

В.М. ВЕЛИКОДНЫЙ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
А.Г. МАМОНТОВ, НТУ «ХПИ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАВНОСТИ ХОДА ТРАКТОРА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СИНУСОИДАЛЬНЫМ НЕРОВНОСТЯМ

Проведено аналіз чисельних даних, отриманих у результаті експериментальних випробувань параметрів плавності руху колісного трактора оснащеного пневматичною системою підресорювання. Встановлено залежності величин середньоквадратичних прискорень від параметрів фону синусоїдальних нерівностей, швидкості руху трактора та рівня тиску повітря в системі пневматичного ресорного підвищування самохідної машини.

The organized analysis numerical data, got as a result of experimental test parameter to smoothness's of the moving the wheel tractor equipped by pneumatic suspension system. The installed dependency of the values of the root-mean-square speedups from parameter of the background sine jaggies, velocities of the moving the tractor and level to pressure of the air in system pneumatic on spring self-propelled machine.

Введение. Основным устройством, защищающим самоходную машину от динамических воздействий дороги и сводящим колебания к приемлемому уровню, является подвеска. Многолетний опыт показывает, что неровности дороги и вызываемые ими колебания масс трактора ведут, как правило, к ухудшению всех его эксплуатационно-технических качеств и к тем большему, чем хуже качество поверхности дорожного покрытия.

Анализ последних достижений и публикаций. Движение самоходной машины по неровным дорогам сопровождается непрерывными колебаниями его поддресоренных и неподдресоренных частей. Интенсивность колебаний масс трактора, возникающих от воздействия колёс с неровностями дороги, определяет плавность хода самоходной машины. Повышение плавности хода самоходных машин достигается приданием его конструкции таких качеств, которые обеспечивают уменьшение интенсивности колебаний и сохранность перевозимых грузов, предотвращают переутомление водителя, а также гарантируют надёжную и экономичную работу на неровных дорогах [1,2,3].

При определении параметров плавности хода самоходной машины определяющих интенсивность колебаний её масс используют математическое моделирование движения трактора по дорогам с различным покрытием [4]. Однако аналитическое решение системы уравнений, описывающих колебания транспортной системы, когда характеристика жесткости подвески нелинейна, затруднено. В связи с этим амплитуды ускорений, перемещений, динамических нагрузок, частота колебаний

исследуемой системы определяется обычно экспериментальным путем в дорожных условиях с различным профилем покрытия.

Цель и постановка задачи. Для улучшения параметров плавности хода была разработана комбинированная пневморессорная подвеска для колесного трактора Т-150КМ. Её комплект состоит из листовой рессоры и пневматических резинокордных упругих элементов, соединённых с дополнительными воздушными резервуарами (гидравлические амортизаторы в подвеске отсутствуют) [5]. Целью эксперимента является наиболее полная оценка плавности хода трактора с пневморессорной подвеской и получение экспериментальных данных характеризующих движение трактора по синусоидальным неровностям.

Постановка эксперимента. В процессе проведения полевых испытаний использовалась тензометрическая станция, смонтированная на базе автомобиля ГАЗ-66 [5].

Оборудование тензометрической станции включает следующие устройства:

- 1 - пульт управления (для управления измерительной схемой самоходной лаборатории);
- 2 - измерительные секции, предназначенные для преобразования и коммутации сигналов, поступающих от датчиков;
- 3 - низкочастотный активный фильтр;
- 4 - усилитель;
- 5 - осциллограф.

Для регистрации ускорений использовались датчики ускорений с рабочим диапазоном частот 2 - 18 Гц, регистрация перемещений переднего моста относительно рамы производилась с помощью реохордных датчиков перемещений.

При испытаниях регистрировались вертикальные колебания переднего и заднего моста трактора, рамы в районе переднего моста, сиденья тракториста и на полу кабины в районе сиденья тракториста. Испытания проводились на синусоидальных неровностях на трех фонах: 1 - с длиной волны 350 мм, высотой 30 мм; 2 - с длиной волны 700 мм, высотой 45 мм; 3 - с длиной волны 1400 мм, высотой 30 мм.

