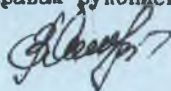


630^x
Я65

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

630*377.45

На правах рукописи



ЯНУШКО ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ

СНИЖЕНИЕ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ
ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ НЕГРУЗОВЫХ ПРОБЕГАХ
НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УСТРОЙСТВ
ПЕРЕВОЗКИ РОСПУСКОВ

05.21.01 - Технология и машины
лесного хозяйства и лесозаготовок

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Минск 1991

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте имени С.М.Кирова.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
ЖУКОВ А.В.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
АНИСИМОВ Г.М.
- кандидат технических наук, профессор
ВЫРКО Н.П.
- Ведущая организация - ПО "БелавтоМАЗ", Минский автомобиль-
ный завод.

Защита состоится "5" декабря 1991 г. в 14⁰⁰ час.
на заседании специализированного Совета К.056.01.01 в
Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом
институте имени С.М.Кирова.

Адрес: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13а, корпус 4, зал
заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
ордена Трудового Красного Знамени технологического института
имени С.М.Кирова.

Автореферат разослан "30" октября 1991 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

С.П.ТРОФИМОВ

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Процесс лесозаготовок неразрывно связан с транспортом леса, в значительной степени определяющим ритмичность работы предприятий и эффективность производства в целом. На долю автомобильного транспорта приходится в среднем около 89 % объема вывозимой древесины, а в Республике Беларусь - около 96 %.

Показатели работы автомобильного транспорта на вывозке леса определяются рядом специфических условий. Одним из путей существенного повышения эффективности использования лесовозных автопоездов в этих условиях является перевозка роспуска на шасси тягача при негрузовых пробегах. В настоящее время 85 % автопоездов лесовозного парка оборудованы устройствами погрузки и перевозки прицепов-ропусков. Однако на лесозаготовительных предприятиях России только 23,8 % из них работают с использованием этого оборудования. В Республике Беларусь данный показатель выше и составляет около 50 %. Низкий уровень использования оборудования погрузки и перевозки ропусков на шасси тягачей объясняется рядом причин, главными из которых являются несовершенство компоновочных схем автопоездов и устройств перевозки ропусков, значительная динамическая нагруженность отдельных элементов конструкций и, как следствие, снижение эксплуатационной надежности несущих систем тягачей и технологического оборудования. Вышеперечисленные недостатки в значительной мере определяются низким качеством проведения конструкторских работ и несовершенством применяемых при проектировании методов расчета. Отсутствие в настоящее время специальных методик не позволяет проводить расчетный анализ целого ряда параметров лесовозных автопоездов при негрузовых пробегах с учетом специфики нагружения от транспортируемого ропуска.

Поэтому исследования, направленные на совершенствование расчетных методик и конструкций лесовозных автопоездов, а также устройств перевозки ропусков при негрузовых пробегах, снижение вибронгруженности и повышение прочности несущих систем тягачей, являются актуальными.

Цель работы - повышение эффективности использования лесовозных автопоездов путем снижения вибронгруженности и



повышения прочности несущих систем на основе совершенствования устройств перевозки роспусков при негрузовых пробегах.

Задачи исследований:

обобщить результаты производственной эксплуатации и исследований в области специализированного лесовозного автотранспорта по применению перевозки роспуска при негрузовых пробегах;

провести классификацию конструктивных схем автопоездов с оборудованием погрузки и перевозки роспусков на шасси тягача и наметить основные направления их совершенствования;

разработать усовершенствованную конструкцию устройства перевозки роспуска на шасси тягача при негрузовом пробеге;

разработать методику комплексной оценки вибронегруженности лесовозного автопоезда и напряженно-деформированного состояния несущей конструкции тягача при негрузовых пробегах в системе "тягач - погруженный роспуск - дорога" с учетом упруго-демпфирующих элементов в устройствах перевозки и специфики нагружения несущей конструкции от транспортируемого роспуска;

исследовать вибронегруженность лесовозного автопоезда и оценить напряженно-деформированное состояние несущей конструкции тягача при негрузовых пробегах с учетом установки усовершенствованного устройства перевозки роспуска;

провести исследовательские испытания автопоезда МАЗ-509А + ГАЗ-938З в лабораторно-дорожных и производственных условиях;

разработать рекомендации, направленные на совершенствование конструкций, снижение вибронегруженности и повышение прочности лесовозных автопоездов при негрузовых пробегах.

Научная новизна работы заключается в разработке методики комплексной оценки вибронегруженности лесовозного автопоезда при негрузовых пробегах на основе имитационной модели системы "тягач - погруженный роспуск - дорога" с учетом упруго-демпфирующих элементов в устройстве перевозки и специфики нагружения несущей конструкции тягача от транспортируемого роспуска. Получены новые расчетные и экспериментальные данные по вибронегруженности лесовозного автопоезда с системой подрессоривания в устройстве перевозки роспуска и напряженно-деформированному состоянию несущей системы тягача при негрузовых пробегах.

