

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРА С ПРИЦЕПОМ ПО ГРУНТОВОЙ ДОРОГЕ

Проведено аналіз чисельних даних, отриманих у результаті експериментальних випробувань параметрів плавності руху машино тракторного агрегату на базі колісного трактора оснащеного пневматичною системою підресорювання. Встановлено залежності величин середньоквадратичних прискорень та переміщень від швидкості руху по дорозі з ґрунтовим покриттям, та рівня тиску повітря в системі пневматичного ресорного підвішування.

The organized analysis numerical data, got as a result of experimental test parameter to smothnesses of the motion tractor with trailer on the base of the wheel tractor equipped by pneumatic suspension system. The installed dependency of the values of the root-mean-square speedups and displacement from velocity of the moving the tractor and level to pressure of the air in system pneumatic on spring when moving on road with soil covering.

Введение. Уровень виброзащиты – один из основных показателей качества и надежности самоходных машин. Для защиты от динамических нагрузок широко используются различные виброзащитные системы с металлическими упругими элементами. Качество виброзащиты существенно повышается по мере снижения собственной частоты колебаний защищаемого объекта. Одним из радикальных способов снижения частоты собственных колебаний защищаемого объекта является применение пневматической виброзащитной системы.

Анализ последних достижений и публикаций.

Одной из причин возникновения потерь при выполнении транспортно-технологических операция являются колебания подрессоренной массы, в процессе движения по неровностям дороги [1].

Кроме того вертикальные колебания негативно влияют на состояние деталей и узлов мобильных машин и агрегатов. В результате колебаний уменьшается межремонтный пробег и значительно увеличивается себестоимость транспортно-технологических операций [2,3]. Поэтому возникает необходимость повышения плавности хода машинотракторных агрегатов, которые используются в сельском хозяйстве.

С середины 80-х годов получает развитие пневматическая система подрессоривания, позволяющая изменять жесткость подвески, регулировать дорожный просвет и эффективно гасить колебания, передаваемые от дороги на остов самоходной машины.

Цель и постановка задачи. Для повышения эксплуатационных свойств и улучшения параметров плавности хода тракторного агрегата была разработана комбинированная пневморессорная подвеска установленная на колёсный трактор Т-150КМ. Её комплект состоит из листовой рессоры и пневматических резинокордных упругих элементов, соединённых с дополнительными воздушными резервуарами (гидравлические амортизаторы в подвеске отсутствуют) [4].

Целью эксперимента является оценка плавности хода тракторного агрегата и получение экспериментальных данных характеризующих его движение по дороге с грунтовым покрытием.

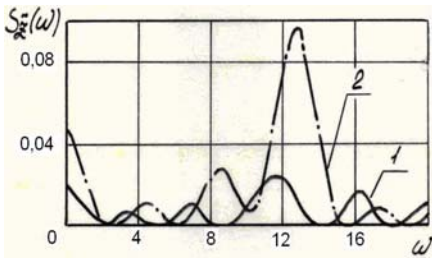
Постановка эксперимента. Для исследования плавности хода трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской были проведены испытания трактора Т-150КМ с прицепом 1ПТС-9 на грунтовой дороге. При этом регистрировались следующие параметры: ускорения переднего моста, ускорения рамы над передним мостом, ускорение рамы над задним мостом, перемещения моста относительно рамы. Давление воздуха в пневмоподвеске устанавливалось 0,22; 0,27 и 0,35 МПа при диаметре дроссельного отверстия в пневмоподвеске 9 мм и без дросселя 14 мм.

Испытания производились на горизонтальном участке грунтовой дороги длиной 200 м.

Результаты экспериментальных исследований по определению параметров плавности хода трактора. На основании обработки экспериментальных данных получены корреляционные функции, спектральные плотности и среднеквадратичные значения изменения регистрирующих величин.

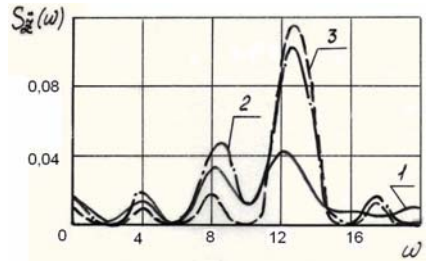
Анализ корреляционных функций и спектральных плотностей вертикальных ускорений переднего моста показал, что вертикальные ускорения моста имеют несколько резко выраженных частот 0,64 Гц, (1,26 ... 1,36) Гц, (1,8 ... 2,2) Гц и (2,75 ... 2,85) Гц (рис. 1 и 2). С повышением скорости от 16,95 км/час до 31,25 км/час частоты находятся в указанных пределах, т.е. они меняются незначительно. Основная частота вертикальных ускорений моста с изменением скорости от 16,95 км/час до 31,25 км/час находится в пределах (1,8 ... 2,2) Гц.