Для получения стабильных результатов заезды повторялись на каждой неровности три раза в пределах рабочего диапазона скоростей. Первая рабочая скорость соответствовала 10 км/час; вторая - 11,4 км/час; третья - 13,85 км/час; четвертая - 16,95 км/час. Давление в системе пневматического рессорного подвешивания устанавливалось перед началом движения по неровностям в пределах 0,22; 0,27; 0,35 МПа. После проезда трактора по неровностям и окончания процесса записи производился контроль давления воздуха в пневмосистеме. Разница между давлением, которое

устанавливалось в системе перед началом опыта и контрольным, составляла в среднем 6-8%. Эта разница в давлениях определялась работой высоторегулирующего клапана в процессе движения трактора по неровностям.

Объем дополнительных воздушных резервуаров соответствовал $V_a = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ литрам по каждому борту трактора, в системе был установлен дроссель с проходным сечением 9 мм [6].

В процессе испытаний на тракторе были поставлены шины 600-665 (23,1-26)R модели ФД-37, давление воздуха в передних шинах устанавливалось равным 0,1 МПа, в задних – 0,08 МПа.

Полный вес трактора составил 92700 Н. Статическая нагрузка на каждое колесо переднего моста составила 26500 Н, а на колеса заднего моста по 19850 Н.

Результаты экспериментальных исследований по определению параметров плавности хода. В результате проведенных экспериментальных исследований параметров плавности хода трактора, были определены амплитуды средних квадратичных вертикальных ускорений и относительных перемещений, которые представлены на рисунках 1 - 9.

На рис.1 и 2 представлены характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора на синусоидальной неровности с шагом 350 мм и высотой неровностей 30 мм соответственно на первой и третьей рабочих скоростях.

Установлено, что для передней поддрессоренной части рамы трактора характеристики располагаются ниже, чем для переднего и заднего мостов и сиденья тракториста. Из графиков следует, что снижение давления в подвеске (уменьшение ее жесткости) ведет к снижению средних квадратичных амплитуд передней поддрессоренной части трактора (рис. 1). Так, уменьшение давления в пневматической системе рессорного подвешивания с 0,35 до 0,22 МПа снижает значение \ddot{z} поддрессоренной передней части рамы трактора на 2,5% при движении на первой рабочей скорости. При движении на третьей рабочей скорости эта закономерность не подтвердилась, т.к. наименьшее значение \ddot{z} было получено при давлении воздуха в подвеске равном 0,27 МПа, а при снижении давления до 0,22 МПа на данной скорости \ddot{z} несколько возросла. Очевидно, что это несоответствие можно объяснить погрешностью эксперимента. Из сопоставления характеристик \ddot{z} рамы и переднего моста следует, что значение средних квадратичных амплитуд ускорений рамы ниже чем для переднего моста в 3 раза при движении на 1-й рабочей скорости, и в 1,23 раза - при движении на 3-й скорости.

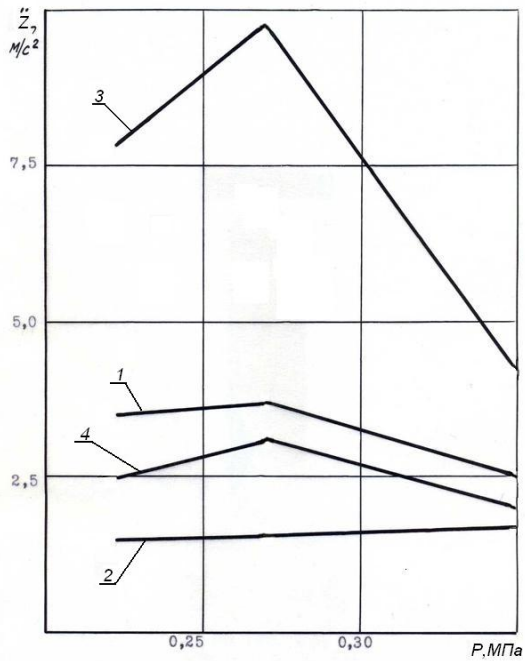


Рисунок 1 - Характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон $S = 350$ мм, $h = 30$ мм 1-я рабочая скорость):
1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

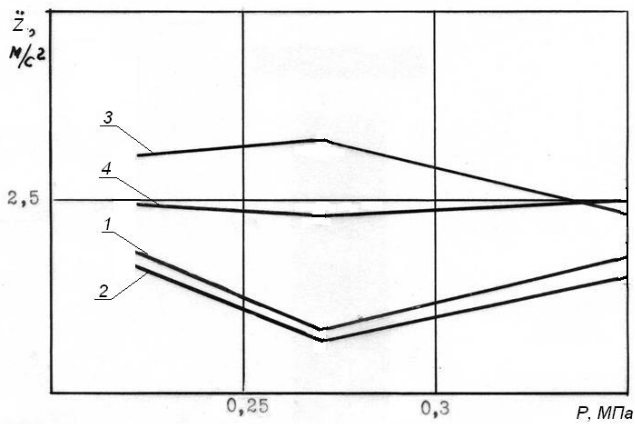


Рисунок 2 - Характеристика средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон $S = 350$ мм, $h = 30$ мм 3-я рабочая скорость):
1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

