

Сравнивая расчетные и экспериментальные данные и характер их изменения (рис. 1 и 3), видим, что расчетные значения не превышают $0,5 \text{ м/с}^2$; как правило, они одного порядка с опытными. Однако расчетом не установлено резкого увеличения ускорений в зоне стыков. Видимо, это объясняется тем, что расчетом не учитывается неоднородность основания пути. В целом сравнение расчетных и экспериментальных материалов показывает удовлетворительную сходимость.

Выводы

Материалы теоретических и экспериментальных исследований воздействия тепловоза ТУ4 на временные пути УЖД свидетельствуют, что скорость движения экипажа является определяющим фактором его силового воздействия на путь. В то же время на резко выраженных неровностях, например в стыках, повышенное силовое воздействие имеет место и при малых скоростях, незначительно возрастая с их повышением. Следовательно, неровности пути даже при малых скоростях движения экипажей — основная причина повышенного динамического воздействия подвижного состава на путь.

Недостаточная ровность рельсовых нитей — весьма распространенный недостаток устройства усов — главная причина повышенной динамики подвижного состава и, как следствие, быстрого расстройтва пути. Вопросам ровности рельсовой колеи, особенно в зоне стыков, при строительстве и эксплуатации временных путей должно уделяться самое пристальное внимание.

Поступила 13 сентября 1978 г.

УДК 629.114.2.001.2 : 531

ОЦЕНКА ПЛАВНОСТИ ХОДА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

А. В. ЖУКОВ, Ю. Ю. БЕЛЕНЬКИЙ, А. Б. АЗБЕЛЬ,
А И. ПЕТРОВИЧ

Белорусский технологический институт, БелавтоМАЗ, ИМ АН БССР

Приводятся данные по оценке вертикальной динамики и плавности хода лесовозных автопоездов, произведенной с помощью разработанной авторами расчетной модели. Сравниваются автопоезда с двухосными и трехосными тягачами типа МАЗ, КраЗ и ЗИЛ. Даны рекомендации по улучшению показателей плавности хода и динамической нагруженности лесовозных автопоездов.

Сравнительная оценка показателей плавности хода и вертикальной динамики лесовозных автопоездов различного типа весьма важна для совершенствования их конструкции, улучшения технико-эксплуатационных показателей работы, выбора типа транспорта для различных лесозаготовительных районов страны.

Исследования проводили с помощью разработанной авторами расчетной модели. Она учитывает параметры подрессоривания осей тягача и прицепа-ропуса, упругость и демпфирование шин, пачки хлыстов, а также массы пачки хлыстов и неподрессоренных элементов автопоезда, нелинейность характеристик шин и подвески осей автопоезда, пробой подвески и отрывы колес от дороги. Микропрофиль дорог задавали случайным. Расчеты выполняли на ЭЦВМ «ЕС-1020». Варьировали типы автопоездов и покрытий дорог, а также скорости движе-

ния и параметры подвески тягачей. Рассматривали две группы автопоездов: с трехосными (группа I) и двухосными (группа II) тягачами. Параметры автопоездов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры	Численные значения параметров по вариантам			
	Группа I		Группа II	
	А	Б	В	Г
Полная масса, т	39,7	20,6	32,9	29
Масса тягача, т	12,4	7,0	9,4	8,8
Число осей:				
тяги	3	3	2	2
прицепа-троепуска	2	2	2	2
База тягача, м	5,3	4,22	3,95	3,95

Параметры подвески, весовые и размерные параметры рассматриваемых вариантов приняты на основании опытных замеров и литературных данных для реальных отечественных лесовозных автопоездов.

Оценка плавности хода производится по пяти октавным полосам частот (от 0,7 до 22,4 Гц). Диапазон частот каждой из полос соответ-

