

630*3

С 50

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

СМЕЯН Антон Иванович

630*375(043.3)

**Исследование процесса вывозки леса
автопоездом с различными типами
подвески прицепов-ропусков**

Специальность 05.21.01. Технология и механизация
лесного хозяйства и лесозаготовок

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1980

Работа выполнена на кафедре тяговых машин Белорусского технологического института им. С. М. Кирова

Научные руководители: профессор **Тихонов А. Ф.**, доктор технических наук **Жуков А. В.**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор — **Леонович И. И.**,

кандидат технических наук — **Провоторов Ю. И.**

Ведущее предприятие — Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности БССР

Защита состоится « *1* *сентября* » 1980 года в *10* час. на заседании специализированного совета К 056.01.01. Белорусского технологического института им. С. М. Кирова по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « *30* *августа* » 1980 г.

Ученый секретарь специализированного совета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И. Э. РИХТЕР

Общая характеристика работы.

Актуальность темы. Лесозаготовительная промышленность занимает важное место в экономике нашей страны. В соответствии с решениями XXV съезда КПСС возрастает роль эффективного использования машин на вывозке древесины. Ускорение технического прогресса в лесозаготовительном производстве зависит от совершенства конструкции, производительности, скорости и других показателей эксплуатационных свойств машин.

Рациональный выбор параметров подвижного состава в значительной степени оказывает влияние на безопасность движения и эффективность его использования. Выбираемые параметры должны обеспечивать наилучшие технико-эксплуатационные показатели при выполнении транспортных работ. При этом решаются задачи наиболее правильного планирования перевозок, потребности автопоездов и перспективности новых видов транспортных средств.

В связи с этим исследованы технико-эксплуатационные показатели процесса вывозки леса автопоездами с различными типами прицепов-ропусков (ПР) на основе сравнения основных критериев эффективности и математических моделей, имитирующих взаимодействие исследуемых систем с неровностями дороги, является задачей актуальной, имеющей практическое значение.

Цель исследования. Цель настоящей работы состояла в количественной оценке влияния типа подвески ПР на технико-эксплуатационные показатели лесовозного автопоезда в процессе вывозки леса, долговечность и вертикальную динамическую нагруженность ПР и дороги.

Объект исследований. Объектами исследований являлись лесовозные автопоезда в составе тягача МАЗ-509А и ПР с жестко-балансирной, рессорно-балансирной и четырехрессорно-балансирной подвесками.

Методика исследований. Изучение технико-эксплуатационных показателей и эффективности лесовозных автопоездов с различными типами подвески ПР основывалось на их сравнении и моделировании процесса взаимодействия исследуемых систем с неровностями дороги. Предпосылкой создания математических моделей для ПР и лесовозного автопоезда явились методические разработки кафедр тяговых машин БТИ им. С. М. Кирова и Минского автомобильного

завода.

Конкретные исследования выполнялись с использованием методов математической статистики, детерминистических методов анализа, эксперимента. При определении основных технико-эксплуатационных и экономических показателей процесса вывозки леса использовались данные опытно-промышленной проверки экспериментальных образцов ПР. Расчетные исследования выполнялись с применением ЭЦВМ "Мир-1", "Мир-2", "М-220", "З-1022".

Научная новизна. Диссертационную работу следует рассматривать как частную задачу в изучении технико-эксплуатационных свойств и показателей процесса движения специальных лесотранспортных машин.

Для лесовозных автопоездов с различными типами подвески ПР впервые определены основные технико-эксплуатационные показатели процесса вывозки леса, а также показатели их вертикальной динамической нагруженности и долговечности.

Практическая ценность работы заключается в том, что при использовании ее результатов повышается производительность лесовозных автопоездов на вывозке леса, а также снижается себестоимость перевозок. Результаты исследований могут быть использованы на лесозаготовительных предприятиях и в лесном хозяйстве, а также при проектировании перспективных лесовозных автопоездов.

Реализация результатов работы. Результаты исследования реализованы на лесозаготовительных предприятиях и предприятиях лесного хозяйства БССР. В частности, изготовленные на кафедре тяговых машин БТИ им. С. М. Кирова опытные образцы поддресоренных ПР использовались на вывозке леса в Бобруйском ОЛХ и Бобруйском опытном лесхозе. Разработанные математические модели использовались при проектировании перспективных лесовозных автопоездов на Минском автозаводе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на конференции "Основные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по выбору рациональных параметров и эксплуатационных качеств автомобильной техники" (МАЗ, Минск, 1978), республиканской конференции "Современные проблемы сухопутного транспорта леса" (Минск, 1977), а также на ежегодных конференциях по итогам научно-ис-

следовательских работ БТИ им.С.М.Кирова (1975-1977).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в открытой печати в десяти печатных работах общим объемом 3,4 п.л.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций. Она изложена на 189 страницах машинописного текста, содержит 22 таблицы, 79 рисунков, 101 наименование литературных источников и приложения.