Характерно, что частоты вертикальных колебаний рамы над передним мостом практически совпадают с частотами переднего моста и равны 0,64 Гц, (1,28 ... 1,52) Гц, (1,7 ... 2,1) Гц и (2,7 ... 2,8) Гц (рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8).



1 – $V = 16,95$ км/час; 2 – $V = 21,28$ км/час.

Рисунок 1 - Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений переднего моста трактора при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (диаметр дросселя 9мм; динамический ход 40мм; давление воздуха 0,21 МПа)



1 – $V = 16,95$ км/час; 2 – $V = 21,28$ км/час, 2 – $V = 31,25$ км/час.

Рисунок 2 - Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений переднего моста трактора при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (без дросселя; динамический ход 40мм; давление воздуха 0,22 МПа)

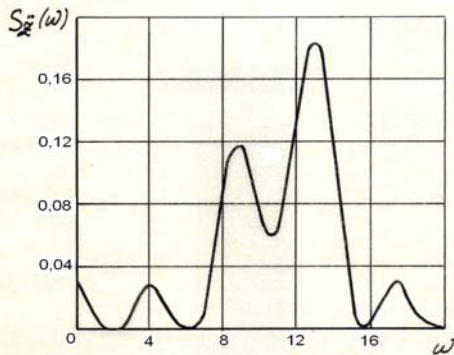
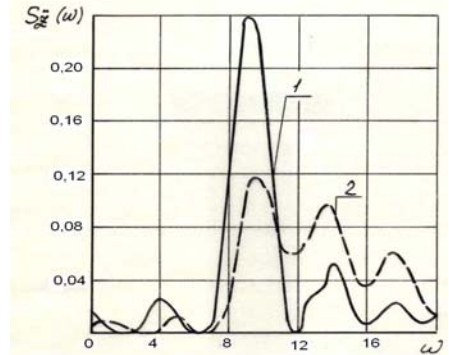


Рисунок 3 - Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над передним мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (диаметр дросселя 9мм; динамический ход 40мм; давление воздуха 0,21 МПа), $V = 21,28$ км/час



1 – $V = 16,95$ км/час; 2 - $V = 31,25$ км/час.

Рисунок 4 - Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над передним мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (диаметр дросселя 9мм; динамический ход 60мм; давление воздуха 0,35 МПа)

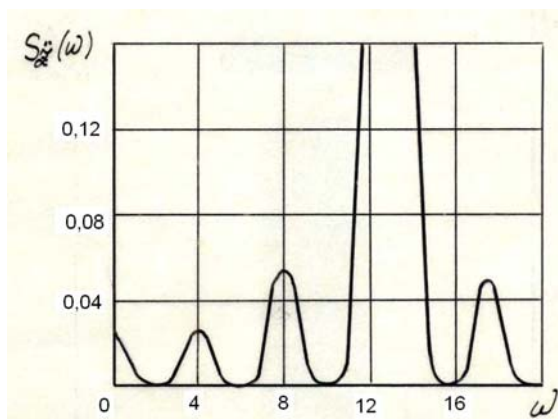


Рисунок 5 – Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над передний мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (без дросселя; динамический ход 40 мм; давление воздуха 0,21 МПа), $V=31,25$ км/час

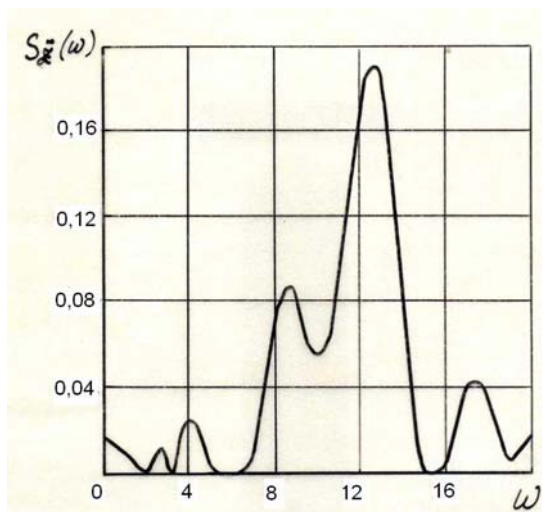


Рисунок 6 - Нормированные спектральные личности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над передним мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (без дросселя; динамический ход 60мм; давление воздуха 0,34 МПа), $V=31,25$ км/час

