

И.И. Леонович, А.В. Жуков, К.Б. Абрамович,  
А.И. Смеян, Л.Ф. Доронин

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

Вибрационное воздействие автопоездов на дорогу является одной из основных причин снижения несущей способности грунтов и образования остаточных деформаций.

Целью исследований является установление влияния схемы поддресоривания автопоезда на амплитудно-частотные характеристики колебаний дорожно-строительного материала.

Исследования проводились с автомобилями-тягачами МАЗ-5434 и МАЗ-509 и прицепами-ропусками с жестко-балансирной, рессорно-балансирной и четырехрессорной подвесками.

Первая серия опытов включала запись процесса колебаний дорожной конструкции, вызываемых движением автомобиля-тягача МАЗ-5434 с погруженным на шасси жестко-балансирным, четырехрессорным и рессорно-балансирным ролпуском.

Вторая серия опытов проводилась с автопоездами с номинальной нагрузкой в составе МАЗ-5434 + жестко-балансирный ролпуск, МАЗ-509 + рессорно-балансирный ролпуск и МАЗ-509 + четырехрессорный ролпуск. Прием и регистрация колебаний осуществлялась с помощью сейсмоприемников и осциллографа К-12-22. Датчики располагались на световой поверхности обочины и по глубине. Схемы установки датчиков приведены на рис. 1. Запись процесса колебаний производилась в момент проезда автопоезда по участку наблюдения и, кроме того, при его подходе на расстояние от места наблюдений до 20 м и на расстояние до 20 м после прохода участка наблюдений.

Экспериментальные исследования выполнялись на автомобильной дороге с гравийным покрытием. Опытный участок был представлен насыпью высотой 0,6 м и располагался на прямой. При закладке опытного участка были ликвидированы имеющиеся неровности и достигнута относительно ровная поверхность дорожного покрытия.

Записи процесса колебаний дорожной конструкции производились при различных скоростях движения транспортных систем. Опыты для каждой скорости движения повторялись 3 — 4 раза.

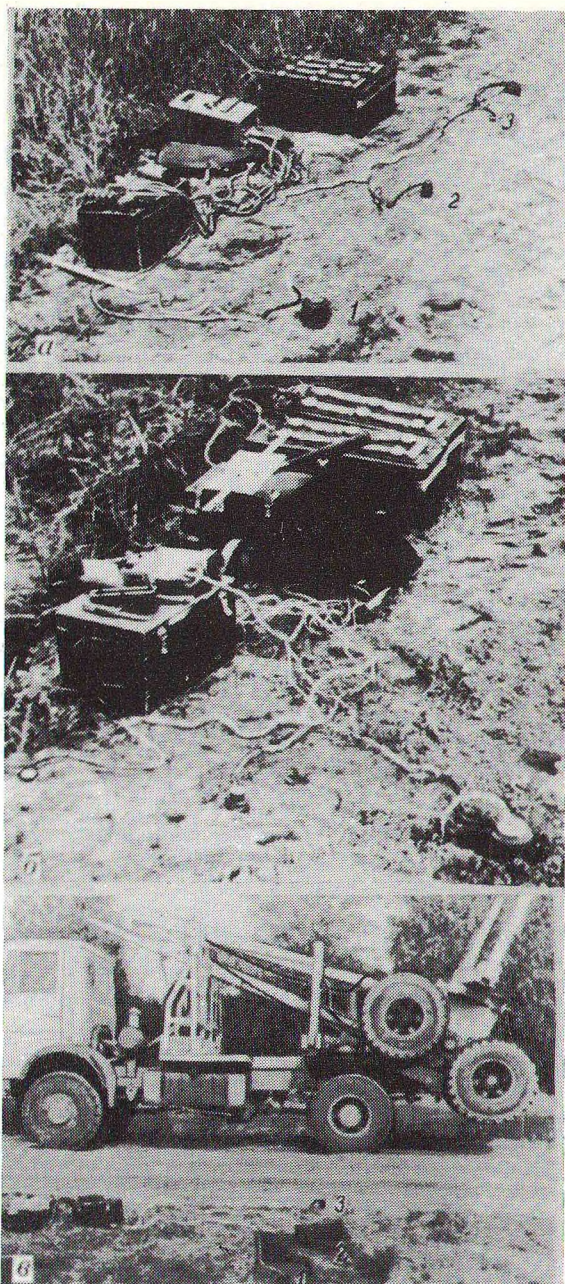


Рис. 1. Схемы расположения сейсмоприемников:

а — первая; б — вторая; в — третья.