На рисунках 3 и 4 представлены характеристики средних квадратичных ускорений трактора на синусоидальной неровности с шагом 700 мм и высотой неровности 45 мм, соответственно на 1-й и 3-й рабочих скоростях. Характеристики \ddot{z} для рамы трактора здесь располагаются также ниже, чем для мостов и сиденья тракториста. При движении на первой рабочей скорости уменьшение давления воздуха в пневматической системе рессорного подвешивания с 0,35 МПа до 0,22 МПа снижает \ddot{z} рамы трактора на 45%. При движении на 3-й рабочей скорости уменьшение давления воздуха в системе снижает \ddot{z} несущественно.

Значения средних квадратичных отклонений рамы ниже, чем переднего моста на 13% при движении на 1-й рабочей скорости и на 18% при движении на 3-й рабочей скорости. На этом фоне наибольшие ускорения отмечены на сидении тракториста они превосходят ускорения на раме в 3,3 раза при движении на первой рабочей скорости и в 1,2 раза при движении на 3-й рабочей скорости.

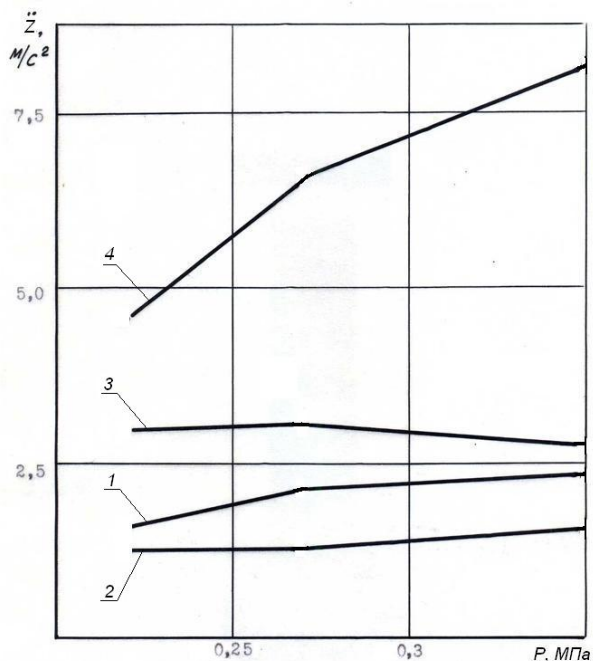


Рисунок 3 - Характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон $S = 700$ мм, $h = 45$ мм 1-я рабочая скорость):
1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

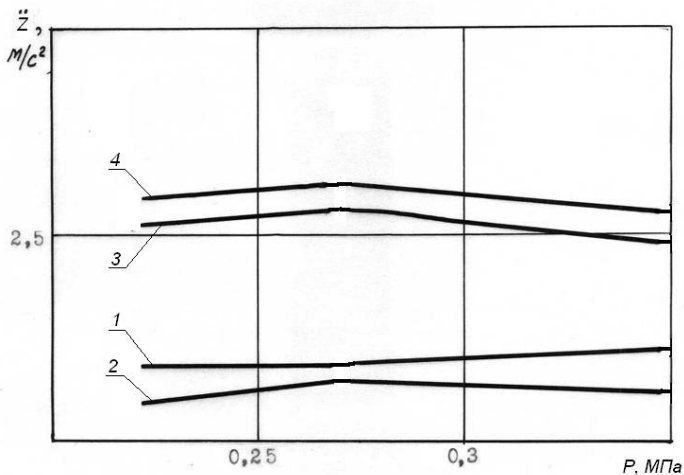


Рисунок 4 - Характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон $S = 700$ мм, $h = 45$ мм 3-я рабочая скорость):
 1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

На рисунках 5 и 6 представлены характеристики средних квадратичных ускорений трактора на синусоидальной неровности с шагом 1400 мм и высотой неровности 30 мм, соответственно на 1-й и 3-й рабочих скоростях.

