

А. В. Жуков

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛУПРИЦЕПА

Вопросы проектирования и расчета автотранспортных средств тесно связаны с их динамической нагруженностью.

С целью выяснения целесообразности параметров конструкции нами были проведены исследования динамики полуприцепа, предназначенного для перевозки тяжелого крупногабаритного оборудования [1—3].

Одноосный полуприцеп МАЗ-845 грузоподъемностью до 15 т испытывался в сцепе с тягачем седельного типа Минского автозавода (описание конструкции и схема динамической системы приведены в статьях сборника [1, 3]) с разными скоростями движения и нагрузками, по дорогам с различными типами покрытий и неодинаковым состоянием их поверхности [2].

Регистрация с помощью соответствующей аппаратуры вертикальных динамических нагрузок на седельном устройстве тягача, на правых и левых колесах оси полуприцепа, а затем статистическая обработка [1] полученных осциллографических записей позволяет сказать следующее.

Динамические нагрузки на задней оси полуприцепа значительно превосходят нагрузки на седельном устройстве. Это объясняется тем, что задняя ось полуприцепа не имеет рессор (упругими элементами являются только шины), а также большей интенсивностью поперечно-угловых колебаний по сравнению с вертикальными и продольно-угловыми. Причина этого кроется в соотношении параметров полуприцепа (большая величина базы $L = 8,6$ м, колея $2d$ полуприцепа на много меньше и др.).

Максимальные значения динамических реакций на скоростях движения до 5 км/ч имеют одинаковую величину как на седельном устройстве, так и на задней оси. Это объясняется тем, что при рассматриваемых скоростях движения интенсивность поперечно-угловых колебаний еще невелика.

Вертикальные динамические реакции на правой и левой полуосях полуприцепа отличаются друг от друга незначительно как по частоте, так и по значениям на различных частотах. Так, при движении со скоростью 15 км/ч по участку дороги с гравийным покрытием и нагрузкой 10,5 т максимальные нагрузки наблюдаются при частотах 7 1/сек на правой полуоси и 7,9 1/сек на левой. Разница между средними квадратичными отклонениями амплитуды вертикальных реакций σ_R составляет всего 20 кг.

Некоторый сдвиг частот и различие в значениях объясняется в основном несимметричностью расположения груза на платформе. Однако результаты исследований показывают, что это различие можно счи-

тать несущественным и при теоретических расчетах систему следует считать симметричной относительно продольной оси автопоезда.

При увеличении скорости движения и уменьшении нагрузки максимальные значения динамических реакций наблюдаются при несколько больших частотах. Это объясняется тем, что при уменьшении нагрузки частота собственных колебаний системы увеличивается и в области этих частот проявляются максимумы динамических реакций в той или иной степени в зависимости от вида и характера воздействия той или иной дороги [2].

При движении автопоезда по грунтовой дороге динамические реакции по абсолютной величине имеют наибольшие значения по сравнению с дорогами других типов.

На рис. 1 приведены графики зависимости средних квадратичных значений амплитуд вертикальных реакций от скорости движения. Из графиков видно, что для реакции R_c на седельном устройстве и R_z на задней оси полуприцепа от продольно-угловых его колебаний средние квадратичные значения амплитуд при движении по участкам дорог с грунтовым, гравийным и асфальтобетонным покрытиями возрастают с увеличением скорости движения.

При скорости более 40 км/ч их значения начинают падать. На дороге с булыжным покрытием (рис. 1, б, кривые 4, 5, 6) величины реакций сначала растут до скорости движения 9—10 км/ч, а затем начинают падать.