Практическая ценность. Разработанные технические решения и практические рекомендации позволяют снизить вибронегруженность лесовозных автопоездов и повысить прочность несущих систем тягачей. При использовании разработанных методик, реализованных в виде программных средств для ЭВМ, повышается качество принимаемых конструкторских решений и сокращаются сроки проектирования лесовозных тягачей и технологического оборудования. Классификация общих конструктивных схем лесовозных автопоездов, имитационная модель динамической системы "тягач - погруженный роспуск - дорога", а также полученные на ее основе результаты исследований являются вкладом в развитие теории движения колесных лесных машин.

Реализация результатов работы. Усовершенствованная конструкция устройства перевозки роспуска при негрузовых пробегах была установлена на лесовозном автопоезде МАЗ-509А+ГКБ-9383 и испытана в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Годовой экономический эффект от внедрения лесовозного автопоезда с усовершенствованным устройством перевозки роспуска составил 1254 руб. Разработанные в результате теоретических и экспериментальных исследований рекомендации и методики комплексной оценки вибронегруженности лесовозного автопоезда в системе "тягач - погруженный роспуск - дорога" используются на Минском автомобильном заводе.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в г.Гомеле (сентябрь, 1984 г.), региональной научно-технической конференции в г.Горьком (ноябрь, 1988 г.), республиканской научно-технической конференции в г.Минске (апрель, 1990 г.), всесоюзном научно-техническом совещании в г.Москве (сентябрь, 1990 г.) и научно-технических конференциях БТИ им.С.М.Кирова по итогам научно-исследовательских работ за 1982-1984, 1988-1990 годы.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, выводов, списка использованной литературы, приложений и содержит 150 страниц основного машинописного текста, 52 рисунка, 19 таблиц. Библиографический список состоит из 138 наименований литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, приведена научная новизна выполненных исследований и их практическая значимость, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе рассмотрено современное состояние лесовозного автомобильного транспорта, обобщены результаты производственной эксплуатации и исследований по применению способа перевозки распуска на шасси тягача при негрузовых пробегах, проведена классификация конструктивных схем лесовозных автопоездов с устройствами погрузки и перевозки распусков на шасси тягача и определены основные направления их совершенствования, а также проведен анализ работ по оценке вибронегруженности и напряженно-деформированного состояния несущих систем транспортных средств. Сформулирована цель и определены задачи исследований.

С учетом специфических условий эксплуатации лесовозных автопоездов одним из путей повышения эффективности их работы является перевозка распуска на шасси тягача при негрузовых пробегах. Однако недостатки лесовозного оборудования серийных и перспективных автопоездов существенно ограничивают применение перевозки распуска на шасси тягача, что требует прежде всего совершенствования конструкций устройств перевозки и механизмов погрузки.

Наиболее эффективным направлением совершенствования конструкций лесовозного технологического оборудования является установка систем подрессоривания в устройство перевозки распуска, что обеспечивает снижение вибронегруженности тягача и повышение прочности его несущей конструкции. Для внедрения таких систем требуется проведение ряда исследований и разработка специальных методик для применения в практике проектирования лесовозных автопоездов.

Вопросы исследования динамики транспортных машин общего назначения отражены в работах Е.А.Чудакова, Р.В.Ротенберга, Я.М.Певзнера, И.Г.Пархиловского, А.А.Силаева, Я.Х.Закина, Н.Н.Яценко, М.Сайркса, Г.Хелмса, Е.Лера, М.Мичке, Д.Паркса. Основополагающими в теории колебаний лесотранспортных машин являются работы С.Ф.Орлова, Б.Г.Гастева, В.И.Мельникова, Е.И.Лаха, Г.М.Анисимова, Н.И.Библюка.

Дальнейшее развитие вопросы теории колебаний лесотранспортных машин получили в работах И.П.Ковтуна, А.В.Жукова, В.С.Николюка, Д.Д.Силукова, Б.В.Вилька, В.Г.Перепятко, Г.Ф.Храмцова, Р.Л.Коровкина и др. Анализ работ показал, что лесовозный автопоезд необходимо рассматривать как взаимосвязанную систему с многими степенями свободы, подверженную возмущающему воздействию от микропрофиля дороги.

В работах Е.И.Лаха, А.А.Фаденкова, В.Я.Хлуда, А.И.Смеяна и др. исследовано влияние прицепа-ропуса на колебания лесовозного автопоезда с пакетом хлыстов. Вопросу исследования динамики лесотранспортных систем в негрузовом пробеге посвящены работы А.В.Жукова, В.П.Немцова, Э.С.Гальперина. Проведенные исследования показали, что прицеп-ропуск оказывает существенное влияние на колебательные процессы лесовозного автопоезда. В то же время малоизученным является вопрос влияния транспортируемого ропуса на динамические показатели автопоезда и напряженно-деформированное состояние несущей системы тягача при негрузовом пробеге.

Исследованиям нагруженности рам грузовых автомобилей на основе теории тонкостенных стержней открытого профиля посвящены работы Н.Ф.Бочарова, Д.Б.Гельфгата, В.А.Ошнокова, В.Н.Белокурова, М.Н.Закса и др.

