

УДК 532.54:62-752

АРТЮШЕНКО А.Д., НТУ «ХПИ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВЕСОК СИДЕНЬЯ НА ТРАКТОРЕ Т-150К

Досліджені віброзахисні якості серійної і пневматичної підвісок сидіння під час оранки стерні колосових і виконанні транспортних робіт. Доведено, що віброзахисні якості пневматичної підвіски забезпечують захист тракториста від низькочастотних прискорень значно краще ніж серійна підвіска.

Введение. Применяемые на тракторах подвески сидений недостаточно эффективно защищают тракториста от низкочастотных колебаний (1,5-3 Гц). Основными причинами такого положения являются не только конструктивные трудности создания подвески с упругим элементом малой жесткости, но и выбора оптимальных параметров подвески, которые бы обеспечили защиту при ограниченной величине динамического хода сиденья и не допускали бы пробоев подвески при действии случайных возмущений. Малые значения допускаемых среднеквадратичных ускорений на сиденье требуют, чтобы силы трения в подвеске были минимальны. Повышенная чувствительность подвески создаст проблемы для сохранения высоты положения статического равновесия.

В соответствии с ГОСТом 12. 2. 019-76 в качестве параметра вибрации на рабочем месте оператора приняты среднеквадратические значения ускорений в октавных и третьоктавных полосах, поэтому этими параметрами и будем оценивать качество сравниваемых подвесок.

Анализ существующих конструкций подвесок сиденья и постановка задачи. С ростом рабочих скоростей тракторов возникла острая необходимость в защите тракториста от низкочастотных колебаний. Поэтому уже в 70-е годы практически на всех отечественных тракторах устанавливались поддресорные сиденья, конструкция которых разрабатывалась на разных предприятиях отрасли. На трактор Т-150К сначала устанавливалось сиденье А 31.00.000 предназначенное для пропашных и промышленных тракторов и комбайнов.

Подвеска сиденья имеет направляющий механизм параллелограммного типа, упругий элемент в виде пружины сжатия, встроенной в диагональ направляющего механизма, малогабаритный амортизатор АС20-75, механизм регулирования по весу и высоте положения подушки сиденья.

Позже было создано перспективное унифицированное сиденье АУ31.00.000. Подвеска этого сиденья включает пружину кручения, которая передает восстанавливающий момент на силовой вал, размещенный в литом корпусе, малогабаритный гидравлический демпфер АС 20-050, направляющий механизм параллелограммного типа и механизм регулирования по весу оператора (за счет предварительной закрутки пружины). Применение пружины кручения позволило реализовать подвеску с низкой жесткостью при небольших габаритах.

В модернизированном сиденье для универсально- пропашных тракторов 70-6800000 конструкции МТЗ подвеска имеет два последовательно соединенных через зубчатую передачу торсиона, малогабаритный гидравлический демпфер АС20-50 и механизм регулирования подвески по весу водителя.

Сиденье фирмы «Граммер» ДS-85 имеет подвеску с двумя пружинами растяжения, которые расположены на основании сиденья, два гидроамортизатора, расположенными между упругими элементами, направляющий механизм типа «ножницы» и механизм регулировки по весу водителя.

Сиденье «Викинг 301» фирмы Бостром имеет подвеску торсионного типа – из пакета пластинчатых торсионов, направляющий механизм – типа «ножницы», гидравлический демпфер и механизм регулировки по весу водителя.

Из сравнительного анализа перечисленных выше подвесок следует отметить, что подвеска АУ. 31. 00. 000 наиболее компактная и ее можно устанавливать в кабинах всех типов тракторов.

Указанные сиденья прошли экспериментальные исследования в НАТИ и на тракторных заводах, где определялись уровни и частотный состав вибраций на сиденье при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, затем сопоставляли полученные результаты с требованиями нормативных документов, оценивали эффективность мероприятий по улучшению виброзащитных свойств подвесок сиденья.

Собственные частоты серийной и перспективной подвесок составляют 1,14 – 1,16 Гц, подвески «Викинг-301» -1,25 Гц.