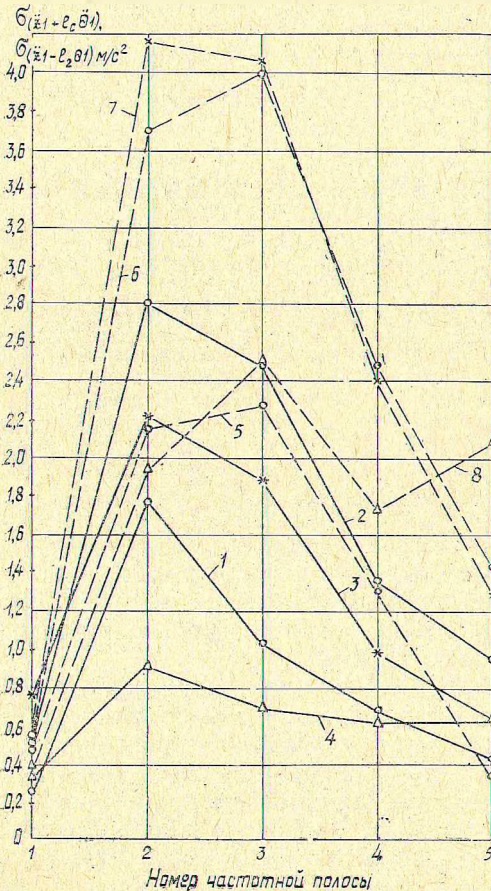


Рис. 1. Значения средних квадратичных вертикальных ускорений в месте сидения водителя $\sigma(\ddot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)$ (1—4) и над задней осью $\sigma(\ddot{z}_1 - l_c \ddot{\theta}_1)$ (5—8) для автопоездов с двухосными и трехосными тягачами при $v = 60$ км/ч.

1, 5 — вариант А; 2, 6 — Г;
3, 7 — В; 4, 8 — Б.

ствуется санитарным нормам СН 1102-73. Как правило, для всех рассматриваемых вариантов ускорения подрессоренной массы тягача наибольшие во второй и третьей октавных полосах частот (1,4—5,6 Гц). Из рис. 1 видно, что при $v = 60$ км/ч (бульжное шоссе, $\sigma_n = 1,7$ см) наибольшие значения средних квадратичных вертикальных ускорений подрессоренной массы двухосных тягачей (группа II) над задней осью (6, 7) и в месте расположения сидения водителя (2, 3) достигают $4,2$ м/с².

Для трехосных тягачей (группа I) значения $\sigma_{(\dot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$ выше для варианта А, чем Б (1, 4), а $\sigma_{(\dot{z}_1 - l_a \ddot{\theta}_1)}$ у обоих вариантов отличаются незначительно (5, 8). Различие вертикальных ускорений в центре тяжести подрессоренной массы тягача для всех вариантов лесовозного автопоезда по основным полосам частот невелико.

Анализ данных расчета свидетельствует, что в целом менее нагружен автопоезд с трехосным тягачом, причем вариант Б имеет показатели лучше, чем А. Это же подтверждается сравнением средних квадратичных значений вертикальных ускорений в суммарной полосе частот (табл. 2, бульжное шоссе).

Таблица 2

v км/ч	Параметры	Средние квадратичные ускорения, м/с ²			
		А	Б	В	Г
40	$\sigma_{(\dot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$	2,75	1,8	3,31	4,11
	$\sigma_{\dot{z}_1}$	2,42	2,0	2,04	2,35
	$\sigma_{(\dot{z}_1 - l_a \ddot{\theta}_1)}$	3,06	5,37	6,2	6,48
60	$\sigma_{(\dot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$	3,2	2,23	4,76	6,08
	$\sigma_{\dot{z}_1}$	2,74	2,48	2,76	2,96
	$\sigma_{(\dot{z}_1 - l_a \ddot{\theta}_1)}$	5,53	6,71	9,58	9,64

При увеличении скорости движения плавность хода автопоездов ухудшается как на бульжном шоссе, так и на дорогах с другими типами покрытий (табл. 2). Наиболее интенсивное увеличение ускорений происходит во второй и третьей октавных полосах частот.

Анализ данных, характеризующих зависимость $\sigma_{(\dot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$ (передняя ось) от типа покрытия дорог, позволяет сделать вывод, что наиболее тяжелой по условиям движения из рассматриваемых является дорога с бульжным покрытием, а затем — с гравийным ($\sigma_n = 1,37$ см). На асфальтобетонной дороге ($\sigma_n = 1,18$ см) уровень вертикальных ускорений автопоездов невелик и наибольшее значение $\sigma_{(\dot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$, наблюдающееся в третьей октавной полосе частот, для тягача по варианту В составляет $0,88$ м/с².

Лесовозные двухосные автопоезда по общим параметрам (табл. 1) хорошо соответствуют требованиям по грузоподъемности, мощности, скорости, несущей способности лесных дорог и сооружений, проходимости и маневренности автопоездов, работающих в основных лесозаготовительных районах. Вариант В автопоезда в сравнении с Г более перспективен, так как имеет большую грузоподъемность при одних и тех же скоростных показателях. В то же время он обладает несколько пониженной по сравнению с автопоездами первой группы плавностью хода.