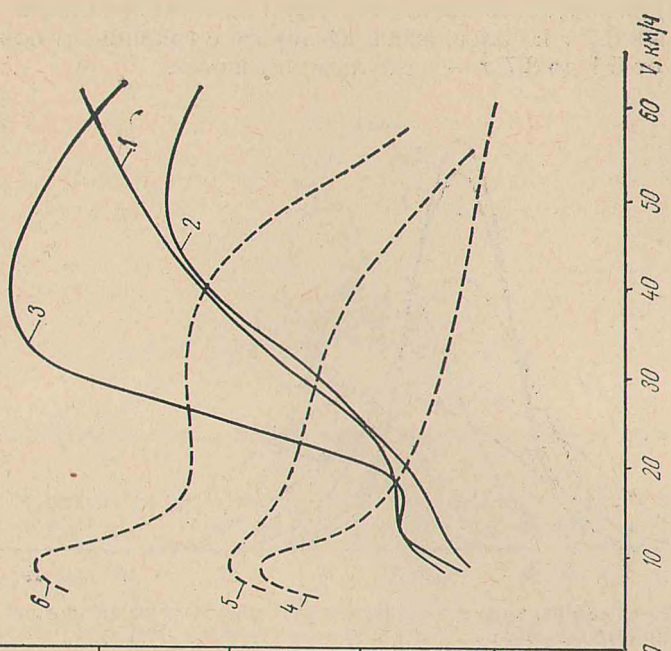
Такое протекание кривых объясняется тем, что средние квадратичные значения воздействия для этого участка дороги при увеличении скорости уменьшаются, а квадрат амплитудных частотных характеристик системы сначала возрастает, а затем падает. Значения средних квадратичных отклонений амплитуд вертикальных реакций (рис. 1, а, кривые 1, 4, 7 и рис. 1, б, кривая 1) от поперечно-угловых колебаний полуприцепа с увеличением скорости движения постоянно возрастают.

Это происходит [3] потому, что амплитудная частотная характеристика поперечно-угловых колебаний полуприцепа с увеличением скорости движения все время увеличивается в связи с отсутствием запаздывания воздействия (в отличие от продольно-угловых колебаний). Для участка (см. рис. 1 б, кривая 4) с булыжным покрытием σ_R вертикальной реакции R_n с увеличением скорости движения уменьшается. Однако уже при $v = 60$ км/ч заметна тенденция к возрастанию, в то время как σ_{R_c} и $\sigma_{R_{z_2}}$ (кривые 5 и 6) круто убывают.

Из графиков видно, что на различных по качеству участках дорог σ_R различны. Так, например, при движении по участку с асфальтобетонным покрытием со скоростью 30 км/ч $\sigma_{R_n} = 0,59$ т, по участку гравийной дороги хорошего качества $\sigma_{R_n} = 0,96$ т, по гравийной дороге удовлетворительного состояния $\sigma_{R_n} = 1,50$ т (см. рис. 1, а, кривые 1, 4, 7).

Анализ кривых распределения амплитуд вертикальных реакций, полученных по данным проведенных опытов, позволил рассмотреть характер распределения амплитуд реакций в зависимости от разных факторов. Так, например, вероятность возникновения амплитуд колебаний реакций R_{z_2} , по величине близких к статической нагрузке на ось, уменьшается при увеличении скорости движения. При движении по гравийной дороге при $v = 15$ км/ч вероятность появления реакций величиной от 5 до 5,5 т составляет 15,85%, а при скорости 60 км/ч — 7,97%.