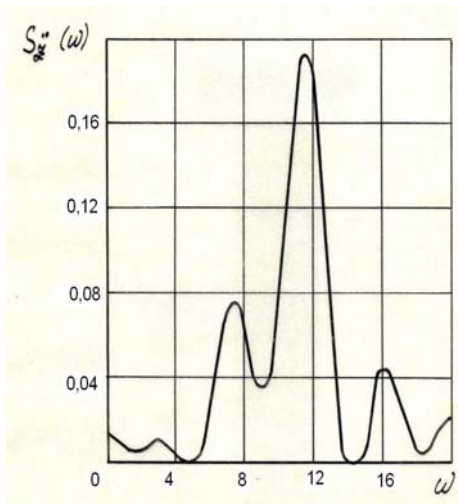
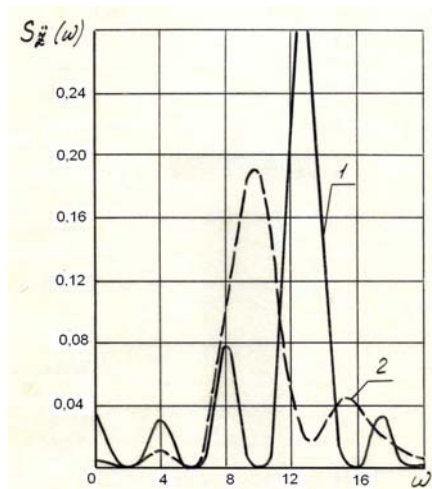


Рисунок 7 – Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}z}(\omega)$ ускорений остова

трактора над передним мостом при его движении с прицепом ППТС-9 по грунтовой дороге (без дросселя; динамический ход 50 мм; давление воздуха 0,27 МПа), $V = 16,95$ км/час

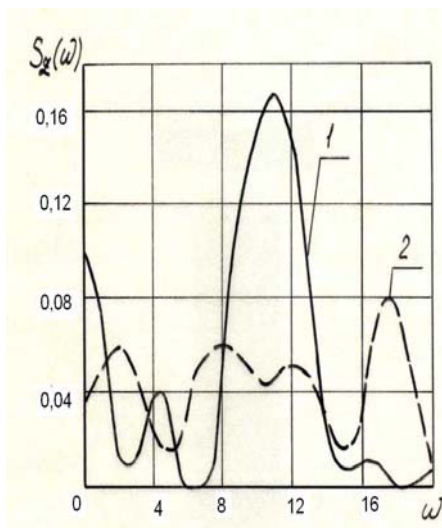


1 – $V = 16,95$ км/час; 2 – $V = 31,25$ км/час.

Рисунок 8 – Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}z}(\omega)$ ускорений

остова трактора над передним мостом при его движении с прицепом ППТС-9 по грунтовой дороге (диаметр дросселя 9мм; динамический ход 50мм; давление воздуха 0,27 МПа).

В зависимости от скорости они меняются незначительно. При изменении давления в пневмоподвеске от 0,22 МПа до 0,35 МПа без дросселя основные частоты колебаний рамы над передним мостом равны (1,7 ... 2,1)Гц. При дросселе диаметром 9 мм основная частота колебаний рамы при давлении воздуха в системе 0,35 МПа (1,35 ... 1,55)Гц. При давлении воздуха в системе 0,27 МПа основная частота рамы при повышении скорости с 16,95 км/час до 31,25 км/час уменьшается с 2 Гц до 1,48 Гц. При давлении воздуха в системе 0,22 МПа основная частота рамы составляла (1,7 ... 2)Гц. Естественно, что частота относительного перемещения переднего моста относительно рамы такая же, как и частота рамы и составляет (0,3 ... 0,34) Гц; (1,26 ... 1,44)Гц; (1,7 ... 2,1)Гц; (2,7 ... 2,8)Гц (рис. 9, 10). Основная частота относительного перемещения моста относительно рамы находится в пределах (1,44 ... 1,9) Гц.



1 – $V = 16,95$ км/час; 2 - $V=31,25$ км/час.