Из рис. 2 видно, что $\sigma_{\dot{z}_1}$ и $\sigma_{\ddot{\theta}_1}$ (вертикальные и продольно-угловые ускорения) существенно зависят от типа дороги. Для

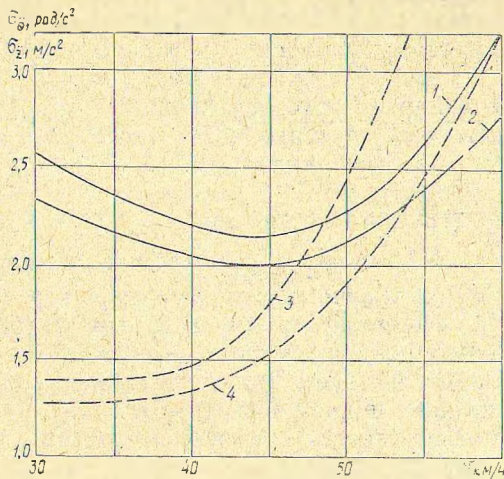


Рис. 2. Зависимость средних квадратичных ускорений (по суммарной полосе частот) подрессоренной массы тягача от скорости при движении лесовозного автопоезда (вариант В) по булыжному шоссе (1, 2) и гравийной дороге (3, 4).

1, 3 — σ_{θ_1} ; 2, 4 — σ_{z_1} .

$v < 50$ км/ч уровень вертикальных ускорений тягача (вариант В) ниже на гравийной дороге; для $v > 50$ км/ч ускорения тягача резко возрастают на обоих типах покрытий. При движении автопоезда по булыжному шоссе можно выделить в качестве характерной скорость $v = 45$ км/ч, при которой значения σ_{z_1} и σ_{θ_1} минимальны. Для гравийного шоссе выделяется скорость $v = 40$ км/ч. При $v > 40$ км/ч значения σ_{z_1} и σ_{θ_1} начинают интенсивно возрастать.

Сопоставление характера изменения средних квадратичных ускорений подрессоренных и непрорессоренных масс тягача и прицепа-ропуска, а также пачки хлыстов при разных скоростях движения дает основание считать, что условия движения по дороге с булыжным покрытием являются наиболее тяжелыми во всем диапазоне рассматриваемых скоростей движения. Анализ влияния характеристик подвески тягача (вариант В) на показатели вертикальной динамики автопоезда, проведенный для наиболее тяжелых дорожных условий, показал возможности их улучшения.

Установлено, что жесткость подвески на продольно-угловые ускорения подрессоренной массы тягача влияет наиболее сильно при скоростях движения более 40 км/ч. Это же можно сказать и о вертикальных ускорениях, но только при изменении жесткости задней подвески (рис. 3). Коэффициенты n_1 и n_2 характеризуют изменение жесткостей передней и задней подвесок тягача по отношению к исходной (значения n_1 и n_2 , равные единице, соответствуют исходным упругим характеристикам). Изменение жесткости передней подвески (рис. 3, а, кривые 1—5) в наибольшей степени сказывается на значениях σ_{z_1} и σ_{θ_1} при $v = 30$ км/ч. При увеличении жесткости передней подвески (n_1 изменяется от 0,7 до 1,9) происходит изменение σ_{θ_1} на 1,25 м/с², а σ_{z_1} — на 0,52 м/с², причем наиболее интенсивное изменение вертикальных ускорений σ_{z_1} происходит при $v = 45$ км/ч.

Исследования показали, что на вертикальные ускорения подрессоренной массы тягача в месте сидения водителя и над передней осью жесткость задней подвески оказывает ощутимое влияние только при $v > 50$ км/ч. Варьирование изменения характеристик вязкого сопротивления подвески переднего моста практически не повлияло на плавность хода тягача.

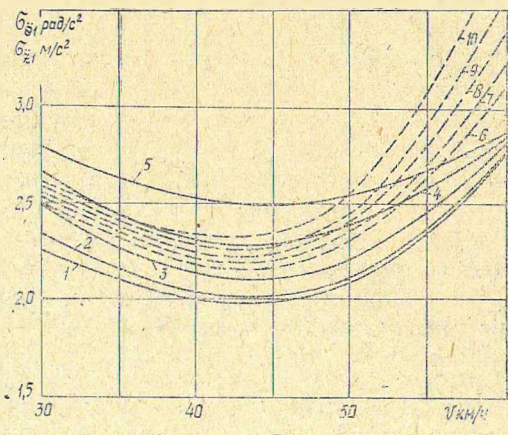


Рис. 3. Зависимость средних квадратичных ускорений (по суммарной полосе частот) подвесной массы тягача от коэффициентов жесткости n_1 (а) и n_2 (б) (бульжное шоссе, автопоезд по варианту В).

1-5 - σ_{z1} ; 6-10 - σ_{θ_1}
 (1, 6 - $n_1 = n_2 = 0,7$; 2, 7 - $n_1 = n_2 = 1,0$; 3, 8 - $n_1 = n_2 = 1,3$; 4, 9 - $n_1 = n_2 = 1,6$; 5, 10 - $n_1 = n_2 = 1,9$).