Обработка осциллограмм сводилась к определению максимальных значений амплитуд колебаний ( $s_{\max}$ ), логарифмического декремента затухания ( $\delta$ ) и частот ( $\omega$ ) в зависимости от скорости движения и типа транспортных систем. Логарифмический декремент затухания определялся по формуле

$$\delta = \ln \frac{a_i}{a_{i+1}}$$

На рис. 2 в качестве примера приведен образец рабочей осциллограммы, который дает представление об общей картине колебаний гравийного покрытия под воздействием подвижной нагрузки.

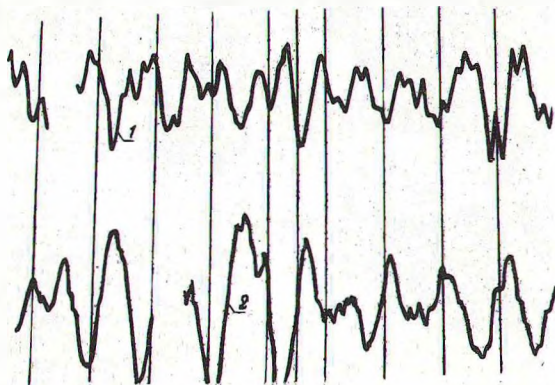


Рис. 2. Образец рабочей осциллограммы:  
1 — сейсмоприемник СМВ-30 N; 2 — сейсмоприемник СПЭД-56М.

Сравнивая полученные осциллограммы между собой, видно качественное различие колебаний с изменением скорости движения и расстояния до исследуемой точки. С увеличением скорости движения и уменьшением расстояния от сейсмоприемника до движущегося автопоезда возникают колебания, отличающиеся большей амплитудой и широким спектром частот.

По результатам проведенных исследований построены графики распределения величины смещений в зависимости от скорости движения транспортных систем и расстояния от источника возмущений до исследуемой точки.

Степень воздействия автомобиля-тягача МАЗ-5434 с погруженным на шасси четырехрессорным, рессорно-балансирным и жестко-балансирным роспусками на дорогу с гравийным покрытием наглядно видна на рис. 3,4,а,б. Анализ графика (рис .

3) показывает, что при удалении сейсмоприемника СПЭД-56м на 1 м от полосы наката наибольшее воздействие на дорожную конструкцию оказывает тягач МАЗ-5434 с погруженным на шасси четырехрессорным прицепом-ропуском. Наибольшее значение перемещений  $s_{max}$  составляет 0,53 мм при скорости движения  $v = 40$  км/ч. Рессорно-балансирный ропуск, погруженный на шасси МАЗ-5434, оказывает несколько меньшее влияние на динамическую нагруженность дороги по сравнению с четырехрессорным. Наибольшее значение  $s_{max}$  составляет 0,49 мм при  $v = 40$  км/ч.

Рис. 3 Зависимость максимальных амплитуд перемещений от скорости движения автомобиля-тягача МАЗ-5434 с погруженным на шасси прицепом-ропуском (первая схема расположения сейсмоприемника СПЭД-56М):  
 1 - МАЗ-5434+жестко-балансирный ропуск;  
 2 - МАЗ-5434+рессорно-балансирный ропуск;  
 3 - МАЗ-5434+четырёхрессорный ропуск.

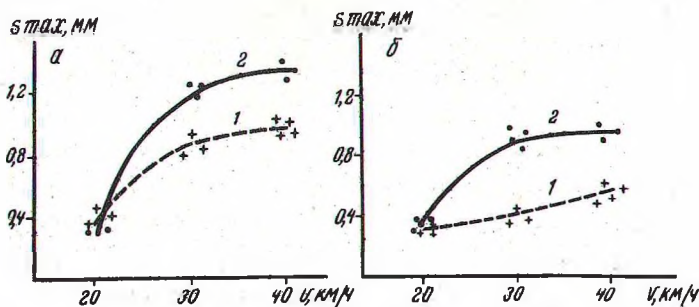
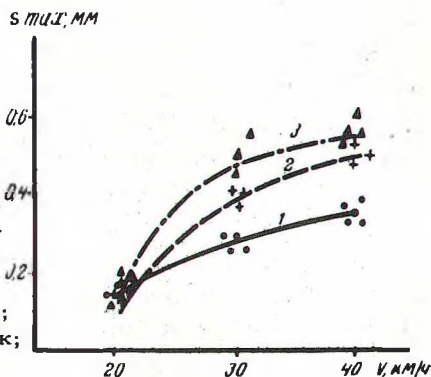


Рис. 4. Зависимость максимальных амплитуд перемещений от скорости движения автомобиля-тягача МАЗ-5434 с погруженным на шасси четырехрессорным ропуском и схемы расположения сейсмоприемника СМВ-30:  
 1 - вторая; 2 - первая (а); 1 - третья; 2 - вторая (б).