Рисунок 9 – Нормированные спектральные плотности

$S_z(\omega)$ перемещении переднего моста трактора относительно рамы при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (с диаметром дросселя 9 мм; динамический ход 40мм; давление воздуха 0,21 МПа)

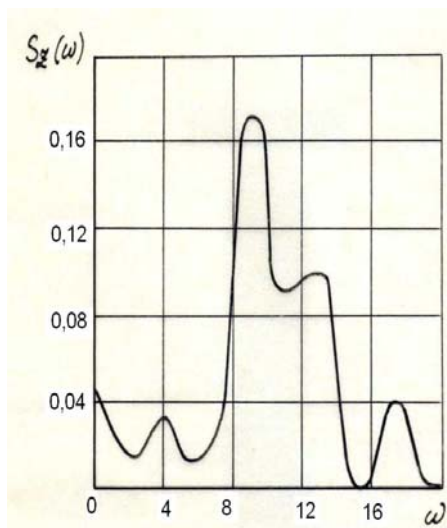


Рисунок 10 – Нормированные

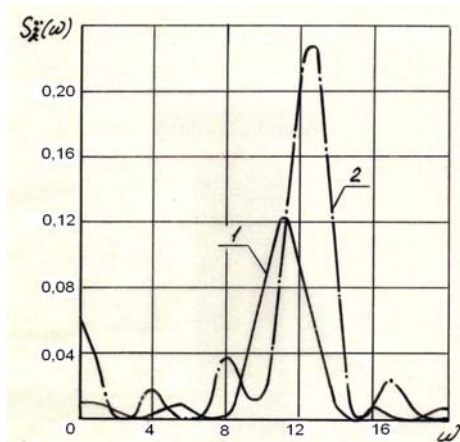
спектральные плотности $S_z(\omega)$

перемещений переднего моста трактора относительно рамы при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге (без дросселя; динамический ход 60мм; давление воздуха 0,34 МПа), $V=31,25$ км/час.

Анализ корреляционных функций и спектральных плотностей вертикальных ускорений рамы трактора над задним мостом показал, что частоты такие же, как и над передним, мостом и они равны 0,64 Гц, (1,26 ... 1,46) Гц, (1,76 ... 2,2) Гц, (2,6 ... 2,8) Гц, (рис.11 и 12). Они практически не зависят от диаметра дроссельного отверстия в пневмосистеме и скорости трактора. Основные частоты находятся в пределах (1,7 ... 2,2) Гц.

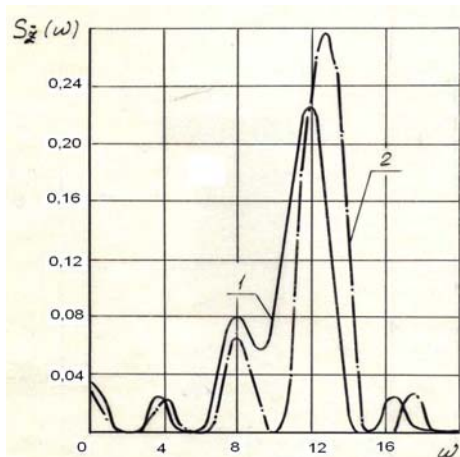
Полученные среднеквадратичные ускорения измеряемых величин приведены на рис. 13, 14, 15, 16, 17, 18. Анализ результатов показал, что и изменением скорости от 16,95 км/чае до 31,25 км/час на грунтовой дороге среднеквадратичные ускорения переднего моста возрастает от (0,12 ... 0,15) г до (0,22 ... 0,24) г. При различных давлениях воздуха в пневмосистеме

ускорения переднего моста меняются незначительно. По видимому дорога не имела стабильной характеристики. Почти не сказывалось на ускорении моста и сечение дросселя. При дросселе диаметром 9 мм ускорения на 5% меньше, чем без дросселя.



1 – $V = 16,95$ км/час; 2- $V=21, 28$ км/час.

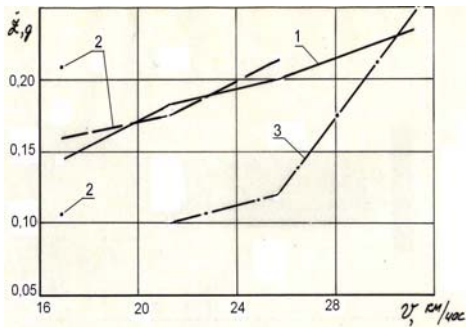
Рисунок 11 – Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над задний мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге с диаметром дросселя 9мм; динамический ход 40мм; давление воздуха 0,21 МПа).



1 – $V = 16,95$ км/час; 2- $V=21, 28$ км/час.