Из сопоставления этих графиков видно, что при движении по неровностям на 1-й рабочей скорости \ddot{z} превышает соответствующие значения ускорения, полученные при движении на 3-й рабочей скорости. Так \ddot{z} рамы отличаются в 2 раза, а для сиденья - в 4 раза. Очевидно, что 1-я рабочая скорость является резонансной при движении по данной синусоидальной неровности. Различие в \ddot{z} между рамой и передним мостом здесь составляет от 2 до 10%; а между рамой и сиденьем в 5,5 раза для первой рабочей скорости и в 2,4 раза для третьей рабочей скорости.

Из анализа характеристик прослеживается закономерность изменения значений средних квадратичных вертикальных ускорений трактора в зависимости от скорости движения. По мере увеличения скорости проезда синусоидальной неровности с 10 до 13,85 км/час амплитуды вертикальных ускорений снижаются. Так при движении по неровности с шагом 350 мм снижение \ddot{z} для рамы трактора составляет 2,2%, при движении по неровности с шагом 700 мм – 8,2%, при движении по неровности с шагом 1400 мм – 101%, при давлении воздуха в пневмосистеме 0,35 МПа.

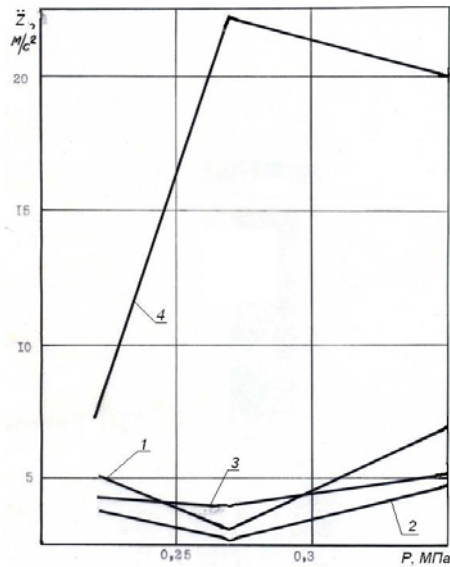


Рисунок 5 - Характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон S = 1400 мм, h = 30 мм 1-я рабочая скорость):
1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

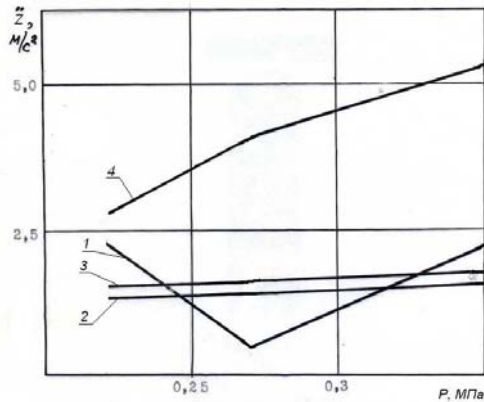


Рисунок 6 - Характеристики средних квадратичных вертикальных ускорений трактора (Фон S = 1400 мм, h = 30 мм 3-я рабочая скорость):
1 - задний мост, 2 - рама, 3 - передний мост, 4 - сиденье.

На рисунках 7 - 9 представлены характеристики средних квадратичных перемещений переднего моста трактора относительно рамы. Из графиков следует, что на всех исследуемых фонах относительные перемещения на

третьей рабочей скорости меньше, чем на первой. Причем, наибольшая разница получена при движении на фоне с шагом 1400 мм, где она достигает 70%, в то время как для неровности с шагом 350 мм эта разница составляет всего 5 – 12%.

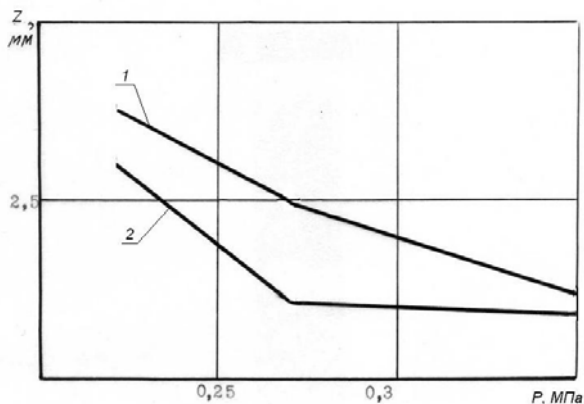


Рисунок 7 - Характеристики средних квадратичных перемещений переднего моста относительно рамы трактора (Фон $S = 350$ мм, $h = 30$ мм):
1 – 1-я рабочая скорость, 2 – 3-я рабочая скорость.