Что касается жестко-балансирного прицепа, погруженного на шасси МАЗ-5434, то он оказывает наименьшее влияние на нагруженность дороги;  $s_{max}$  в 1,6 раза меньше по сравне-

нию с  $s_{\max}$  четырехрессорной и в 1,5 раза по сравнению с  $s_{\max}$  рессорно-балансирной.

Исследования показали, что скорость движения транспортных систем (в рассматриваемых диапазонах) оказывает существенное влияние на амплитудно-частотный характер колебаний дорожной конструкции. Наиболее интенсивное возрастание кривых наблюдается в интервале 25—30 км/ч. Наблюдается уменьшение амплитуды перемещений с увеличением расстояния от источника возмущений. На рис. 4,а показана зависимость  $s_{\max}$  от  $v$  для двух схем расположения датчика СМВ-30 N. В первом случае датчик был расположен на расстоянии 1 м от источника возмущений, во втором — 2 м. Максимальное значение  $s_{\max}$  для МАЗ-5434 с погруженным на шасси четырехрессорным роспуском для первой схемы расположения датчика составило 1,25 мм, для второй — 0,92 мм при  $v = 40$  км/ч.

Исследовалось влияние глубины заложения датчиков в земляное полотно дороги (рис. 4,б). Из рисунка видно, что при удалении сейсмоприемника СМВ-30 N на расстояние 2 м от источника возмущений  $s_{\max}$  для МАЗ-5434 с четырехрессорным роспуском, погруженным на шасси, составляет 0,90 мм, а при удалении на расстояние 1,2 м и расположении его в открытом шурфе на глубину 0,2 м  $s_{\max} = 0,41$  мм при  $v = 30$  км/ч.

Влияние схемы подрессоривания лесовозного автопоезда с номинальной нагрузкой на динамическую нагруженность дороги (колебания дорожно-строительного материала) показано на рис. 5. Из рисунка видно интенсивное (почти линейное) возрастание  $s_{\max}$  с увеличением  $v$  для всех трех схем подрессоривания прицепа-роспуска. Сравнивая кривые 1, 2 и 3 (рис. 5), видно, что амплитуда перемещений, вызываемых подвижной нагрузкой автопоезда в составе МАЗ-5434 + жестко-балансирный роспуск, для рассматриваемых скоростей движения по абсолютному значению больше амплитуд перемещений, вызываемых автопоездами в составе МАЗ-509 + рессорно-балансирный и МАЗ-509 + четырехрессорный роспуски. Так, например, если для автопоезда МАЗ-5434 + жестко-балансирный роспуск  $s_{\max} = 2,19$  мм (кривая 3, рис. 5), то для автопоезда

МАЗ-509 + четырехрессорный роспуск  $s_{\max} = 1,39$  мм (кривая 1) при  $v = 40$  км/ч.

Что касается автопоезда МАЗ-509 + рессорно-балансирный роспуск, то воздействие на дорогу от него значительно меньше по сравнению с автопоездом МАЗ-5434 + жестко-балансирный роспуск и несколько больше, чем от автопоезда МАЗ-509 + четырехрессорный роспуск. Так, при  $v = 30$  км/ч для МАЗ-509 + рессорно-балансирный роспуск  $s_{\max}$  на 37% меньше, чем для МАЗ-5434 + жестко-балансирный роспуск, и на 9% больше, чем для МАЗ-509 + четырехрессорный роспуск.

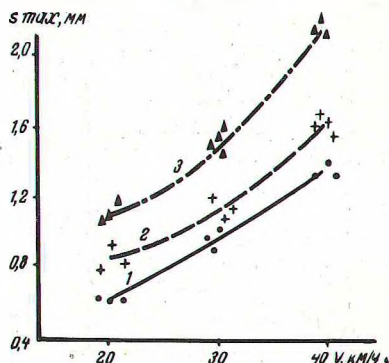


Рис. 5. Зависимость максимальных амплитуд перемещений от скорости движения лесовозных автопоездов: 1 — автопоезд МАЗ-509+четырёхрессорный роспуск; 2 — МАЗ-509+рессорно-балансирный роспуск; 3 — МАЗ-5434+ жестко-балансирный роспуск.

Влияние схемы подрессоривания прицепа автопоезда на показатели колебаний дорожной конструкции показано в табл.1, из которой видно, что скорость движения по-разному оказывает влияние на частоту колебаний. Четкой закономерности изменения частот от  $v$  не наблюдается. Исследования показывают что диапазон частот для рассматриваемых условий изменяется в интервале  $69—138$  с<sup>-1</sup>.