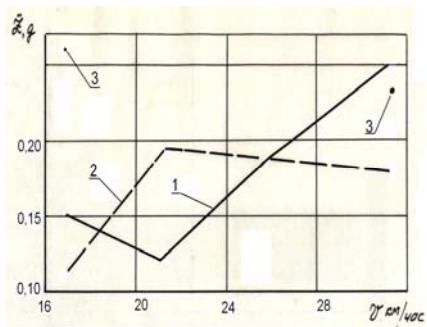
Рисунок 12 – Нормированные спектральные плотности $S_{\ddot{z}}(\omega)$ ускорений остова трактора над задним мостом при его движении с прицепом 1ПТС-9 по грунтовой дороге без дросселя; динамический ход 40 мм; давление воздуха 0,21 МПа).

На рис. 19, 20 представлена графическая зависимость среднеквадратического перемещения переднего моста трактора относительно рамы трактора Т-150КМ при выполнении транспортных работ на грунтовой дороге с прицепом 1ПТС-9 в зависимости от скорости. Анализ результатов показывает, что при дросселе диаметром 9 мм и изменении скорости от 16,95 км/ч до 31,25 км/ч среднеквадратичное перемещение моста относительно рамы составляет 4 ... 5,5 мм. При отсутствии дросселя наблюдается большой разброс перемещения, а среднее его значение находится в пределах от 3 до 7 мм при изменении скорости от 16,95 км/ч до 31,25 км/ч.



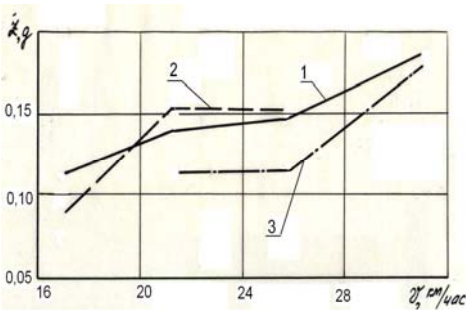
1 – 0,22 МПа; 2 – 0,27 МПа; 3 – 0,35 МПа.

Рисунок 13 - Изменение средневквдратичных вертикальных ускорений переднего моста трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме без дросселя



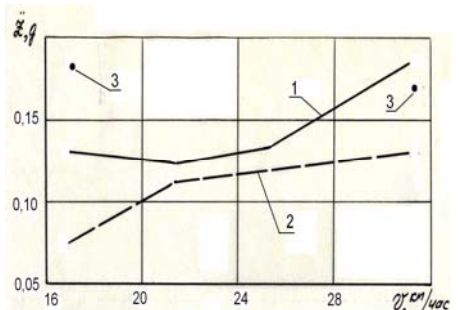
1 – 0,22 МПа; 2 – 0,27 МПа; 3 – 0,35 МПа.

Рисунок 14 - Изменение средневквдратичных вертикальных ускорений переднего моста трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме с дросселем



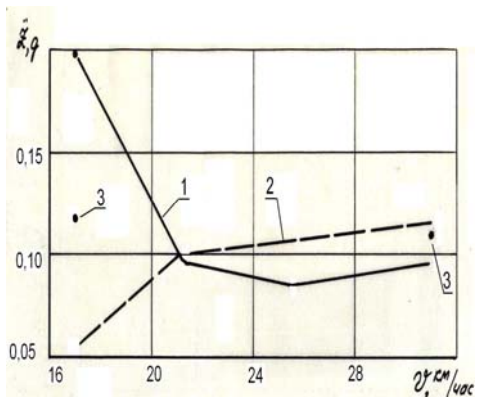
1 – 0,22 МПа; 2 – 0,27 МПа; 3 – 0,35 МПа

Рисунок 15 – Изменение средневквдратичных вертикальных ускорений остова над передним мостом трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме без дросселя



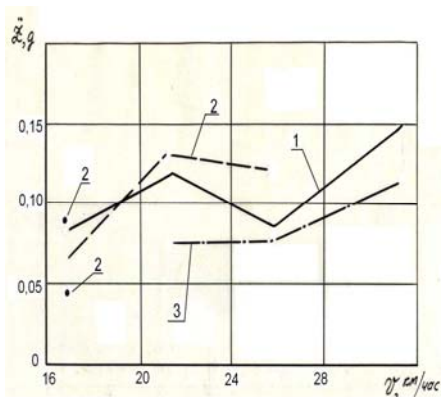
1 – 0,22 МПа; 2 – 0,27 МПа; 3 – 0,35 МПа

Рисунок 16 – Изменение средневквдратичных вертикальных ускорений остова над передним мостом трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме с дросселем