В последнее время наиболее широкое применение получили матричные методы расчета и, в частности, метод конечных элементов (МКЭ). Использование МКЭ позволяет с единых позиций построить математическую модель, описав конечными элементами (КЭ) любой по форме объект с учетом всех конструктивных особенностей и различных видов нагружений. При этом обеспечивается минимум затрат на проведение инженерных расчетов. Матричным методом расчета посвящены работы В.В.Болотина, В.А.Постнова, Л.А.Розина, А.П.Филина, А.Ф.Смирнова, А.С.Сахарова и др. Широко известны труды Дж.Аргириса, Г.Стрэнга, Р.Клафа, К.Бате, Е.Вильсона и других зарубежных авторов.

Исследованию динамической нагруженности лесных машин посвящены работы В.М.Семенова, Г.М.Анисимова, А.В.Жукова, В.А.Александрова, В.Н.Андреева, Б.Г.Поликарповкова, А.Р.Горнозовского, С.П.Мохова и др. В то же время не нашли отражения вопросы моделирования и анализа нагруженности несущих систем лесовозных тягачей при негрузовых пробегах.

В целом анализ работ показал, что малоизученным являет-

ся вопрос влияния погруженного роспуска на динамику тягача, не разработана достаточно точная модель системы "тягач - погруженный роспуск - дорога", недостаточно исследован вопрос влияния колебаний тягача при негрузовом пробеге на нагруженность его несущей системы. Работы, проведенные в этом направлении, представлены малым объемом исследований и носят, в основном, поисковый характер.

Второй раздел посвящен исследованиям эффективности применения лесовозного автопоезда с усовершенствованным устройством перевозки роспуска.

В результате производственных испытаний лесовозного автопоезда МАЗ-509А+ГКБ-9383 с разработанной системой поддрессоривания в устройстве перевозки роспуска установлено, что техническая скорость движения возросла на 3,8 %. Это позволило увеличить среднесуточный пробег по сравнению с серийным автопоездом на 10,9 %. Улучшение данных показателей обеспечило повышение сменной производительности автопоезда на 4,2 %.

Проведены исследования технико-экономических показателей лесовозных автопоездов, к основным из которых относятся среднегодовая производительность и себестоимость вывозки древесины. Результаты исследований подтвердили эффективность и экономическую целесообразность совершенствования конструкций устройств перевозки роспусков при негрузовых пробегах.

Третий раздел посвящен разработке методики комплексной оценки виброн нагруженности лесовозного автопоезда при негрузовых пробегах. В ходе решения поставленной задачи моделировался процесс движения лесовозного автопоезда, как многомассовой взаимосвязанной динамической системы "тягач - погруженный роспуск - дорога" и определялись характеристики динамических нагрузок, действующих на несущую систему тягача. В последующем на основе конечноэлементной модели производилась оценка напряженно-деформированного состояния несущей системы. При решении задачи оценки виброн нагруженности лесовозного автопоезда учитывалось влияние системы поддрессоривания в устройстве перевозки и специфика нагружения несущей системы тягача от транспортируемого роспуска.

Расчетная схема колебаний лесовозного автопоезда в системе "тягач - погруженный роспуск - дорога", представленная на рис. I, имеет одиннадцать степеней свободы ($\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{11}$),

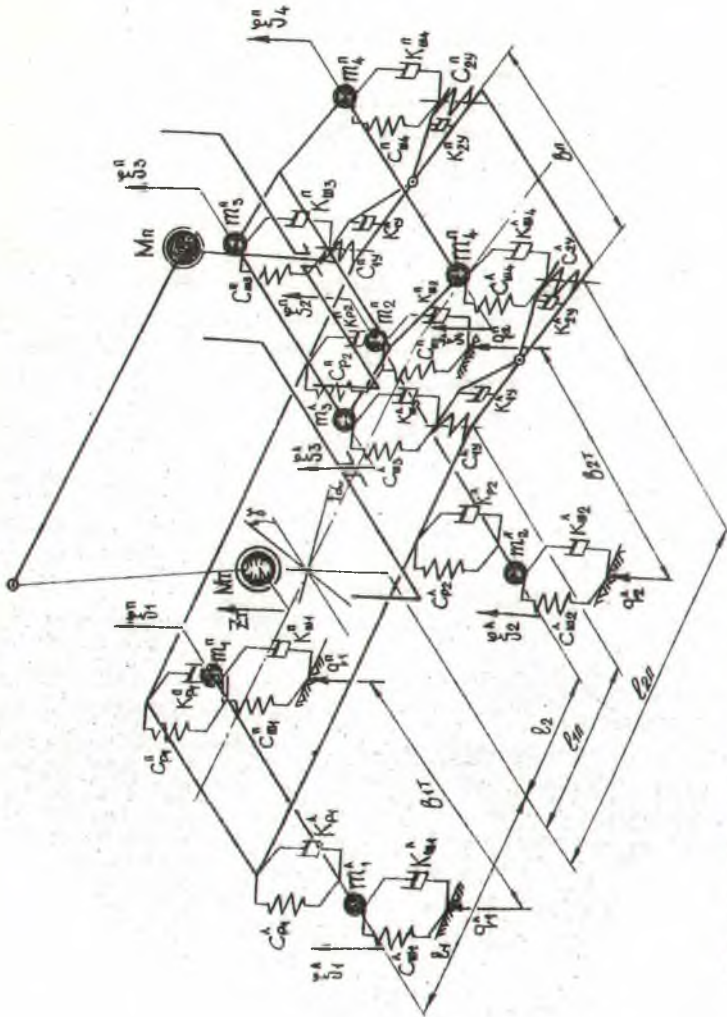


Рис. 1. Расчетная схема колебаний лесовозного автопоезда в системе "вагон - погруженный роспуск - дорога".