При определении статических характеристик подвесок было установлено, что силы трения у подвесок: А 31.00.000 «Викинг-301» , ДS-85Н/90 А1 находятся в диапазоне 50-80 Н, у подвески АУ 31.00.000 сила трения находится в диапазоне 35-45Н, а у подвески сиденья 70-88.00.000-125-145Н (меньшее значение получено при регулировке подвески на вес оператора 600Н) [1]

Как показали исследования, коэффициент передачи на частоте 2,2 Гц составил: 0,85-для сидений А-31.00.000 и АУ-31.00.000; 1,90 – для сиденья 70.68.00.000; 1,32 – для сиденья ДS-85Н/90АР; И 1,25 – для сиденья «Викинг-301».

Уровень вибраций на сиденье оператора измеряется в соответствии с ГОСТ 12.2.002-81. На трактор Т-150К поочередно устанавливались исследуемые сиденья и виброзащитные свойства оценивались при пахоте стерни зерновых культур плугом ПЛН-5-35 на глубину 22-25 см при работе на первой, второй и третьей передачах и максимальных оборотах двигателя, а также при движении на сухой грунтовой дороге с груженым прицепом ППТС-9 на передачах транспортного диапазона и номинальных оборотах двигателя. Давление воздуха в шинах устанавливалось в соответствии с инструкцией по эксплуатации трактора. Запись параметров колебаний осуществлялась в соответствии с инструкцией по эксплуатации трактора. Запись параметров колебаний осуществлялась с помощью комплекта радиотелемагнитографической аппаратуры РТУ-12МЗ. Все эксперименты повторялись трижды. Так как собственная частота трактора $f=1,8$ Гц, то зона сосредоточения основной энергии колебаний пола кабины ближе к резонансным частотам подвесок сиденья, чем у гусеничных тракторов и универсально-пропашных (МТЗ-80/82). По виброзащитным свойствам наилучшие результаты среди исследуемых подвесок получены для подвески АУ-31.00.000.

С возникновением необходимости поддерживать положение статического равновесия для пассивной подвески с упругим элементом малой жесткости, а также в связи с поиском возможностей обеспечения необходимых уровней низкочастотных колебаний на рабочем месте оператора была разработана пневматическая подвеска сиденья, расчетная схема которой приведена на рис. 1.

Особенностями подвески являются низкая собственная частота; наличие высотостабилизирующего устройства, отслеживающего положение статического

равновесия при изменении нагрузки на посадочное место сиденья и применение гидравлического амортизатора, характеристика которого описывается уравнением

