задачи их технического усовершенствования с целью повышения надежности.

В настоящее время сложилась устойчивая тенденция прогнозирования надежности транспортных средств по двум направлениям. Первое направление изучает вопросы, связанные с развитием и применением методов математической и статистической теории надежности. Второе направление охватывает методы физической теории надежности, которая предполагает рассмотрение физической сущности возникновения отказов.

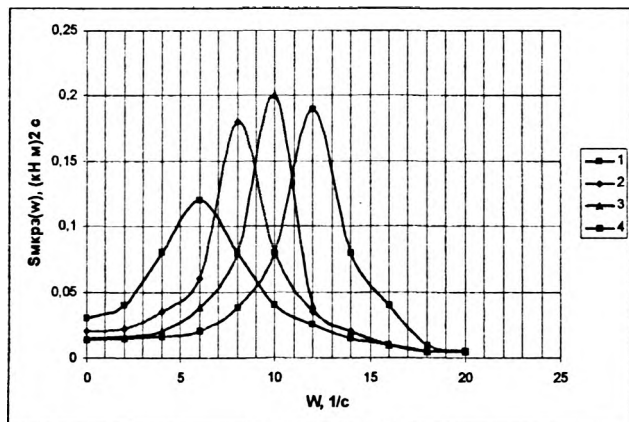


Рис. 1. Спектральные плотности крутящих моментов на задних полуосях трелевочного трактора ТТР-401 при движении на различных передачах с пачкой  $V=1,4 \text{ м}^3$ . 1, 2, 3, 4 — соответственно первая, вторая, третья, четвертая передачи

длинами достоинство основных [1].

Методы расчета основных деталей и узлов специальных колесных лесных машин, заимствованные из опыта автотракторостроения и позволяют с учетом специфики работы оценить динамическую нагруженность, которая и позволяет выйти на прогнозные показатели ресурса работы. В практике расчетных исследований по прогнозированию ресурса обычно преобладают следующие методы:

- прогнозирование по результатам завершенных эксплуатационных испытаний;
- прогнозирование по результатам незавершенных эксплуатационных испытаний;
- прогнозирование по результатам ускоренных испытаний на натуральных моделях;
- прогнозирование по результатам испытаний имитационными методами на расчетных моделях;
- прогнозирование ресурса экономико-вероятностными методами.

Каждый из указанных методов прогнозирования надежности в той или иной мере зарекомендовал себя с лучшей стороны для каких-то определенных условий. Для таких деталей как шестерни, валы и другие элементы трансмиссии колесных лесных агрегатных машин ТТР-401, МЛПТ-354, МЛ-127 наиболее перспективным методом является расчет на усталостную долговечность, основанный на гипотезах суммирования повреждений, который предполагает стендовые испытания с использованием специального оборудования. Источникам внешних воздействий для колесных агрегатных машин является трелевочный волок, по которому они транспортируют заготовленную древесину.

При машинной разработке лесосек состояние их не улучшилось, а наоборот условия движения стали более затруднительными. При движении лесной машины с пачкой деревьев по лесосеке приходится преодолевать неровности различного характера, которые вызывают колебательные процессы в узлах и агрегатах трансмиссии, ходовой части и несущих системах технологического оборудования. Установлено, что величина этих нагрузок определяется динамическими параметрами трелевочной системы и характеристиками воздействия трелевочного волока на нее. Исследования авторов [2] по оценке характера внешних воздействий показали, что ряд типичных препятствий в виде пней и валежин имеют значительные геометрические размеры, достигающие в отдельных случаях высоты до 0,5 метров при небольшой протяженности по линии движения. Препятствия порогового типа являются источником экстремальных нагрузок, возникающих в агрегатах трелевочной машины. Автор работы [3] характеризует геометрические формы препятствий, встречающихся на трелевочных волоках на семь различных видов. Наиболее характерным методом аналитического описания микропрофиля является представление его в виде стационар-

Существует несколько методов для выполнения исследований и расчетов, базирующихся на наличии статистического материала и аппаратно-вычислительного обеспечения самого исследования. В каждом методе есть свои преимущества и недостатки и чтобы избежать их количественного влияния необходимо пользоваться комбинированными методами, объединяющими достоинства основных [1].