Содержание работы

В первой главе приведен анализ литературных источников по критериям оценки эксплуатационных свойств, технико-экономических показателей и динамики автопоездов.

Оценка совершенства конструкции систем по ее эксплуатационным качествам, критериям эффективности нашла отражение в исследованиях Е.А.Чудакова, Д.П.Велигана, Н.Я.Гокорущенко, С.А.Лаптева, Н.А.Бухарина, В.С.Прозорова, М.М.Шукина, Б.В.Гольда, М.М.Севериева, Л.Л.Афанасьева и др.

Критерии оценки производственной эксплуатации лесовозных автопоездов отражены в исследованиях В.А.Горбачевского, В.Б.Прохорова, И.Н.Бабушкина, И.И.Леоневича, А.В.Сергева и других авторов.

В основе важнейших положений теории автопоездов лежат разнообразные и сложные динамические явления и колебательные процессы, которые оказывают влияние на ряд наиболее важных их эксплуатационных свойств (скорость движения, плавность хода, долговечность и др.).

Наиболее полно вопросы теории колебаний, плавности хода автотранспортных средств нашли отражения в фундаментальных исследованиях Е.А.Чудакова, Р.В.Ротенберга, Я.М.Певзнера, И.Г.Нархиловского, А.А.Силаева, Н.Н.Яценко, Р.И.Дружинина, В.М.Семеновы а также зарубежных авторов (Д.Р.Эддиса, М.Мичке, Г.Мэнли). Основными работами в области теории колебаний лесовозного подвижного состава являются исследования С.Ф.Орлова, Б.Г.Гастева, В.И.Нельникова, В.Д.Силукова, Н.А.Гайдара, И.И.Лесовича, А.В.Куква, Н.И.Библика, Б.В.Билыка, Е.И.Лаха, Э.С.Цофина и др.

Анализ показал, что в литературных источниках недостаточных данных о влиянии типа подвески ПР лесовозного автопоезда на технико-эксплуатационные показатели процесса вывозки леса и ее нагруженность при его взаимодействии с неровностями дороги.

В связи с этим в работе поставлены и решены следующие задачи:

- исследовать процесс вывозки леса и произвести оценку влияния типа подвески ПР на эффективность использования и основные технико-эксплуатационные показатели лесовозного автопоезда;

- произвести измерения микропрофиль наиболее характерных автомобильных лесовозных дорог, эксплуатируемых в процессе вывозки леса в условиях БССР, и получить их статистические характеристики;

- разработать, изготовить и произвести производственные испытания ПР с различными вариантами подвески и определить их весовые, геометрические параметры, а также параметры и характеристики других элементов;

- теоретически и экспериментально обосновать и выбрать наиболее рациональный тип подвески ПР с учетом улучшения технико-эксплуатационных показателей и эффективности использования лесовозных автопоездов в процессе вывозки леса, а также влияния их динамической нагруженности и увеличения долговечности;

- разработать практические рекомендации по повышению технико-эксплуатационных показателей процесса вывозки и улучшению конструктивных параметров ПР.

Вторая глава посвящена исследованию влияния типа подвески ПР на показатели эффективности использования лесовозного автопоезда. Эффективность использования лесовозных автопоездов оценивалась величиной технической скорости движения, среднегодовой производительностью и наиболее общим показателем — приведенными затратами на перевозки, представляющими собой сумму эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к единой размерности с помощью коэффициента эффективности.

Для подсчета критериев эффективности были использованы данные, полученные при анализе работы лесовозного автотранспорта по Нивлеспрому БССР и Бобруйскому ОЛПХ.

В Бобруйском ОЛПХ проходили производственные испытания разработанных и созданных на кафедре тяговых машин БТИ им.С.М.Кирова ПР с рессорно-балансирной подвеской. Обработка данных испытаний позволила сравнить показатели эффективности работы ле-

лесовозных автопоездов МАЗ-509А с поддрессоренным роспуском и МАЗ-509А с жестко-балансирной подвеской ПР (ТМЗ-803).