б



а

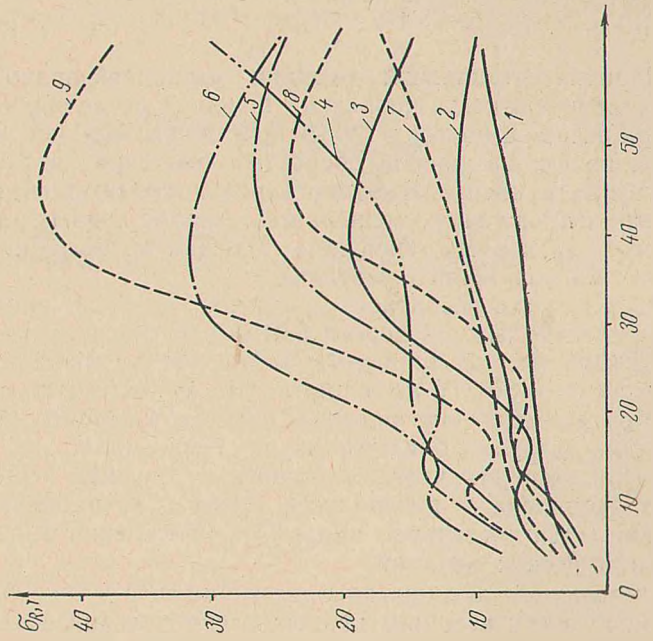


Рис. 1. Графики зависимости средних квадратичных значений амплитуд вертикальных реакций от скорости движения автопоезда с нагрузкой 10,5 т:

а) 1, 2, 3 — $R_{п'}$, $R_{zп'}$, R_c (асфальтобетон); 4, 5, 6 — $R_{п'}$, $R_{zп'}$, R_c (гравийная дорога хорошего качества); 7, 8, 9 — $R_{п'}$, $R_{zп'}$, R_c (гравийная дорога удовлетворительного состояния); б) 1, 2, 3 — $R_{п'}$, $R_{zп'}$, R_c (грунтовая дорога); 4, 5, 6 — $R_{п'}$, $R_{zп'}$, R_c (булыжное шоссе).

Сравнивая кривые распределения (рис. 2) для скорости движения 30 км/ч, характеризующие движение автопоезда по гравийному и булыжному участкам дорог, видим, что для данной скорости движения (кривые 1 и 5) вероятность появления реакции R_c величиной от 5,1 т и меньше, а также 8,7 т и более, выше на дороге с гравийным покрытием, а в диапазоне от 5,1 до 8,7 т — на булыжном шоссе.

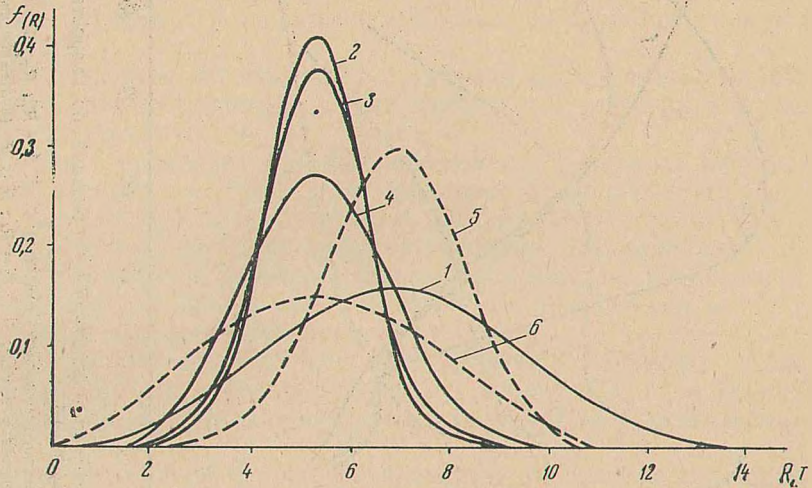


Рис. 2. Кривые распределения амплитуд вертикальных реакций при движении автопоезда со скоростью 30 км/ч (нагрузка 10,5 т):
 1 — R_c , 2 — $R_{пз}$, 3 — R_{z_1} , 4 — $R_{пз}$ (гравийная дорога удовлетворительного состояния);
 5 — R_c , 6 — $R_{пз}$ (булыжное шоссе).

Для суммарной вертикальной реакции на задней правой полуоси полуприцепа $R_{пз}$ вероятность появления больших по величине динамических нагрузок выше на дороге с булыжным покрытием, чем на грунтовой. При дальнейшем увеличении скорости движения автопоезда на участке дороги с булыжным покрытием вероятность появления реакции $R_{пз}$ с большими амплитудами уменьшается. Анализ кривых распределения показал, что вероятность появления больших по величине динамических нагрузок на полуприцеп невелика.