Существует несколько методов для выполнения исследований и расчетов, базирующихся на наличии статистического материала и аппаратно-вычислительного обеспечения самого исследования. В каждом методе есть свои преимущества и недостатки и чтобы избежать их количественного влияния необходимо пользоваться комбинированными методами, объединяющими достоинства основных [1].

ной случайной функции и задание его корреляционной функцией и спектральной плотностью. Это обстоятельство позволяет учитывать объективную картину микропрофиля и скорость передвижения транспортного средства. Микропрофиль трелевочных волоков в общем случае является нестационарной случайной функцией, что связано с общими уклонами, подъемами и волнообразностью.

Нестационарность микропрофиля существенно сказывается на среднем квадратичном значении его ординат и практически не отражается на его корреляционной функции, что позволяет при изучении воздействия производить его выравнивание, т.е. приводить к стационарности. Основной статистической характеристикой случайного процесса является корреляционная функция, по которой могут быть определены дисперсия и спектральная плотность. Для установившегося процесса характерны следующие признаки: стационарным считается процесс  $X(t)$  у которого математическое ожидание  $m_x(t)$  и дисперсия  $D_x(t)$  являются постоянными, а нормированная корреляционная функция зависит только от разности аргументов  $t_1$  и  $t_2$

$$M[X(t)] = m_x(t) = const \quad (1)$$

$$D_x(t) = const \quad (2)$$

$$R_x(t_1 - t_2) = R_x(\tau) \quad (3)$$

где  $M[X(t)]$  – символ математического ожидания;  $X(t)$  – случайный процесс воздействия;  $\tau = t_1 - t_2$  – аргумент корреляционной функции, т.е. расстояние между сечениями случайного процесса в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ . Корреляционная функция случайного процесса обычно аппроксимируется соответствующими аналитическими выражениями.

Процесс подбора аналитического выражения для описания корреляционной функции микропрофиля  $R(\tau)$  и спектральной плотности  $S(w)$ , заданных таблицей или графиком, состоит из выбора аппроксимирующей функции и коэффициентов с соблюдением выполнения условий вытекающих из свойств корреляционных функций стационарных эргодических процессов. Аппроксимирующие аналитические выражения, полученные на имеют незначительное отличие от зависимостей полученных исследователями.

Для практической оценки динамической нагруженности необходимо знание дисперсии и спектральной плотности процесса. Обычно спектральную плотность процесса получают с помощью прямого функционального преобразования Фурье

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\tau) \cdot e^{-i w \tau} d\tau \quad (4)$$

Известно большое количество конечных выражений по определению спектральной плотности. Иногда они очень громоздки, но их использование для практических расчетов не вызывает затруднений так как общее число членов полинома обычно не превышает четырех. На основании проведенных замеров микропрофиля трелевочных волоков в ОАО «Плещеницлес» нами были получены спектральные плотности воздействия  $Sq(w)$ , которыми удобно пользоваться для практических расчетов динамических систем в частотной области. В конечном итоге была получена следующая зависимость

$$Sq(w) = 2 \cdot R(0) \sum_{i=1}^n \left[ \frac{2 \cdot \alpha_i \cdot A_i \cdot (\alpha_i^2 + \beta_i^2)}{\alpha_i^2 (\alpha_i^2 + 2 \cdot w^2) + (\beta_i^2 + 2 \cdot \alpha_i^2) + w^2 (w^2 + 2 \cdot \beta_i^2)} \right] \quad (5)$$

где  $R(0)$  – корреляционная функция процесса при  $\tau=0$ .

Полученные по указанной формуле спектральные плотности для различных скоростей движения подтверждают предположение о том, что спектральная плотность воздействия является функцией убывающей. С увеличением скорости движения колесных лесных машин значения  $Sq(w)$  смещаются в сторону большого значения частоты, а их абсолютные величины увеличиваются. Особенности составляющих микропрофиля трелевочных волоков ограничивают использование скоростных возможностей колесной лесной техники [4].

