

УДК 630\*377.4

## ОБЩИЕ ПОДХОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Симанович В.А., доцент, Мохов С.П., доцент, Арико С.Е., Исаченков В.С.  
(Белорусский Государственный Технологический Университет)

*На основе системного анализа приводятся общие подходы при разработке математических моделей работы колесных трелевочных тракторов в различных эксплуатационных условиях, учитываются особенности формирования воздействий на транспортную систему внешних и внутренних факторов. Представлено взаимодействие в общей динамической системе таких подсистем, как двигатель, трансмиссия, сиденье с водителем и пачка деревьев. Определен частотный диапазон собственных колебаний по подсистемам колесной трелевочной машины.*

Базой для создания колесных трелевочных тракторов (КТТ) преимущественно являются сельскохозяйственные тракторы с конструктивными изменениями в подвеске, ходовой части и трансмиссии. Технологическое оборудование для трелевки хлыстов устанавливается на задней полураме или агрегируется на навесной гидравлической системе. Компонентные решения по установке оборудования зависят от конструкции КТТ, его предназначения в общей технологической схеме освоения лесосек.

Работа колесных тракторов в лесных условиях отличается большим многообразием факторов не способствующих повышению тягово-сцепных качеств, улучшению эргономических показателей, снижению динамических нагрузок в узлах и агрегатах.

Настоящий период исследований динамики нагружения трелевочных тракторов невозможно представить без разработки математических моделей, системного анализа внутренних и внешних воздействий на работу двигателя внутреннего сгорания, как источника заданной ограниченной мощности. Многообразие математических моделей, представляющих тот или иной механизм, в некоторых случаях не позволяет учитывать некоторые особенности их взаимодействия, что затрудняет проводить расчетные исследования и получать результаты, которые могут быть использованы при проектировании трелевочных тракторов и их технологического оборудования.

При создании математической модели необходимо учитывать, что для трелевочного трактора характерна раздельно-агрегатная компоновка, при которой агрегаты (двигатель, трансмиссия, ведущие мосты) как правило komponуются в виде подсистем в автономных картерах, соединяясь между собой упругими элементами, которые обеспечивают передачу мощности. Поэтому при ее разработке важным является принцип связанности, который позволяет выбрать

правильный порядок соединения частных моделей подсистем, а также добиться подробного математического описания этой связанности.

Колесные трелевочные тракторы являются сложными взаимосвязанными колебательными системами, которым присущи переходные и установившиеся динамические процессы, крутильные колебания в трансмиссии, низкочастотные и высокочастотные колебания отдельных деталей, периодические и случайные процессы, возникающие вследствие взаимодействия трактора с пачкой деревьев, а также колебания, генерируемые отдельными агрегатами и системами.

Колебания двигателя возникают от неуравновешенности его вращающихся масс и от возвратно-поступательно движущихся частей шатунно-поршневой группы. Вследствие колебаний нагрузки от пачки деревьев снижаются мощностные и экономические показатели двигателя, приводящие к ухудшению протекания рабочих процессов.

Все положения, отмеченные выше, касающиеся динамики нагружения КТТ требуют осмысления и новых подходов при решении таких сложных задач. Составление такого описания заключается в разработке математической модели, представляющей совокупность расчетной схемы и системы дифференциальных уравнений, отражающих динамику поведения масс колесной трелевочной машины с пачкой деревьев. При разработке математической модели динамической нагруженности трелевочного трактора необходимо выбирать расчетные схемы эквивалентные исследуемой машине, которая бы в достаточной мере раскрывала сущность протекающих в ней динамических процессов и учитывала бы основные особенности конструкции и эксплуатации.

При построении моделей для решения инженерных задач физические системы упрощаются и учитываются только главные факторы, имеющие решающее значение при изучении рассматриваемых процессов. Динамический синтез основывается на разработке модели с сосредоточенными и распределенными параметрами. В первом случае масса объекта рассматривается как сосредоточенная в точке. Упругая связь представляется в виде безынерционного соединения. Во втором случае допускается идеализированное представление реальных систем в виде упруго-инерционных сплошных сред. Большинство исследователей лесных машин представляют составляющие элементы динамической модели в виде дискретных масс. При динамическом анализе машин и оборудования следует учитывать колебания отдельных звеньев, их податливость и диссипативные свойства.