$z_2^A, z_2^n, z_T, d, \delta, z_1^A, z_1^n, z_4^A, z_4^n$), описывающих колебания динамической системы в продольной и поперечной вертикальных плоскостях. Приведенная схема учитывает упруго-демпфирующие связи между элементами колебательной системы, в том числе и системы поддрессирования устройства перевозки роспуска. Упругие и демпфирующие характеристики системы в общем случае принимались нелинейными, предусматривалась возможность моделирования внешних воздействий в виде единичных или чередующихся синусоидальных возмущений, а также в виде случайных воздействий от микропрофиля дорог. При моделировании воздействия производилось сглаживание микропрофиля и учитывалось его запаздывание на оси тягача.

Вывод дифференциальных уравнений осуществлялся традиционным энергетическим методом на основе уравнений Лагранжа второго порядка. Система дифференциальных уравнений в матричной форме записи имеет вид:

$$[M]\{\ddot{z}(t)\} + [K]\{\dot{z}(t)\} + [C]\{z(t)\} = [\bar{C}]\{q(t)\} + [K]\{\dot{q}(t)\},$$

где $[M]$, $[K]$, $[C]$ - матрицы масс, демпфирования и жесткостей системы, соответственно; $\{z(t)\}$ - вектор обобщенных координат системы; $[\bar{C}]$, $[K]$ - матрицы, характеризующие жесткость и демпфирующие свойства подвески лесовозного автопоезда; $\{q(t)\}$ - вектор ординат случайных дорожных воздействий.

Основной целью моделирования колебаний системы "тягач - погруженный роспуск - дорога", наряду с оценкой показателей вертикальной динамики в продольной и поперечной плоскостях, являлось определение действующих на несущую систему тягача динамических реакций связей. При этом, помимо силовых воздействий со стороны подвески тягача, учитывалось также и влияние инерционных сил от погруженного на шасси роспуска.

Динамические реакции связей, действующие на несущую систему тягача от передней и задней осей, определялись по выражениям:

$$R_1^{A,n}(t) = k_{p1}(\dot{z}_T - l_1 \dot{d} - \dot{z}_1^{A,n} \mp 0,5 b_{n1} \delta) + C_{p1}(z_T - l_1 d - z_1^{A,n} \mp 0,5 b_{n1} \delta);$$

$$R_2^{A,n}(t) = k_{p2}(\dot{z}_T + l_2 \dot{d} - \dot{z}_2^{A,n} \mp 0,5 b_{n2} \delta) + C_{p2}(z_T + l_2 d - z_2^{A,n} \mp 0,5 b_{n2} \delta).$$

Выражения для определения динамических реакций связей, действующих на несущую систему лесовозного тягача в месте установки системы поддрессирования устройства перевозки роспус-

ка, имеют вид:

$$R_3^{A,n}(t) = k_{экс1}(\dot{\xi}_3^{A,n} - \dot{z}_T - \varrho_{1n} \dot{\alpha} \pm 0,5b_n \dot{\sigma}) + C_{экс1}(\xi_3^{A,n} - z_T - \varrho_{1n} \alpha \pm 0,5b_n \sigma);$$

$$R_4^{A,n}(t) = k_{экс2}(\dot{\xi}_4^{A,n} - \dot{z}_T - \varrho_{2n} \dot{\alpha} \pm 0,5b_n \dot{\sigma}) + C_{экс2}(\xi_4^{A,n} - z_T - \varrho_{2n} \alpha \pm 0,5b_n \sigma).$$

Полученные выражения для реакций связей использовались для определения динамической нагруженности несущей системы тягача. Для анализа напряженно-деформированного состояния несущей системы лесовозного тягача наиболее приемлемой является стержневая модель, учитывающая ее конструктивные особенности, действие внешних нагрузок и влияние граничных условий. В качестве базового принят двухузловой стержневой элемент с шестью степенями свободы в узлах, соответствующих линейным перемещениям вдоль осей X , Y , Z и углам поворота относительно этих же осей.

Динамическая задача по определению напряженно-деформированного состояния решается с помощью дискретизации пространственной конструкции на конечные элементы. Расчетная схема несущей системы лесовозного тягача (рис. 2) включает аппроксимированные конечными элементами рамы тягача и технологического оборудования и содержит 134 элемента, стыкующихся в 106 узлах.

Система дифференциальных уравнений, описывающих конечно-элементную модель несущей системы, в матрично-векторной форме имеет вид:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [K]\{\dot{X}\} + [C]\{X\} = \{R(t)\},$$

где $[M]$, $[K]$, $[C]$ - матрицы масс, демпфирования и жесткости ансамбля конечных элементов, соответственно; $\{\ddot{X}\}$, $\{\dot{X}\}$, $\{X\}$ - соответственно векторы ускорений, скоростей и перемещений узловых точек расчетной модели несущей системы; $\{R(t)\}$ - вектор динамических реакций связей.