Опыт эксплуатации машин ТТР-401, МЛ-127 показал, что рабочие скорости на трелевке зависят от подготовки волоков и при благоприятных условиях работы составляют 5–12 км/ч. Такой широкий диапазон объясняется тем, что при больших расстояниях трелевки скорость возрастает

тает, а при расстоянии 80–120 м колесные машины не могут использовать свои скоростные возможности.

Следующим этапам исследований являлась разработка расчетной модели колесной трелевочно–транспортной системы, позволяющей учитывать внутренние возмущающие воздействия от источника заданной ограниченной мощности, каким является двигатель внутреннего сгорания. На первом этапе исследований раздельно рассматривались две динамические системы и их поведение в эксплуатационных режимах: колесный трактор как активная система колеса, которой реализуют крутящий момент в касательную силу тяги и взаимосвязь пачки деревьев с базовым трактором через связующий элемент технологического оборудования. Это позволило установить частотные диапазоны двух систем и классифицировать колебательные явления по их величине. Последующим этапом являлось соединение представленных подсистем в единую с целью взаимовлияния их друг на друга. Этот этап исследований позволил выявить влияние параметров пачки и конструкции подвеса на величины уровня динамической нагруженности.

Оценка динамической нагруженности лесного колесного тягача проводилась по величинам спектральной плотности крутящих моментов на полуосях. На рис. 1 приведены спектральные плотности крутящих моментов на задних полуосях трелевочного трактора ТТР–401 на 2, 3, 4 и 5 передачах с пачкой хлыстов объемом 1,4 м<sup>3</sup> при движении по трелевочному волоку.

Характер проявления кривых приблизительно одинаков. С возрастанием скорости максимумы частот с увеличением номера передачи сдвигаются в сторону более высоких частот. Так для второй передачи диапазон максимальных значений  $S_{Mкр3}(w)$  находится в частотном диапазоне 4, 5 – 7 с<sup>-1</sup>, для 5 передачи частотный диапазон находится в пределах 11 – 14 с<sup>-1</sup>.

В последующем для решения задачи по определению долговечности деталей трансмиссии использовалась методика, изложенная в работе [5].

На этапе расчетных исследований определялись характеристики нагрузочного режима: среднее квадратичное отклонение момента  $\sigma_{мк}$ , число циклов  $W_0$ , число максимумов  $W_m$  на км пути, коэффициент ширины спектра  $E$  и средний момент  $M_{ср}$ .

Это позволило по параметрам нагрузочного режима и кривой усталости определить средний ресурс по формуле основного уравнения гипотезы суммирования повреждений.

$$\bar{L} = \frac{N_{сум}}{W_{ц}} = \beta \left[ W_{ц} \int_{\tau_{мин}}^{\tau_{макс}} \frac{f(\tau)}{N(\tau)} d\tau \right]^{-1} \quad (6)$$

где  $\bar{L}$  – ресурс деталей в км пробега;  $N_{сум}$  – общее число циклов до разрушения;  $f(\tau)$  – функция плотности распределения амплитуд напряжения в детали;  $\beta$  – величина, зависящая от материала

детали и условий ее нагружения;  $W_{ц}$  – среднее число циклов на 1 км пробега;  $\tau_{мин}$  и  $\tau_{макс}$  – соответственно нижняя и верхняя граница напряжений, участвующих в накоплении усталостного повреждения;  $\tau$  – текущее значение напряжения.

На основании изложенной методики определения ресурса деталей в 2004 – 2007 годах в ОАО «Плещеницлес» и «Логойском лесхозе» были получены обобщающие результаты исследований надежности колесных трелевочных тракторов ТТР–401 и погрузочно–транспортной машины МЛПТ–354.