Т а б л и ц а I

Основные данные по производственным испытаниям опытного образца поддрессоренного ПР в Бобруйском ОЛХ

Показатели	Сравнимые варианты	
	Автопоезд МАЗ-509А+ТМЗ-803	Автопоезд с поддрессоренным ПР
Пробег автопоезда, км:		
общий	3615	3737
с грузом	1800	1987
без груза	1710	1965
Среднесуточный пробег, км	95,14	108,20
Время в движении, ч	7,50	7,50
Среднее расстояние вывозки, км	42,2	42,2
Техническая скорость движения, км/ч	16,10	17,70

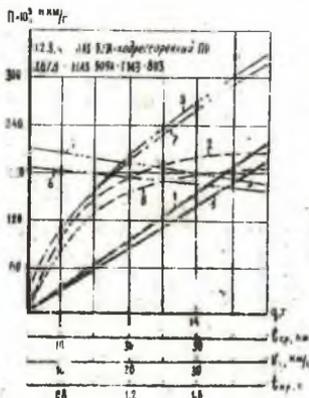


Рис. 1. Зависимость среднегодовой производительности лесовозного автопоезда от грузоподъемности, среднего расстояния вывозки, технической скорости движения и времени простоя под погрузкой-разгрузкой:

1, 5 - Q ; 2, 6 - V_r ; 3, 7 - $V_{ср}$; 4, 8 - $t_{пр}$

Полученные данные явились исходными для исследования влияния параметров и режимов работы автопоезда на эффективность его использования. Исследования проводились на основе математических моделей среднегодовой производительности и приведенных затрат на перевозку груза, результаты которых приведены на рис. 1 и 2. Исследования показали, что повышение грузоподъемности и

топоезда пропорционально увеличивает среднегодовую производительность и снижает приведенные затраты на перевозки. При увеличении среднего расстояния вывозки до $l_{cp} = 30$ км среднегодовая производительность интенсивно возрастает. Дальнейшее увеличение l_{cp} не приводит к заметному возрастанию его производительности.

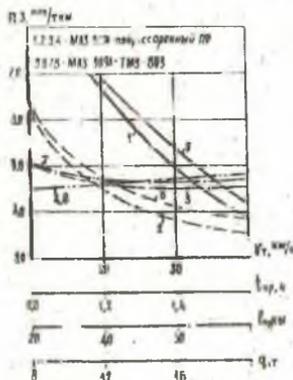


Рис. 2. Зависимость приведенных затрат на перевозки от грузоподъемности, среднего расстояния вывозки, времени простоя под погрузкой-разгрузкой, технической скорости движения: 1, 5 - q ; 2, 6 - V_t ; 3, 7 - l_{cp} ; 4, 8 - $t_{пр}$.

по сравнению с автопоездом МАЗ - 509+ТМЗ-803.

В третьей главе приведены результаты исследований микропрофиля автомобильных лесовозных дорог БССР. Было обследовано более пятидесяти участков дорог с различными типами покрытий.

Среднеквадратичные значения высот неровностей (σ_n), наиболее характерных восьми участков дорог, приведены в табл. 2.

Проведенный анализ показал, что корреляционные функции микропрофиля характеризуются резким спадом и отличаются друг

Как видно из рис. 2 (кривые 3, 7), увеличение среднего расстояния вывозки до 30-35 км снижает величину приведенных затрат на перевозки. Исследования показали, что рациональным следует считать значение l_{cp} до 30 км. При таком расстоянии вывозки и технической скорости движения $V_t = 18$ км/ч автопоезда с рессорно-балансирной подвеской ПР будет обеспечено два рейса в смену и наибольшая эффективность его использования.

Проведенный сравнительный анализ показал, что у лесовозного автопоезда с рессорно-балансирной подвеской ПР техническая скорость движения возросла на 11%, среднегодовая производительность на 10%, себестоимость перевозок, а вместе с тем и приведенные затраты снизились на 4%

Т а б л и ц а 2

Номера участков	1	2	3	4	5	6	7	8
σ_n , см	0,7	0,92	1,37	2,51	2,59	2,68	3,64	3,67

от друга интенсивность убывания и аппроксимируются в большинстве случаев зависимостью

$$\rho = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta \tau, \quad (1)$$

где τ , α и β - соответственно время и коэффициенты корреляционной связи.

Характер спектральных плотностей указывает на широкий диапазон опасных частот воздействия $\omega = (2+20)$ 1/с. Полученные данные по микропрофилю автомобильных дорог использовались при проведении теоретических исследований вертикальной динамической нагруженности автопоезда, определении показателей плавности хода, долговечности и нагруженности дороги.

Четвертая глава посвящена теоретическим исследованиям процесса движения и показателей динамического взаимодействия лесовозного автопоезда с неровностями дороги. Для этого разработан комплекс математических моделей ПР с жестко-балансирной, рессорно-балансирной и четырехрессорной балансирной подвесками.

На рис. 3 а, б приведены расчетные схемы соответственно ПР с рессорно-балансирной и четырехрессорной подвесками. Данные динамические системы имеют три степени свободы, характеризующиеся перемещениями ξ_1 и ξ_2 неподрессоренных m_1 и m_2 в подрессоренной Z масс M_n ПР.