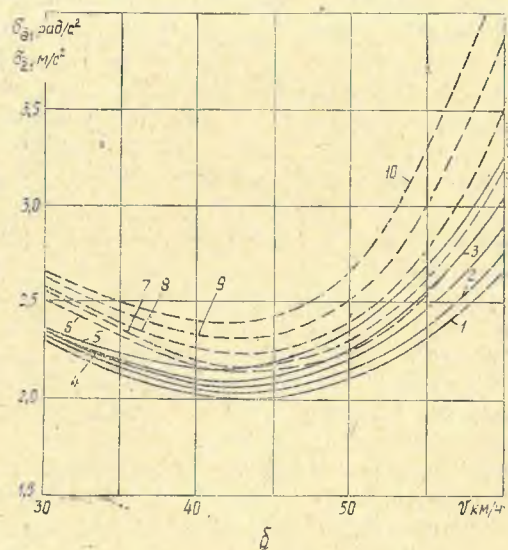


Таблица 3

v км/ч	Номер полосы частот	Значения $\sigma(\ddot{z}_1 + l_1\ddot{\theta}_1)$, м/с ² , при n_1				
		0,7	1,0	1,3	1,6	1,9
30	1	0,517	0,55	0,53	0,50	0,47
	2	1,04	1,24	1,49	1,67	1,79
	3	0,95	0,99	1,05	1,13	1,21
	4	0,66	0,70	0,75	0,79	0,82
	5	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22
40	1	0,66	0,69	0,66	0,63	0,61
	2	1,18	1,44	1,79	2,13	2,40
	3	0,72	0,79	0,91	1,04	1,15
	4	0,86	0,89	0,95	1,04	1,11
	5	0,28	0,32	0,35	0,39	0,40
60	1	0,67	0,71	0,64	0,57	0,53
	2	1,70	2,02	2,40	2,70	2,96
	3	1,48	1,67	1,89	2,08	2,27
	4	0,84	0,93	1,02	1,10	1,17
	5	0,52	0,57	0,62	0,67	0,73

Наибольшее изменение ускорений $\sigma_{(\ddot{z}_1 + l_c \ddot{\theta}_1)}$ и $\sigma_{(\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1)}$ происходит при изменении жесткости передней подвески тягача.

Средние квадратичные значения ускорений $\sigma_{(\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1)}$ тягача (вариант В, булыжное покрытие) по полосам частот приведены в табл. 3, из которой видно, что увеличение коэффициента n_1 , как правило, приводит к повышению уровня средних квадратичных ускорений $\sigma_{(\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\theta}_1)}$, причем наиболее сильно во второй полосе частот (1,4—2,8 Гц). В третьей и четвертой октавных полосах влияние изменения жесткости передней подвески слабее. В первой полосе частот (0,7—1,4 Гц) происходит некоторое снижение значений средних квадратичных вертикальных ускорений.

Выводы

1. Для сравниваемых типов (варианты А—Г) лесовозных автопоездов наибольшим уровнем вертикальных ускорений характеризуется задняя ось и подрессоренная масса над задней осью тягача, при этом трехосные тягачи имеют более низкий уровень вертикальных ускорений (для $\sigma_{(\ddot{z}_1 - l_1 \ddot{\theta}_1)}$ различие составляет в среднем 30—36%).

2. Средние квадратичные значения вертикальных ускорений центра тяжести подрессоренной массы, несколько отличаясь по октавным полосам частот, по суммарным значениям в диапазоне частот 0,88—22,4 Гц близки для всех рассматриваемых вариантов автопоездов (различие по $\sigma_{\ddot{z}_1}$ не превышает 15%).

3. При скоростях движения более 40 км/ч средние квадратичные ускорения подрессоренной массы тягача в месте сидения водителя имеют наибольшие значения во второй и третьей октавных полосах частот, причем в группе I по абсолютной величине они значительно меньше (до 50%) у варианта Б. В группе II лучшие показатели имеет тягач автопоезда по варианту В.

4. Для улучшения показателей плавности хода и вертикальной динамики перспективного лесовозного тягача по варианту автопоезда В следует снизить жесткость его передней и задней подвесок до значений, соответствующих коэффициентам n_1 и n_2 , равным 0,7. Кроме того, рекомендуется ввести систему вторичного подрессоривания кабины или сидения водителя.

Поступила 19 января 1978 г.

УДК 625.855

РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ И ОСУШЕНИЕ

Е. И. ШЕЛОПАЕВ

Красноярский политехнический институт

Приведены грунтово-климатические особенности лесных районов Сибири. Даны уточненные параметры грунтов (влажности, глубины промерзания, климатического параметра), необходимых для расчета дорожных одежд на морозоустойчивость. Рассмотрен метод расчета дорожных одежд на осушение, и для практического применения его предложена таблица толщин дренирующего слоя из песка с разным коэффициентом фильтрации.

Многолетние исследования показали, что в условиях резко континентального климата Западной и Восточной Сибири с годовой ампли-