Эксплуатационная оценка работы колесных лесных машин как сложных динамических систем может быть проведена на основании учета комплексных составляющих, полученных с учетом внешних и внутренних факторов переходных и установившихся режимов эксплуатации, позволяющих правильно разграничить их влияние на природу возникновения динамических процессов, описываемых законами статистической динамики. Предложенная методика по эксплуатационной оценке работы может быть распространена на транспортные средства и оборудование, работающие в лесных условиях эксплуатации. Приведенные данные могут служить исходным материалом при проектировании новых лесозаготовительных машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А. В. Теория лесных машин. – Мн.: БГТУ, 2001. – 630 с. 2. Бочаров Н.Ф., Гусев В.И., Семенов В.М., и др. Транспортное средство на высокоэластичных движетелях. –

М.: Машиностроение, 1974. – 208 с. 3. Галицкий Е.Н. Исследование динамики движения колесного трелевочного трактора на неустановившихся режимах: Дисс. ... канд.техн.наук. – М., 1971. – 21 с. 4. Симанович В.А., Исаченков В.С. Разработка приведенной расчетной модели «колесный тягач–прицепной модуль–пачка деревьев» // Труды БГТУ. Вып. XIII. Серия II Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 2005. – С. 138 – 142. 5. Аникин, Н.И. Снижение динамической нагруженности и повышение долговечности трансмиссии лесопромышленных колесных тракторов на основе анализа динамических процессов в характерных условиях эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1988. – 26 с.

УДК 378.14:377

*Дулевич А.Ф., Осоко С.А.*

## **РОЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА В РАЗВИТИИ КОММУНИКАТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ**

*УО «Белорусский государственный технологический университет»  
Минск, Беларусь*

Проведя анализ должностей, которые занимают выпускники нашего ВУЗа, можно сделать вывод, что работа большинства из них связана с управлением коллективами. Более того сложность задач, стоящая перед современным производством, показывает невозможность их решения одним человеком. К сожалению, в учебных планах специальностей отсутствуют дисциплины, которые ставят целью научить человека стать частью коллектива и занимать лидирующие позиции в нем.

В этой связи необходимо в рамках профессиональной подготовки научить студента решать возникающие задачи в составе трудового коллектива, т.е. с формированием в нем коммуникативные способности.

Б. Д. Парыгин употребляет понятие «включенность в деятельность», отмечая, что эта включенность «характеризуется определенной степенью соответствия или несоответствия внутреннего, психического состояния, настроения личности в целом тем требованиям, которые предъявляют ей конкретные условия протекания той или иной деятельности». Исследования показывают, что далеко не всегда официально установленные цели коллектива совпадают с тем направлением, которое, по мнению ряда его членов, должно быть главным.

Эффективность выполнения работником должностных обязанностей обусловлена также и особенностями его самооценки собственного ролевого поведения в системе управления. Встречаются ситуации, когда субъективное понимание и оценка личностью отдельных элементов своей должностной роли не полностью соответствуют требованиям, предъявляемым со стороны коллег, товарищей по работе.

Анализ особенностей понимания личностью своей должностной роли и самооценок ее ролевого поведения в сочетании с определенными корректирующими мероприятиями может быть использован с целью оптимизации управления.

Для успешного выполнения организационных ролей необходимо не только знание и понимание официальных предписаний, но также моральная готовность работника принять данную роль, и, наконец, его последующая активность. Тогда официальные ролевые предписания подкрепляются соответствующими требованиями человека к самому себе.

При этом следует особенно подчеркнуть значение ответственности как свойства личности, определяющего ее отношение к своим функциональным обязанностям в производственном коллективе. «Ответственность служит здесь средством внутреннего контроля (самоконтроля) и внутренней регуляции (саморегуляции) деятельности личности, которая выполняет должное по своему усмотрению, сознательно и добровольно». Ответственность личности всегда носит социальный характер, поскольку представляет собой ориентацию на исполнение определенных социальных требований, норм и образцов поведения в соответствии с ее местом в системе общественных отношений.

На кафедре «Детали машин и ПТУ» на протяжении нескольких лет ведется работа по формированию коммуникационных способностей студентов. Из всех видов занятий запланированных по курсу «Детали машин» лучший эффект в достижении этой цели, на наш взгляд, достигается при выполнении курсового проекта коллективом из нескольких студентов.

Руководитель курсового проекта формирует творческие коллективы, которым выдается тема проекта. Создание коллектива является одним из решающих факторов успешного выполнения про-