С использованием уравнения Лагранжа были получены следующие математические модели:

- для ПР с рессорно-балансирной подвеской

$$\ddot{z}_1 + 2k_1 \dot{z}_1 + 2\omega_1^2 z_1 + 2k_2 \dot{\xi}_1 + 2k_3 \dot{\xi}_2 - \omega_1^2 \xi_1 - \omega_2^2 \xi_2 = 0;$$

$$\begin{aligned} \ddot{\xi}_1 + 2k_2 \dot{\xi}_1 + \omega_1^2 \xi_1 + 2k_3 \dot{\xi}_2 - 2k_3 \dot{z}_1 + \frac{1}{2} \omega_3^2 \xi_2 - \omega_1^2 z_1 = \\ = 2\omega_1^2 r_1(t) + 2k_3 q_1(t); \end{aligned}$$

$$\ddot{\xi}_2 + 2k_5 \dot{\xi}_2 + \omega_5^2 \xi_2 + 2k_6 \dot{\xi}_1 + 2k_8 \dot{z}_1 + \frac{1}{2} \omega_8^2 \xi_1 - \omega_8^2 z_1 = 2\omega_7^2 q_2(t) + 2k_7 \dot{q}_2(t); \quad (2)$$

-для ПР с четырехрессорной балансирной подвеской

$$\begin{aligned} \ddot{z}_1 + 2k_1 \dot{z}_1 + \omega_1^2 z_1 - k_1(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_2) - \frac{1}{2} \omega_1^2(\xi_1 + \xi_2) &= 0; \\ (\ddot{\xi}_1 + \ddot{\xi}_2) + 2k_2(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_2) + \omega_2^2(\xi_1 + \xi_2) - 2k_3 \dot{z}_1 - \omega_3^2 z_1 &= \\ = \omega_4^2 q_1(t) + \omega_6^2 q_2(t) + 2k_4 \dot{q}_1(t) + 2k_5 \dot{q}_2(t); \\ (\ddot{\xi}_1 + \ddot{\xi}_2) + 2k_8(\dot{\xi}_1 + \dot{\xi}_2) + \omega_8^2(\xi_1 + \xi_2) - 2k_7 \dot{z}_1 - \omega_7^2 z_1 &= \\ = \omega_9^2 q_1(t) + \omega_9^2 q_2(t) + 2k_8 \dot{q}_1(t) + 2k_9 \dot{q}_2(t), \end{aligned} \quad (3)$$

где k_1, k_2, \dots, k_9 - приведенные коэффициенты неупругого сопротивления подвески; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_9$ - собственные частоты колебаний поддресоренных и неподдресоренных масс на рессорах и минах; q_i - функция воздействия (i - порядковый номер оси).

Решение полученных уравнений (2) и (3) позволило проанализировать динамические процессы на различных режимах движения и определить влияние на них параметров системы. Проведенный теоретический сравнительный анализ ПР с различными типами подвески показал, что поддресоривание ПР снижает максимальную величину вертикальных ускорений рамы роспуска в 2+2,5 раза. Аналитически доказано, что действительные прогибы рессор и динамические нагрузки на колеса в случае наезда на неровность по предлагаемой схеме четырехрессорной подвески ПР распределяются равномерно.

В связи с тем, что у ПР с рессорно-балансирной подвеской снижается динамическая нагруженность его элементов по сравнению с жестко-балансирной, отдельно исследовался лесовозный автопоезд в составе двухосного тягача с поддресоренным ПР. При этом были получены значения вертикальных ускорений автопоезда при различных скоростях движения и жесткостях подвески ПР, что предопределило возможность выбора наиболее рациональной вели-