Глобальные матрицы $[M]$, $[K]$, $[C]$ получаются по правилам конечноэлементного суммирования отдельных матриц конечных элементов.

При временной реализации решается система обыкновенных дифференциальных уравнений в виде разложения по собственным формам колебаний. Достоинства варианта, основанного на сложении форм колебаний, заключаются в широких вычислительных возможностях, а также в получении устойчивого решения, обладающего высокой точностью в большом промежутке времени для дан-



ной динамической системы.

Оценка адекватности разработанных математических моделей производилась путем сравнительного анализа расчетных и экспериментальных данных, который показал их удовлетворительную согласованность. Среднее расхождение не превышало 10-15%. Соответствие расчетных и экспериментальных спектральных плотностей оценивалось по тесту эквивалентности энергетических спектров. Величина статистики D^2 находилась в пределах от 13,4 до 25,9 при значении области принятия гипотезы равном 27,59.

В четвертом разделе изложена методика исследовательских испытаний и приведены результаты лабораторных исследований.

Исследовательские испытания проводились с целью оценки эффективности применения системы подрессоривания в устройстве перевозки роспуска при негрузовых пробегах в эксплуатационных условиях, обоснования режимов нагружения, а также получения данных для оценки достоверности и точности разработанных математических моделей. Исследования включали выполнение следующих этапов: лабораторные работы по определению основных компоновочных параметров автопоезда в составе тягача и прицепа-роспуска, а также статических напряжений в элементах несущей системы тягача для груженого автопоезда и с погруженным на тягач роспуском; исследование влияния параметров упруго-демпфирующих элементов усовершенствованного устройства перевозки роспуска на виброн нагруженность тягача и напряженно-деформированное состояние элементов его несущей системы на переходных режимах колебаний; комплекс дорожных испытаний по определению виброн нагруженности тягача и оценке напряженно-деформированного состояния его несущей системы с серийным и усовершенствованным устройством перевозки роспуска при негрузовых пробегах.

Объектом испытаний был выбран лесовозный автопоезд в составе автомобиля-тягача МАЗ-509А и прицепа-роспуска ГРБ-9383. Измерения и регистрация исследуемых параметров осуществлялись комплексом аппаратуры в составе тензоусилителя "Топаз-3" и светолучевых осциллографов К-12-22. Для исследований использовались фольговые тензометрические резисторы ЗФКПА-20-100, соединенные по полумостовой схеме, и виброизмерительные преобразователи ДП-4, ДП-1.3, МП-95. Многоканальная схема измерений позволяла производить одновременную запись 11 процессов.

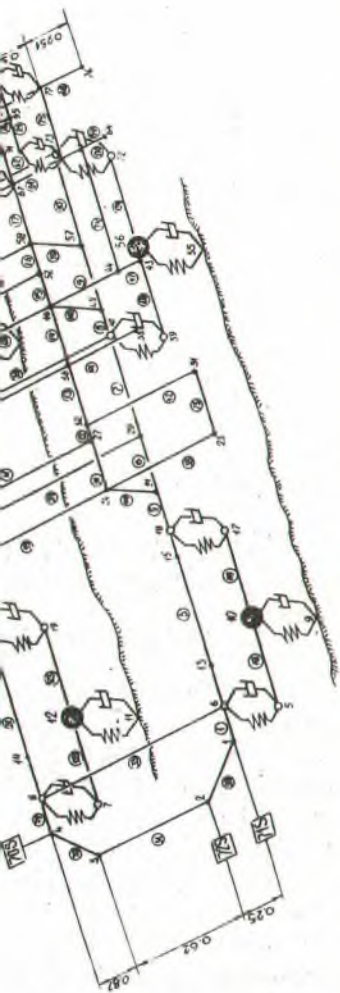


Рис. 2. Расчетная схема несущей системы лесовозного тягача.

Стратегия эффективного проведения исследований разрабатывалась на основе метода планирования эксперимента. Были составлены планы экспериментов и проведены необходимые серии опытов. На основании полученных значений функции отклика рассчитывались значения постоянных коэффициентов математических моделей экспериментов. Полученные математические модели использовались при разработке методики натурного эксперимента с учетом минимального количества опытов и наиболее рационального выбора направлений поиска.

Анализ результатов лабораторных исследований показал, что при существующем конструктивно-компоновочном решении лесовозного автопоезда в погруженном положении роспуск располагается в задней части несущей системы тягача и по отношению к заднему мосту вынесен на расстояние l, l м. Максимальные статические напряжения в несущей системе тягача при загрузке автопоезда хлыстами и с погруженным на шасси тягача роспуском отличаются по абсолютной величине незначительно, но имеют разные знаки. Нагруженность элементов несущей системы тягача неравномерна, причем наиболее нагруженными являются лонжероны рамы тягача и рамы технологического оборудования. Установка в устройство перевозки роспуска системы поддрессоривания позволяет снизить вибронгруженность тягача на переходных режимах колебаний.