Логарифмический декремент изменяется в пределах  $0,30—0,69$ . Проведенные экспериментальные исследования для названных конкретных условий позволили установить диапазон изменения параметров колебаний дорожной конструкции в зависимости от скорости движения и типа автопоезда. На основании экспериментальных данных применительно к рассмотренным натурным условиям можно считать, что четырехрессорный роспуск оказывает меньшее воздействие на дорогу, чем жестко-балансирный и рессорно-балансирный;  $s_{\max}$  существенно изменяется в зависимости от типа автопоезда, веса и скорости движения. При этом, среди этих факторов, влияние скорости исключительно велико.



Т а б л и ц а 1. Распределение величин смещений и частот колебаний в зависимости от типа и скорости движения транспортных систем.

Тип авто- поезда	Схема распо- ложения датчи- ков	Ско- рость дви- жения авто- поез- да, км/ч	Вынужденные коле- бания		Тип ав- топоез- да	Схема распо- ложе- ния дат- чиков	Ско- рость дви- жения авто- поез- да, км/ч	Вынужденные колебания			
			час- тога, с <sup>-1</sup>	S, мм				час- тога, с <sup>-1</sup>	S, мм		
Автомобиль- тягач					Автомобиль- тягач						
МАЗ-5434+	1	20	106,7	0,14	0,41	МАЗ-5434+	2	20	113	0,10	0,36
Жестко-ба- лансирный ропуск на шасси						Жестко- балан- сирный ропуск на шасси					
СПЭД-56М	1	30	113	0,28	0,37	СПЭД-56М	2	30	87	0,18	0,30
	1	40	138	0,33	0,47		2	40	119	0,29	0,38
Автомобиль- тягач						Автомобиль- тягач					
МАЗ-5434+	1	20	75,4	0,20	0,51	МАЗ-5434+	2	20	69	0,10	0,34
Жестко-ба- лансирный ропуск на шасси						Жестко- балан- сирный ропуск на шасси					
СМВ-30	1	30	81,6	0,19	0,49	СМВ-30	2	30	94,2	0,13	0,34
	1	40	81,6	0,27	0,43		2	40	81,6	0,18	0,39

Продолжение табл. 1

Тип авто- поезда	Схема распо- ложения датчи- ков	Ско- рость дви- жения авто- поез- да, км/ч	Вынужденные коле- бания		Тип авто- поезда	Схема распо- ложе- ния дат- чиков	Ско- рость дви- жения авто- поез- да, км/ч	Вынужденные колебания			
			час- тога, с <sup>-1</sup>	S max, мм				час- тога, с <sup>-1</sup>	S, мм		
			$\delta$					$\delta$			
Автомобиль- тягач	1	20	131,9	0,12	0,55	Автомобиль- тягач	2	20	119,3	0,12	0,69
МАЗ-5434+	1	30	69,1	0,48	0,34	МАЗ-5434+ 4-рессорный роslуск на шасси	2	30	87,9	0,24	0,58
СПЭД-56М	1	40	87,9	0,53	0,45	СПЭД-56М	2	40	100,5	0,31	0,45
Автомобиль- тягач						Автомобиль- тягач					
МАЗ-5434+	1	20	75,4	0,36	0,44	МАЗ-5434+ 4-рессорный роslуск на шасси	2	20	106,8	0,39	0,58
СМВ-30	1	40	119	1,29	0,38	СМВ-30(1067)	2	40	119	0,92	0,62
Автомобиль- тягач	3	20	113	0,30	0,40	Автомобиль- тягач	1	20	94,2	0,63	0,51
МАЗ-5434+	3	30	125	0,41	0,48	МАЗ-509+ 4-рессорный роslуск с гру- зом	1	30	87,9	1,02	0,42
СМВ-30	3	40	125	0,54	0,61	СПЭН-1	1	40	87,9	1,39	0,60



О к о н ч а н и е т а б л. 1

Тип авто- поезда	Схема распо- ложе- ния дат- чиков	Ско- рость движе- ния авто- поез- да, км/ч	Вынужденные коле- бания		Тип авто- поезда	Схема распо- ложе- ния дат- чиков	Ско- рость дви- жения авто- поез- да, км/ч	Вынужденные колебания	
			час- тога, с	S, мм				час- тога, с	S, мм
Автомобиль- тягач									
МАЗ-5434+				$\delta$			1	20	125,6 0,09 0,32
рессорно- балансирный ропуск на шасси							1	30	106,8 0,37 0,40
СПЭД-56М							1	40	119 0,49 0,36
Автопоезд		1	20	75,4 1,16 0,46	Автопоезд		1	20	75,4 0,84 0,51
МАЗ-5434+		1	30	75,4 1,54 0,50	МАЗ-509+		1	30	100,5 1,12 0,35
жестко-ба- лансирный ропуск с грузом					рессорно- балансирный ропуск на шасси				
СПЭН-1		1	40	100,5 2,19 0,62	СПЭН-56М		1	40	81,6 1,63 0,38