Например, плотность вероятности реакции R_c величиной 12 т составляет на участке булыжной дороги 0,015—0,03 при изменении скорости от 10 до 15 км/ч (рис. 3, кривые 1, 2). На участке гравийной дороги для $R_c = 12$ т и $v = 30$ —60 км/ч плотность вероятности составляет 0,005—0,015. При движении автопоезда с нагрузкой вероятность появления динамических нагрузок, близких к нулю, очень мала.

Как показали экспериментальные записи, в процессе испытаний отрывов колес полуприцепа от поверхности дороги не наблюдалось, что также подтверждается характером кривых распределения амплитуд вертикальных динамических реакций.

В случае порожнего автопоезда с полуприцепом и при движении с небольшими нагрузками вершины кривых распределения соответствуют меньшим значениям абсциссы, что во многом определяет характер изменения реакции. Больших по величине в этом случае нагрузок не возникает (вероятность появления, например, реакции R_c более 4 т, при нагрузке 7 т и $v = 15$ км/ч составляет всего 1,42% на дороге с грунтовым

покрытием), однако становится возможным отрыв колес от поверхности дороги.

Проведенные исследования показали, что конструкция полуприцепа удовлетворяет необходимым требованиям с точки зрения ее динамической нагруженности при эксплуатации в сложных условиях.

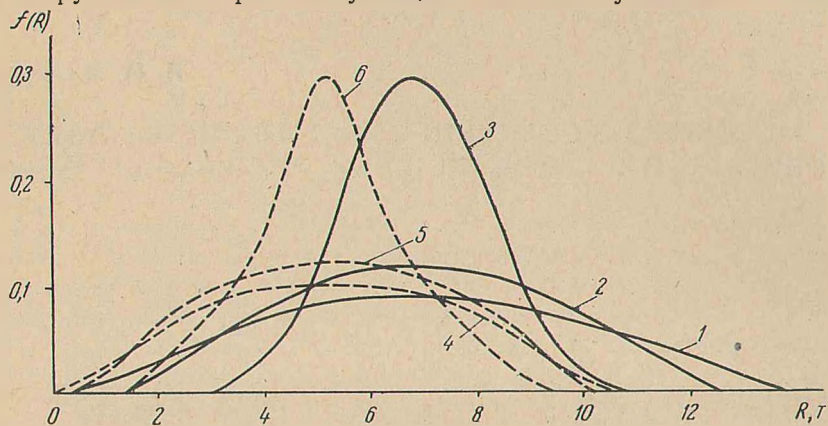


Рис. 3. Кривые распределения амплитуд вертикальных реакций при движении автопоезда по опытному участку булыжного шоссе с разными скоростями движения (нагрузка 10,5 т):

1, 2, 3 — R_c ; 4, 5, 6 — $R_{пз}$ (1, 5 — $v = 10$ км/ч; 2, 6 — $v = 15$ км/ч; 3, 7 — $v = 60$ км/ч).

Полученные результаты могут также быть перенесены на другие аналогичные конструкции и окажутся полезными при проектировании автотранспортных средств, в том числе и лесовозных автопоездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Жуков. Специальный автопоезд для перевозки тяжелого лесозаготовительного оборудования. В сб.: Вопросы лесозаготовок и транспорта леса. Минск, 1967.
2. А. В. Жуков, Г. Г. Давыдулин. Статистический метод исследования микропрофиля автомобильных дорог. В сб.: Вопросы лесозаготовок и транспорта леса. Минск, 1967.
3. А. В. Жуков. Исследование динамики автопоезда для перевозки тяжелого лесозаготовительного оборудования. «Лесной журнал», 1967, № 3.