Пятый раздел содержит общие результаты исследований вибронгруженности лесовозного автопоезда и напряженно-деформированного состояния несущей системы тягача при негрузовых пробегах.

На основе анализа динамических процессов рассматриваемой системы установлено, что на вибронгруженность тягача значительное влияние оказывает транспортируемый на шасси роспуск, что проявляется на различных типах дорог и во всем эксплуатационном диапазоне скоростей движения.

Определены рациональные значения жесткости и коэффициента сопротивления упруго-демпфирующих элементов системы поддрессоривания, равные соответственно 300 кН/м и 35 кН·с/м.

В результате проведенных исследований установлено, что показатели вертикальной динамики автопоезда как с серийным технологическим оборудованием, так и с системой поддрессоривания в устройстве перевозки роспуска в значительной степени зависят от скорости движения и степени ровности покрытия

дорог (рис. 3).

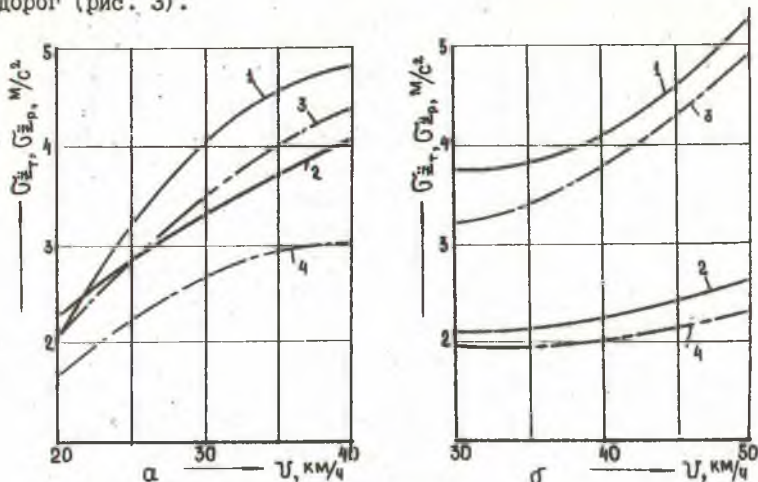


Рис. 3. Зависимости изменения среднеквадратических отклонений вертикальных ускорений в центре тяжести поддрессоренной массы тягача (1, 3) и транспортируемого роспуска (2, 4) от скорости движения на грунтовой (а) и гравийной (б) дорогах: 1, 2 - серийное устройство перевозки; 3, 4 - устройство с системой поддрессоривания.

С увеличением скорости движения на грунтовой и гравийной дорогах значения среднеквадратических отклонений вертикальных ускорений в характерных точках возрастают. При движении с одинаковыми скоростями значения исследуемых параметров на грунтовой дороге на 8-27 % выше, чем на дороге с гравийным покрытием. Уставка системы поддрессоривания в устройство перевозки роспуска позволяет снизить уровень среднеквадратических отклонений вертикальных ускорений в центре тяжести поддрессоренной массы тягача на 9-15 %, а на прицепе-роспуске на 7-11 % при движении по гравийной дороге, и на 13-19 % и 28-34 % соответственно при движении по грунтовой дороге. При этом среднеквадратические отклонения вертикальных ускорений на сиденьи водителя снизились на 9-18 %.

Колебательные процессы звеньев автопоезда оказывают существенное влияние на характер процессов динамических реакций связей. Энергетические спектры изменения нагрузки на несущую систему от роспуска ограничены частотным интервалом от 0,5 до 11 Гц, максимумы спектров соответствуют диапазону частот от 3,5 до 7 Гц. Введение системы поддрессоривания коли-

ественно и качественно изменяет характер процессов динамического нагружения. При установке упруго-демпфирующих элементов в устройство перевозки значения среднеквадратических отклонений вертикальных динамических реакций связей от передней оси роспуска уменьшаются в 1,5-1,7 раза, а от задней - в 1,7-1,9 раза. Это позволяет снизить уровень динамической нагруженности несущей системы от задней оси тягача на 10-15 %. Анализ спектральных плотностей процессов изменения динамических реакций связей показал, что происходит резкое сглаживание максимума спектра в указанном выше диапазоне частот.

Установлено, что лонжероны рамы тягача и рамы технологического оборудования по длине нагружены неодинаково. Для лонжерона рамы тягача характерно наличие трех наиболее нагруженных зон (рис. 4): место установки подвески передней оси, середина лонжерона и зона установки переднего кронштейна рессоры задней подвески. С увеличением скорости движения зафиксирован рост значений среднеквадратических отклонений динамических напряжений. Общий диапазон снижения стандартов динамических напряжений при установке системы подрессоривания в наиболее нагруженных зонах изменяется в широких пределах - от 7 до 48 %.