Расчетная модель двигателя внутреннего сгорания при исследованиях была взята на основе статической характеристики изменения величины крутящего момента от частоты вращения коленчатого вала и положения педали подачи топлива. Разработанная модель позволяла учитывать удельный расход топлива на рабочем участке статической характеристики, что стало возможностью определять расход топлива на установившихся режимах работы.

Учет расхода топлива на неустановившихся режимах работы двигателя предлагается проводить с учетом коэффициентов пропорциональности.

На величину и характер распределения крутящих моментов в трансмиссии КТТ оказывают влияние окружные зазоры. В связи с этим, усилия в подвесе пачки деревьев и упругие моменты на соответствующих участках трансмиссии, имеющих зазоры, описывались нелинейными функциями. Окружные зазоры в трансмиссии приводились к первичному валу коробки передач и к выходному валу наветвям привода ведущих мостов.

Математическая модель учитывает особенности конструкции кабины, сиденья и описывающую колебания водителя, представляющих собой трехмассовую механическую модель в виде системы обратных математических маятников с упругими шарнирами. Динамическая модель пачки деревьев была взята трехмассовой. Соединение масс между собой было представлено невесомыми стержнями. Разработанный подход и математические модели отдельных подсистем транспортного средства позволили решить задачу динамического нагружения звеньев КТТ на переходных и установившихся режимах движения. Необходимо отметить, что на начальном этапе исследований динамическая модель позволяет исследовать собственные частоты подсистем. Это в свою очередь дает возможность выбирать параметры системы, что позволяет исключать резонансные явления, определять взаимовлияние каждой подсистемы друг на друга.

Теоретические исследования по разработанным математическим моделям были проведены для колесных тракторов ЛТ-171А и ТТР-401. Расчетами установлены диапазоны значений собственных частот продольно-угловых колебаний тракторов, которые составляют 1,19 – 2,75 Гц. Вертикальные значения собственных частот составляют 1,92 – 2,31 Гц, диапазон частот трансмиссии и поступательно движущейся массы тракторов составляет 1,89 – 2,05 Гц. Колебания на сидении водителя оператора происходят с частотой 3 – 4,5 Гц и амплитудой колебаний 0,05 – 0,13 м.

Конечным результатом такого подхода при решении задач динамической нагруженности трелевочных тракторов является системный подход и использование высокоэффективной вычислительной техники, позволяющей производить имитационное моделирование процессов, происходящих в реальных условиях эксплуатации колесных трелевочных тракторов, что позволит на стадии проектирования получать расчетным путем характеристики динамических процессов по подсистемам.

## **Анотація**

### **ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ПРИ ВИРШЕННІ ЗАВДАНЬ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОЛІСНИХ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ**

Сіманович В.А., Мохов С.П., Арико С.Е., Ісаченков В.С.

*На основі системного аналізу наводяться загальні підходи при розробці математичних моделей роботи колісних трелювальних тракторів в різних експлуатаційних умовах, враховуються особливості формування впливів на*

*транспортну систему зовнішніх і внутрішніх факторів. Представлено взаємодія в загальній динамічній системі таких підсистем, як двигун, трансмісія, сидіння з водієм і пачка дерев. Визначено частотний діапазон власних коливань по підсистемах колісної трелювальної машини.*

**Abstract**

**GENERAL APPROACHES IN SOLVING THE PROBLEM OF DYNAMIC  
LOADING WHEELED SKIDDERS**

**V.A. Simanovich, S.P. Mokhov, S.Y. Ariko, V.S. Isachenkov**

*Provides a common approach in the development of mathematical models of wheeled skidders working in various operating conditions, take into account peculiarities of effects on the transport system of external and internal factors. Presented interaction in general dynamic system such subsystems as the engine, transmission, seat with the driver and a pack of trees. Defined frequency range of natural oscillations subsystems wheeled skidders.*

Рецензент: д.т.н.

Коробкин В.А.