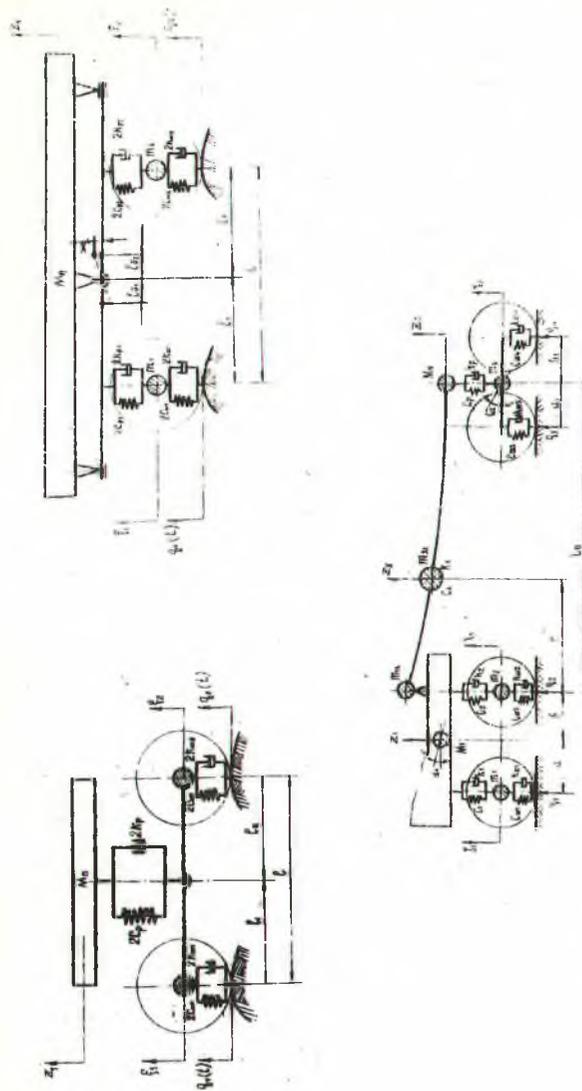


Рис. 3. Расчетные схемы прицепов-роспусков с рессорно-балансирами (а), четырехрессорной (б) подвесками и лесовозного автопоезда (в)

ны жесткости. Полученные результаты были использованы при определении технико-эксплуатационных показателей работы автопоездов.

Выбор расчетной модели лесовозного автопоезда (рис. 3 в) базировался на методике, разработанной совместно кафедрой тяговых машин БТИ им. С.М. Кирова и Минским автомобильным заводом. Модель учитывает наличие поддрессоренных и неподдрессоренных масс системы, упругую податливость подвески, шин и пачки хлыстов.

При рассмотрении плоской модели выделяются восемь степеней свободы, которые характеризуются следующим: обобщенными координатами: $\xi_1, \xi_2, \xi_3, z_1, z_2, z_3, \theta_1, \theta_2$.

Решение полученных дифференциальных уравнений позволило исследовать влияние скорости движения, жесткости подвески ПР на величину динамической нагруженности лесовозного автопоезда. Основные результаты приведены в гл. 6.

В пятой главе изложена методика экспериментальных исследований лесовозных автопоездов и методика обработки сырых осциллограмм. При проведении лабораторных испытаний определены весовые и компоновочные параметры, а также параметры их свободных колебаний.

Дорожные испытания проводились на опытных участках дорог с полной нагрузкой и в случае переезда искусственных неровностей. В процессе эксперимента вертикальные ускорения характерных точек автопоезда фиксировались с помощью акселерометров АДП-4 и МП-66. Исследуемые процессы записывались на два заблокированных осциллографа К-12-22.

В шестой главе приведен общий анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, произведена оценка влияния типа подвески ПР на некоторые технико-эксплуатационные показатели работы лесовозного автопоезда.

На основе разработанной математической модели исследовался колебательный процесс лесовозного автопоезда в составе двухосного тягача и ПР с рессорно-балансирной подвеской. При этом варьировались скорости движения и значения жесткости подвески ПР C_p . Как показали исследования, при увеличении скорости движения автопоезда среднеквадратичные вертикальные ускорения поддрессоренной массы тягача σ_{z_1} и ПР σ_{z_2} увеличиваются примерно в 2-2,5 раза. При этом следует отметить, что значения σ_{z_2} во всем диапазоне скоростей в 1,25-1,5 раза выше, чем σ_{z_1} . Более нагру-

женными являются неподрессоренные массы тягача и ПР.

Теоретические исследования, проведенные с помощью ЭЦВМ, позволили проанализировать влияние параметров подвески ПР на основные показатели вертикальной динамической нагруженности лесовозного автопоезда. На рис. 4 приведен график зависимости среднеквадратичных вертикальных ускорений автопоезда от жесткости подвески ПР C_p при $V = 30$ км/ч.

Как видно из рис. 4, наибольшее влияние величина C_p оказывает на значения вертикальных ускорений поддрессоренной массы ПР σ_{z_2} (кривая 3). Анализ полученных данных показал, что введение подвеску ПР упругого элемента снижает вертикальные ускорения его масс. Кроме того, характер изменения среднеквадратичных ускорений поддрессоренной массы ПР идентичен поддрессоренной массе тягача. Рациональная жесткость подвески ПР находится в пределах (8-10) кН/к.