В целом анализ процессов динамического нагружения несущей системы лесовозного автопоезда при негрузовом пробеге позволил сделать вывод о целесообразности установки системы подрессоривания в устройство перевозки роспуска, что снижает уровень напряжений в элементах несущей системы тягача в среднем на 15-20 %.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Обобщение результатов производственной эксплуатации и исследований в области специализированного лесовозного автотранспорта, а также проведенная классификация конструктивных схем лесовозных автопоездов показали, что наиболее приемлемой является схема "полноприводной тягач - роспуск" с дышловой сцепкой звеньев и погрузкой роспуска лебедкой. Однако при этом из-за специфики компоновки роспуска на шасси и недостатков конструкций устройств перевозки в эксплуатации возникает динамические перегрузки элементов несущей системы тягача. Одним из наиболее эффективных направлений совершенствования конструкций устройств перевозки роспуска при такой

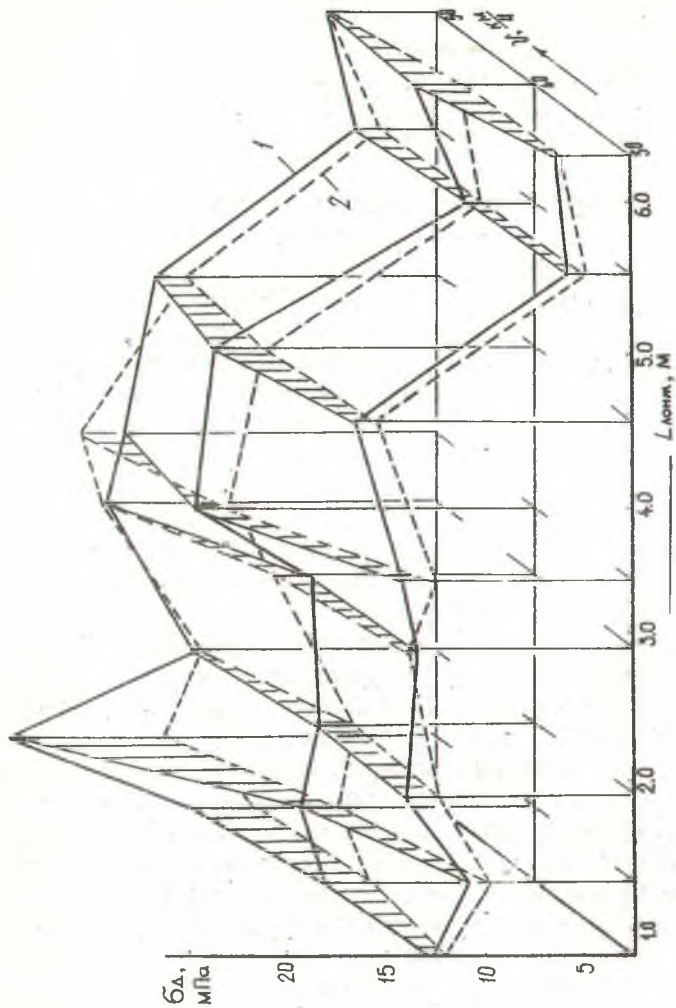


Рис. 4. Распределение стандартов динамических напряжений по длине лонжерона рамы тягача в зависимости от скорости движения (гравийная дорога = 0,035 м); 1 - тягач с серийным технологическим оборудованием; 2 - тягач с системой подрессоривания в устройстве перевозки.

схеме автопоезда является введение специальных систем поддрессирования различного типа.

2. Предложена новая конструкция устройства перевозки роспуска с упруго-демпфирующими элементами, защищенная авторским свидетельством. Установка такой конструкции на тягач позволяет повысить техническую скорость автопоезда на 3,8 %, среднесуточный пробег - на 10,9 % и сменную производительность - на 4,2 % при существенном снижении вибронегруженности.

3. Установлено, что напряжения в элементах несущей системы тягача соизмеримы как при загрузке его пакетом хлыстов, так и при погрузке роспуска для транспортировки. При расчетной статической нагрузке на коник тягача 80 кН напряжения в наиболее нагруженной зоне лонжеронов составляют 42-62 МПа, а при погрузке роспуска - 45-53 МПа. В динамике воздействие роспуска при негрузовом пробеге проявляется более существенно и совместно с воздействием от микронеровностей дорог определяет диапазон нагрузочных режимов несущей системы тягача. Максимальных значений динамические напряжения достигают на переходных режимах колебаний. Так, при переезде чередующихся единичных неровностей с параметрами $H = 0,15$ м, $L = 1,5$ м напряжения в наиболее нагруженной зоне лонжеронов тягача достигали 101,7-113,7 МПа.

4. Разработанная методика комплексной оценки вибронегруженности лесовозного автопоезда при негрузовых пробегах на основе имитационной модели системы "тягач - погруженный роспуск - дорога", учитывающая наличие упруго-демпфирующих элементов в устройствах перевозки и специфику нагружения несущей конструкции тягача от транспортируемого роспуска, позволяет на стадии проектирования производить оценку и выбор рациональных значений основных технологических параметров автопоезда с учетом широкого спектра условий эксплуатации.

Сопоставление результатов расчетных и экспериментальных исследований вибронегруженности и оценки напряженно-деформированного состояния несущих систем тягача показало их удовлетворительную сходимость, что дает основание рекомендовать разработанные методики для использования при проектировании лесовозных автопоездов.