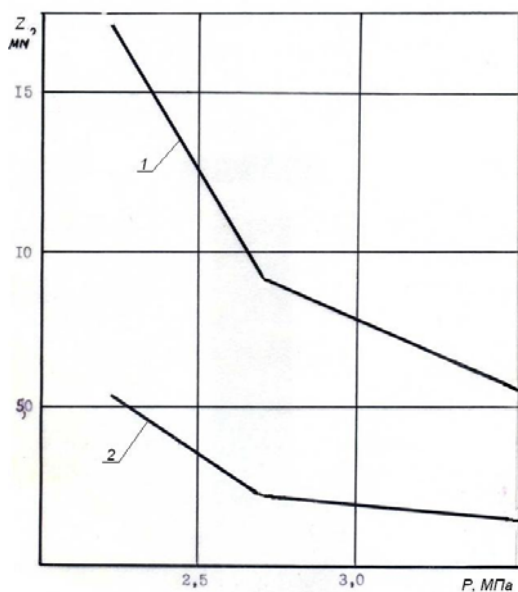


Рисунок 8 - Характеристики средних квадратичных перемещений переднего моста относительно рамы трактора (Фон $S = 1400$ мм, $h = 30$ мм):
1 – 1-я рабочая скорость, 2 – 3-я рабочая скорость.

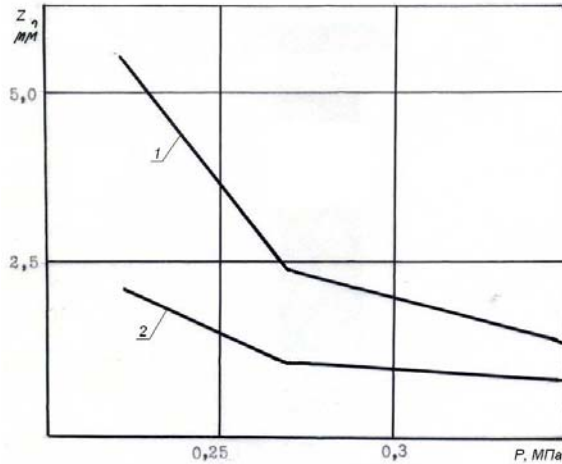


Рисунок 9 - Характеристики средних квадратичных перемещений переднего моста относительно рамы трактора (Фон $S = 700$ мм, $h = 45$ мм):
1 – 1-я рабочая скорость, 2 – 3-я рабочая скорость.

Выводы: Анализ проведенных экспериментальных исследований по определению параметров плавности хода трактора, оборудованного пневморессорной подвеской, показывает, что с увеличением давления воздуха в пневматической системе амплитуды вертикальных перемещений переднего моста относительно рамы трактора снижаются. Так же при увеличении давления в системе с 0,22 до 0,35 МПа амплитуды перемещений переднего моста трактора относительно рамы снижаются в 3 - 3,5 раза на фоне с шагом 1400 мм. На фоне с шагом 350 мм это снижение составляет 1,1 - 1,2 раза. Таким образом, применение пневморессорной подвески даёт возможность регулировки давления в пневматическом упругом элементе самоходной машины, что позволяет изменять в широком диапазоне параметры плавности хода трактора.

Список литературы: 1. Яценко Н.Н., Прутчиков О.К. Плавность хода грузовых автомобилей. – М.: Машиностроение, 1969. – 220с. 2. Равкин Г.О. Пневматическая подвеска автомобиля. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 174 с. 3. Великодный В.М., Кириенко Н.М. – «Улучшение параметров плавности хода колёсного сельскохозяйственного трактора ХТЗ – 120» // Видавничий центр НТУ «ХП», Харків, 1993. 4. Левзнер Я.М. Колебания автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972.–208с. 5. Исследование плавности хода, динамической нагруженности элементов системы трактора Т-150КМ и обоснование схемы подвески: Отчёт кафедры «Тракторостроение» Харьк. политехн. Ин-та, №76050198. Харьков: 1977. – 165 с. 6. Великодный В.М., Мамонтов А.Г. Экспериментальные исследования параметров демпфирования пневморессорной подвески самоходной машины // Тематический выпуск «Автомобіле- і тракторобудування». - НТУ «ХП». - 2010.-№1, с. 47 - 54.

Поступила в редакцию 04.09.2010