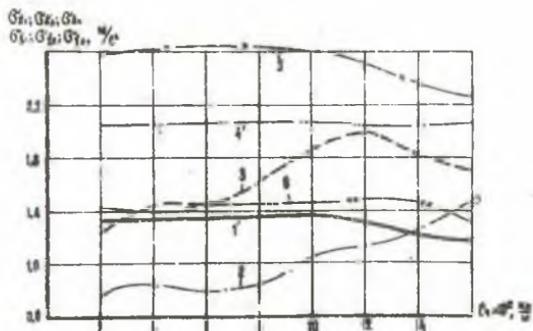


Рис. 4. График зависимостей среднеквадратичных значений вертикальных ускорений автопоезда от жесткости подвески ПР C_p ($V = 30$ км/ч): 1- σ_{z_1} ; 2- σ_{z_3} ; 3- σ_{z_2} ; 4- σ_{z_4} ; 5- σ_{z_5} ; 6- σ_{z_6} .

Проведенные экспериментальные исследования позволили получить статистические показатели вертикальных колебаний лесовозных автопоездов с различными типами подвески ПР при движении по гравийному участку дороги. Основные результаты приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Сводные данные по статистическим показателям вертикальных колебаний автопоезда

Варианты автопоездов	V, км/ч	Параметры колебательного процесса					
		$\sigma_{z_2}^2$, м/с ²	z_{2max} , м/с ²	$\sigma_{z_1}^2$, м/с ²	z_{1max} , м/с ²	$\sigma_{z_3}^2$, м/с ²	ξ_{3max} , м/с ²
I	2	3	4	5	6	7	8
МАЗ-509+ТМЗ-803	20	4,20	12,35	1,30	9,26	7,29	22,35
	30	5,90	14,62	1,42	5,70	10,28	25,60
	40	10,18	16,84	1,56	8,59	20,98	29,84
МАЗ-509+ПР с рессорно-балансирной подвеской	15	1,65	8,03	0,89	9,26	3,46	15,80
	20	3,03	9,26	1,67	10,26	4,93	18,44
	30	4,96	16,38	2,31	9,84	8,51	20,97
МАЗ-509+ПР с четырехрессорной подвеской	15	2,68	11,98	1,28	6,35	2,79	10,45
	20	3,54	11,86	1,75	8,40	4,36	20,75
	30	3,24	10,90	2,59	10,20	5,14	15,81

Как видно из таблицы, наибольшие среднеквадратичные значения σ_{z_2} вертикальных ускорений имеют место на передней оси ПР и при $V = 40$ км/ч достигают $20,98$ м/с².

На подрессоренные массы тягача тип подвески ПР существенного влияния не оказывает и, как видно из табл. 3, значения σ_{z_2} для сравниваемых вариантов ПР отличаются незначительно.

Среднеквадратичные значения вертикальных ускорений рамы ПР σ_{z_2} у автопоезда с жестко-балансирной подвеской ПР значительно превышают значения σ_{z_2} для сравниваемых вариантов. Так, при $V = 20$ км/ч значения σ_{z_2} у роспуска с рессорно-балансирной подвеской ниже на 30%, чем у автопоезда с жестко-балансирной подвеской ПР.

Анализ максимальных значений и спектральных плотностей исследуемых параметров подтверждает целесообразность подрессоривания ПР.

Для лесовозных автопоездов характерным является ограничение скорости движения из-за чрезмерной интенсивности колебаний. Как показали расчетные исследования, критическая скорость движения у автопоезда с рессорно-балансирной подвеской ПР на 15% выше, чем у МАЗ-509А+ТМЗ-803.

Подрессоривание ПР снижает величину вертикальных давлений на дорожное покрытие. На рис. 5 приведены зависимости средние - квадратичных и максимальных значений вертикальных давлений на дорожное покрытие при различных скоростях движения для лесовозных автопоездов с жестко-балансирным ПР (кривые 1,3) и рессорно-балансирным ролпуском (кривые 2,4). Увеличение скорости движения автопоезда приводит к увеличению величин давлений на дорогу Q_q и Q_{max} . Однако по абсолютному значению у автопоезда с рессорно-балансирной подвеской они ниже, чем с жестко-балансирным ролпуском. Так, например, при $V = 15$ км/ч значения вертикальных давлений у жестко-балансирного ролпуска на 22% выше, чем у рессорно-балансирного, а при $V = 30$ км/ч эта разница достигает 35%.

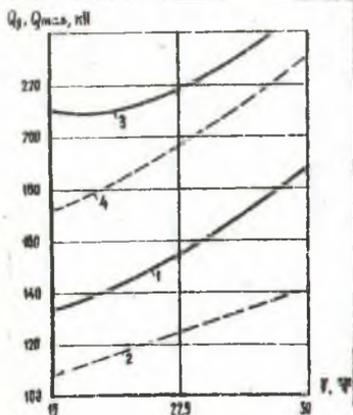


Рис. 5. Зависимость средне-квадратичных (кривые 1,2) и максимальных (кривые 3,4) значений вертикальных давлений колес ПР на дорогу от скорости движения: 1,3 - жестко-балансирная подвеска; 2,4 - рессорно-балансирная