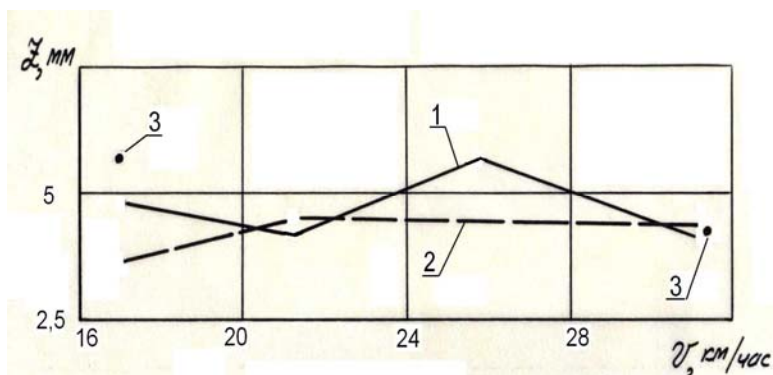
1 - 0,22 МПа; 2 - 0,27 МПа; 3 - 0,35 МПа.

Рисунок 17 – Изменение среднеквадратичных вертикальных ускорений остова над задним мостом трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме с дросселем



1 - 0,22 МПа; 2 - 0,27 МПа; 3 - 0,35 МПа.

Рисунок 18 – Изменение среднеквадратичных вертикальных ускорений остова над задним мостом трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме без дросселя



1 - 0,22 МПа; 2 - 0,27 МПа; 3 - 0,35 МПа.

Рисунок 19 - Изменение среднеквадратичных перемещений переднего моста относительно рамы трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме с дросселем

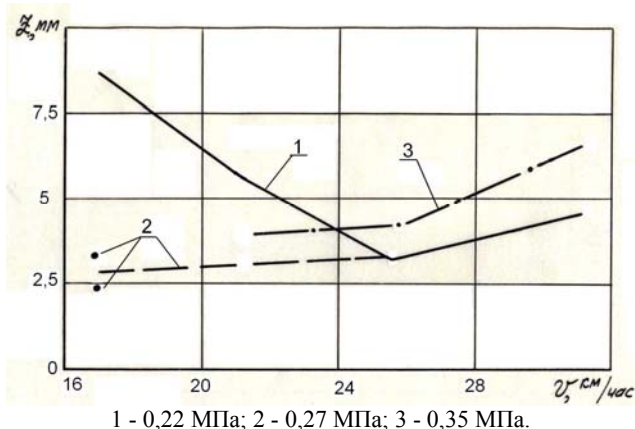


Рисунок 20 - Изменение среднеквадратичных перемещений переднего моста относительно рамы трактора Т-150КМ с пневморессорной подвеской в зависимости от скорости при давлении воздуха в пневмосистеме без дросселя

Выводы: Анализ проведенных экспериментальных исследований показывает, что частоты колебаний переднего моста и рамы резко выражены и равны 0,64 Гц, (1,26 ... 1,36) Гц, (1,8 ... 2,2) Гц и (2,75 ... 2,85) Гц.

Среднеквадратичное ускорение рамы над передним мостом с ростом скорости от 16,95 км/час до 31,25 км/час растет с (0,08 ... 0,12) g до 0,18g. Закономерности влияния давления воздуха в пневмосистеме не выявлено. При скоростях 21 ... 26 км/час ускорения рамы над передним мостом с дросселем диаметром 9 мм меньше 10 – 15%, чем без дросселя.

Среднеквадратичное ускорение рамы над задним мостом с ростом скорости от 16,95 км/час до 31,25 км/час практически сохранилось постоянным и находилось в пределах (0,08 ... 0,12)g. Давление воздуха в пневмосистеме мало влияет на ускорении. Но при дросселе диаметром 9 мм среднеквадратичное ускорение рамы над задним мостом на 10 - 15% меньше, чем без дросселя. Таким образом, применение на тракторе пневморессорной подвески оказывает влияние на улучшение плавности хода машинотракторного агрегата в целом при движении по дороге с грунтовым покрытием.

Список литературы: 1. Програма розвитку автомобілебудування України. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.09.93. №732. 2. Яценко Н.Н., Прутчиков О.К. Плавность хода грузовых автомобилей. – М.: Машиностроение, 1969. – 220с. 3. Певзнер Я.М., Горелик А.М. Пневматические и гидропневматические подвески. – М.: МАШГИЗ, 1963.–314с. 4. 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.