5. Оценка влияния установки системы поддрессирования в устройство перевозки роспуска на вертикальную динамику лесовозного автопоезда.

возного автопоезда при негрузовой пробежке позволила получить качественные и количественные результаты:

при переезде единичных неровностей возникает явно выраженные переходные процессы колебаний, характер которых определяется не только воздействием неровностей, но и в значительной мере инерционностью консольно расположенной массы роспуска;

при установке в устройство перевозки роспуска системы поддрессоривания максимальные значения вертикальных ускорений в центре тяжести поддрессоренной массы тягача снижаются на 10-20 %, а на роспуске - на 27-33 %, при этом значения коэффициента динамичности уменьшились в 1,5-1,7 раза;

при установившемся движении по дорогам также характерны отдельные выбросы ускорений и напряжений, совпадающие с моментом переезда отдельных возвышений и впадин, когда влияние системы поддрессоривания является наиболее эффективным. В этом случае уровень среднеквадратических отклонений вертикальных ускорений в центре тяжести поддрессоренной массы тягача снижается на 9-15 % и на сиденьи водителя на 9-18 % на гравийной дороге. При движении по грунтовой дороге снижение уровня указанных показателей составляет 13-19 % и 6-14 % соответственно.

6. Динамическая нагруженность рамы лесовозного тягача и рамы технологического оборудования при введении в устройство перевозки роспуска системы поддрессоривания также существенно снижается как при переезде единичных неровностей, так и на установившихся режимах движения по реальным дорогам. На переходных режимах колебаний максимумы динамических напряжений в наиболее нагруженных зонах лонжерона тягача снижаются в пределах от 15 до 47 %. При движении по участкам гравийных и грунтовых дорог максимальные напряжения в раме тягача снизились на 16-35 %, а среднеквадратические отклонения напряжений - на 15-27 %. В раме технологического оборудования максимальные напряжения уменьшаются в пределах от 20 до 49 % при снижении их среднеквадратических отклонений на 22-30 %.

7. На эффективность работы систем поддрессоривания устройств перевозки роспуска наиболее значительное влияние оказывают параметры жесткости и демпфирующего сопротивления упругих элементов. Так, при изменении $C_{19,29}$ с 3300 до 300 кН/м G_{17} снижаются на 24 %, а G_{18} - на 12 % (гравийная дорога,

$G_n = 0,035 \text{ м, } U = 30 \text{ км/ч}$).

8. Наиболее эффективна установка устройства перевозке роспуска с системой поддрессоривания, обеспечивающей опирание роспуска передней и задней осями балансирной тележки. При этом рациональные значения параметров упруго-демпфирующих элементов равны $C_{ч,зв} = 300 \text{ кН/м}$ и $k_{ч,зв} = 35 \text{ кН·с/м}$.

9. Годовой фактический экономический эффект от внедрения одного опытного образца лесовозного автопоезда с усовершенствованным устройством перевозке роспуска составил 1254 руб.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Жуков А.В., Янушко В.В., Папко Б.А. Особенности динамики лесовозного автопоезда в системе "лесовозный тягач - погруженный прицеп-роспуск" // Механизация лесоразработок и транспорт леса. - Минск, 1984. - С. 91-96.

2. Янушко В.В. Повышение эффективности использования лесовозных тягачей при негрузовом пробеге // Тез. докл. областной научно-техн. конф. - Гомель, 1984. - С. 34-35.

3. Жуков А.В., Янушко В.В., Папко Б.А. Оценка динамических показателей лесовозного автопоезда с системой вторичного поддрессоривания перевозимого на шасси тягача роспуска // Механизация лесоразработок и транспорт леса. - Минск, 1985. - С. 87-92.

4. Жуков А.В., Янушко В.В. Оценка эффективности применения системы поддрессоривания прицепа-роспуска при перевозке его на шасси тягача // Изв. вузов. Лесн. журн. - 1986. - № 4. - С. 30-34.

5. Янушко В.В., Мохов С.П., Смеян А.И. Оценка нагруженности несущих систем лесовозных тягачей при негрузовом пробеге // Тез. докл. регион. научно-техн. конф. - Горький, 1988. - С. 8.

6. Жуков А.В., Янушко В.В., Гороновский А.Р. Оценка нагруженности несущей системы лесовозного тягача, оборудованного устройством поддрессоривания перевозимого роспуска // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - Минск, 1990. - С. 3-7.

7. Жуков А.В., Гороновский А.Р., Мохов С.П., Янушко В.В. и др. Прогнозирование ресурса несущих конструкций транспортных средств // Обзорная информация. - Минск, 1990. - 40 с.

8. Жуков А.В., Янушко В.В. Статистическая оценка вибро-

нагруженности несущей системы лесовозного тягача при негрузовом пробеге // Изв. вузов. Лесн. журн. - 1991. - № 4. - С. 28-31.

9. А.с. 1133142 (СССР). Устройство для перевозки прицепа-ропуска на шасси тягача / Жуков А.В., Янушко В.В., Папко В.А. и др. - Опубл. 07.01.85; Бюл. № 1.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13а, ВТИ, Ученый совет.