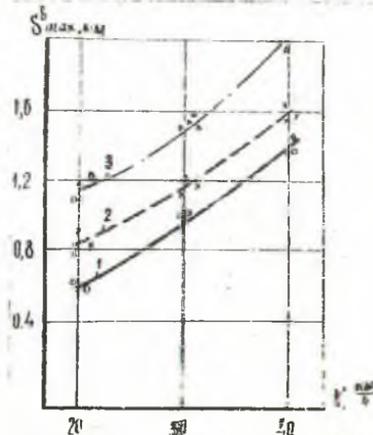


Рис. 6. Зависимость максимальной амплитуды перемещений от скорости движения лесовозных автопоездов: 1 - автопоезд МАЗ-509А+четыре рессоры ПР; 2 - автопоезд МАЗ-509А+рессорно-балансирный ПР; 3 - автопоезд МАЗ-509А+ТМЗ-803

Экспериментальным путем произведена оценка влияния типа подвески ПР на колебания дорожного покрытия (рис.6). Из сравнения кривых 2 и 3 видно, что амплитуды перемещений, вызываемых автопоездом в составе МАЗ-509+ТМЗ-803 для рассматриваемых скоростей движения, по абсолютному значению больше амплитуд перемещений, вызываемых автопоездами в составе МАЗ-509А+рессорно-балансирный и МАЗ-509+четырёхрессорный ПР. Так, при $V = 30$ км/ч для МАЗ-509+рессорно-балансирный роспуск S_{\max} на 37% меньше, чем для МАЗ-509+ТМЗ-803 и на 9% больше, чем для МАЗ-509А+четырёхрессорный роспуск.

Интенсивность и величина вертикальных ускорений элементов автопоезда влияют на долговечность его узлов и деталей.

Как показали исследования, коэффициент запаса долговечности осей ПР с рессорно-балансирной подвеской в 1,5-1,7 раза выше, чем у автопоезда с жестко-балансирной подвеской ПР.

Точность разработанных расчетных методик оценивалась сравнением экспериментальных и теоретических данных по максимальным и среднеквадратичным значениям исследуемых процессов. Кроме того, производилось сравнение спектральных плотностей по двум реализациям, полученным расчетным и экспериментальным путем, и проверялась их эквивалентность. Необходимое условие их эквивалентности при уровне значимости $\alpha = 0,05$ соблюдалась.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Проведенные исследования и опытно-промышленная проверка подрессоренного ПР в Губриуском опытном леспромхозе позволили получить данные для определения наиболее характерных технико-эксплуатационных показателей, критерия эффективности использования автопоездов на вывозке леса. Установлено, что на величину, и характер изменения этих параметров влияет тип подвески ПР, а также показатели процесса его взаимодействия с микронеровностями дорог.

2. Качество подрессоривания ПР оказывает влияние на величину технической скорости движения лесовозного автопоезда с рессорно-балансирной подвеской ПР. Техническая скорость движения возросла на 11% по сравнению с автопоездом МАЗ-509А+ТМЗ-803. При этом увеличилась среднегодовая производительность и пробег лесовоза.

возного автопоезда с поддресоренным ПР в среднем на 3%.

3. Проведенная по обобщенному критерию оценка эффективности использования лесовозных автопоездов позволила установить, что применение поддресоренного ПР снижает себестоимость транспортной работы, а вместе с тем и приведенные затраты в среднем на 4-5%.

4. Проведенные на основе разработанных математических моделей исследования позволили установить, что на величину динамической нагруженности ПР влияет скорость движения, характеристики воздействия на систему, а также тип подвески ПР. Введение в подвеску ПР упругого элемента снижает величину максимальных вертикальных ускорений рамы прицепа в 2-2,5 раза. Рациональные значения жесткости подвески ПР находятся в пределах $C_p = (8-10) \times 10^2$ кН/м.

5. Проведенные экспериментальные исследования показали что:

а) наибольшие среднеквадратичные и максимальные значения вертикальных ускорений на осях распуска $\sigma_{\ddot{x}_3}$ имеют место у ПР с жестко-балансирной подвеской. Так, если при $V = 30$ км/ч у ПР с жестко-балансирной подвеской $\sigma_{\ddot{x}_3} = 10,28$ м/с², то у ПР с четырехрессорной и рессорно-балансирной значения $\sigma_{\ddot{x}_3}$ соответственно равны 4,36 м/с² и 4,93 м/с²;

б) среднеквадратичные значения вертикальных ускорения рамы ПР $\sigma_{\ddot{x}_2}$ с жестко-балансирной подвеской значительно превышает значения $\sigma_{\ddot{x}_2}$ двух других вариантов. У ПР с рессорно-балансирной и четырехрессорной подвесками значения $\sigma_{\ddot{x}_2}$ на 20 и соответственно 30% ниже;

в) анализ спектральных плотностей подтверждает вывод о целесообразности поддресоривания ПР. Диапазон частот проявления максимумов спектральных плотностей элементов автопоездов при расчетываемых условиях движения составляет 13+50 1/с;

6. Проведены расчетные и экспериментальные исследования по определению влияния типов подвески ПР на плавность хода, долговечность, динамическое давление на дорогу и колебания дорожное покрытие:

а) у лесовозного автопоезда с рессорно-балансирной подвеской ПР критическая скорость составляет 31 км/ч, что на 11% выше в сравнении с автопоездом МАЗ-509А+ТМЗ-803;

б) поддресоривание ПР снижает величину динамического давления автопоезда на дорожное покрытие. Так, при $V = 15$ км/ч средне-

квадратичная величина вертикальных давлений у автопоезда с жестко-балансирной подвеской ПР на 22% выше, чем у автопоезда с рессорно-балансирной, а при $V = 30$ км/ч эта разница достигает 35%. Это подтверждается и анализом максимальных значений давлений на дорожное покрытие;

в) амплитуды перемещений дорожного покрытия, вызываемые автопоездом МАЗ-509+ТМЗ-803 при $V = 30$ км/ч, по абсолютному значению на 37% больше амплитуд перемещений, вызываемых автопоездом с рессорно-балансирной подвеской ПР ;

г) коэффициент запаса долговечности осей ПР с рессорно-балансирной подвеской в 1,5 - 1,6 раз выше, чем у ПР с жестко-балансирной подвеской.

7. Годовой экономический эффект от внедрения ПР с рессорно-балансирной подвеской по сравнению с МАЗ-509А-ТМЗ-803 составляет 972 руб на один автопоезд.

Основное содержание диссертации изложено в следующих опубликованных работах:

1. А. В. Луков, А. И. Смеян. Исследование поперечной устойчивости лесовозных автопоездов. Тезисы доклада на научно-технической конференции, Минск, 1971.

2. А. В. Луков, А. И. Смеян, Л. И. Кадошко. Исследование и выбор оптимальных параметров поперечной устойчивости прицепных авто-транспортных средств. "Автомобильная промышленность", № 1, 1972.

3. А. И. Смеян и др. Экспериментальное исследование ударных нагрузок при падении деревьев. "Лесной журнал", № 3, 1975.

4. А. И. Смеян и др. Исследование влияния микрорельефа дорог и параметров лесовозного автопоезда на его устойчивость против боковых заносов. Сб.: "Механизация лесозаготовки и транспорт леса", вып. 6, 1976.

5. А. И. Смеян и др. Расчет курсовой устойчивости прицепа с учетом качества поддресоривания и микрорельефа дорог. Экспресс-информация, Конструкторская автомобильная, № 8, 1976.

6. А. И. Смеян и др. Исследование влияния качества поддресоривания двупосных прицепов на устойчивость и управляемость большегрузного автопоезда. Тезисы к докладу "Основные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по выбору рациональных параметров и эксплуатационных качеств автомобильной техники". Мир, МАЗ, 1976.

7. К. Б. А. Ямочич, А. В. Луков, А. И. Смеян. Исследование степени

ровности автомобильных дорог. Современные проблемы транспорта леса. Минск, "Высшая школа", 1977.

8. А. И. Смеян и др. Колебания автопоезда с четырехрессорной балансирной подвеской полуприцепа. Экспресс-информация "Конструкция автомобилей", №10, 1977.

9. А. И. Смеян, А. В. Луков, А. Ф. Тихонов. Экспериментальная оценка влияния качества поддрессирования двухосных прицепов-ропусков на вертикальную динамику лесовозного автопоезда. Сб.: "Механизация лесоразработок и транспорт леса", вып. 8, "Высшая школа", 1978.

10. А. И. Смеян и др. Экспериментальные исследования влияния конструкции подвески ПР на плавность хода лесовозных автопоездов МАЗ. "Лесной журнал", № 3, 1980.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями направлять по адресу: г. Минск, ул. Свердлова 13-а, БТИ им. С. М. Дирова, Ученый совет.

Антон Иванович Смян

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫВОЗКИ ЛЕСА АВТОПЕЗДОМ
С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОДВЕСКИ ПРИЦЕПОВ-ОСПУСКОВ

Подписано в печать 18.08.80. АТ 08153. Формат 60x84 1/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Уч. изд. л. 1,1. Тираж 100 экз.

Заказ 673 . Бесплатно.

Отпечатано на ротационной БТИ им.С.М.Кирова.

2_0630, Минск, Свердлова 13.