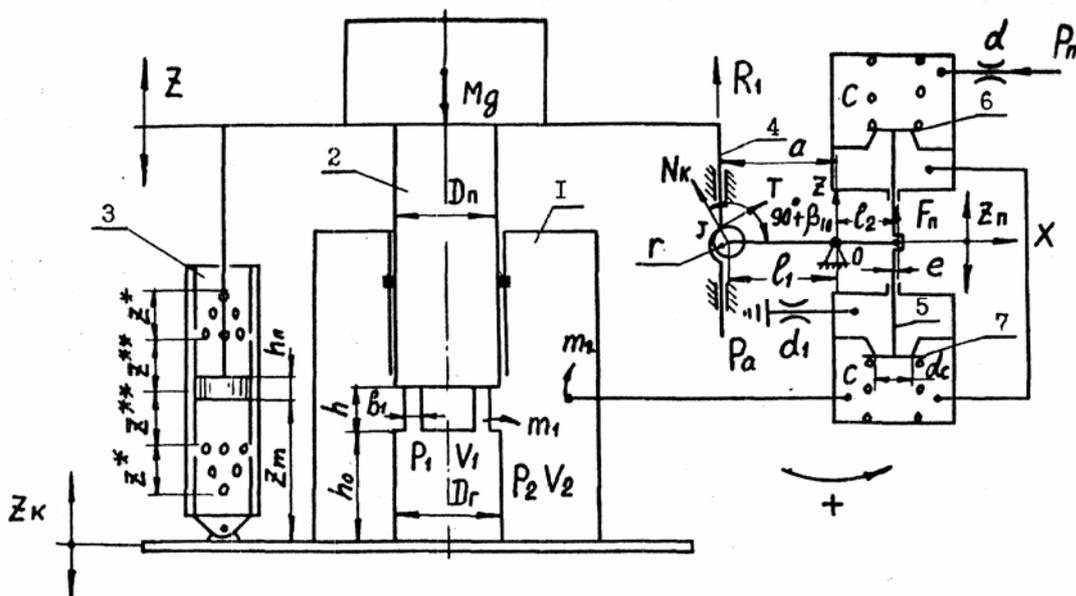


Рисунок 1 - Расчетная схема пневматической подвески сиденья

1 – ресивер; 2 – пневматический цилиндр; 3 – гидравлический амортизатор; 4 – обратная связь по положению; 5 – переключатель; 6 – клапан впуска; 7 – клапан выпуска.

$$F = F(Z, \dot{Z}) \begin{cases} K_1 \cdot Z, \text{ если } -Z^{**} \leq Z \leq Z^{**}; \\ K_1 \cdot Z + K_3 \cdot Z \cdot (|Z| - Z^{**}) / (Z^* - Z^{**}), \text{ если } -Z^* > Z > (-Z^* - Z^{**}); \\ K_1 \cdot Z, \text{ если } Z > 0 \text{ и } \dot{Z} < 0 \text{ или } Z < 0 \text{ и } \dot{Z} > 0; \\ K_1 \cdot Z + K_2 \cdot Z \cdot (Z - Z^{**}) / (Z^* - Z^{**}), \text{ если } Z^{**} < Z < (Z^* + Z^{**}); \end{cases}$$

где $F(Z, \dot{Z})$ – сила сопротивления амортизатора.

Отношение $(Z - Z^{**}) / (Z^* - Z^{**})$ описывает закон перекрытия дроссельных отверстий в рабочей гильзе амортизатора.

Экспериментальные исследования подвесок. Экспериментальные исследования АЧХ и ФЧХ пневматической подвески сиденья выполнены на электромеханическом стенде SPS-80 с использованием виброизмерительной аппаратуры ВИ6-5МА, осциллографа К12-22, частотомера-хрономера Ф5080, датчика угловых перемещений МУ-614м. Частота колебаний вибростола изменялась в диапазоне 0,5 – 4,0 Гц.

На рис. 2 и 3 приведены экспериментальные АЧХ и ФЧХ пневматической подвески сиденья.

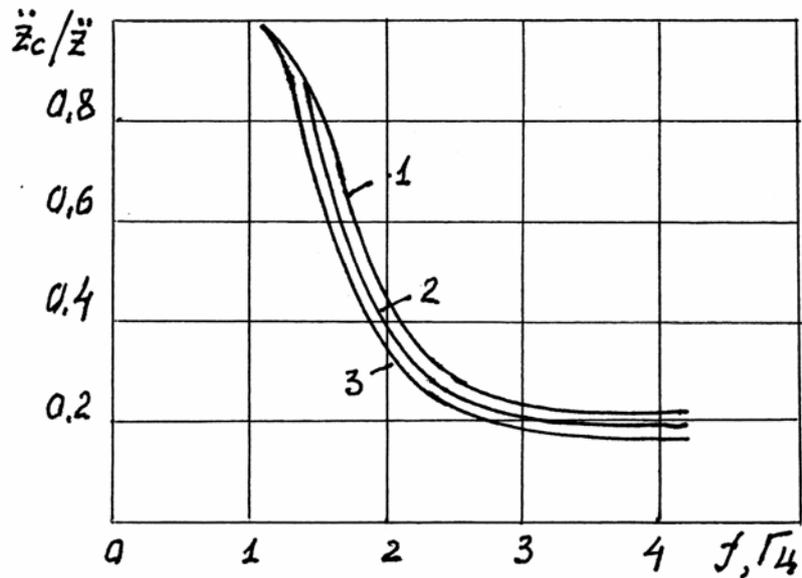


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика подвески при различных величинах масс приведенных к оси цилиндра: 1 – 95, 2 – 110, 3 – 140 кг

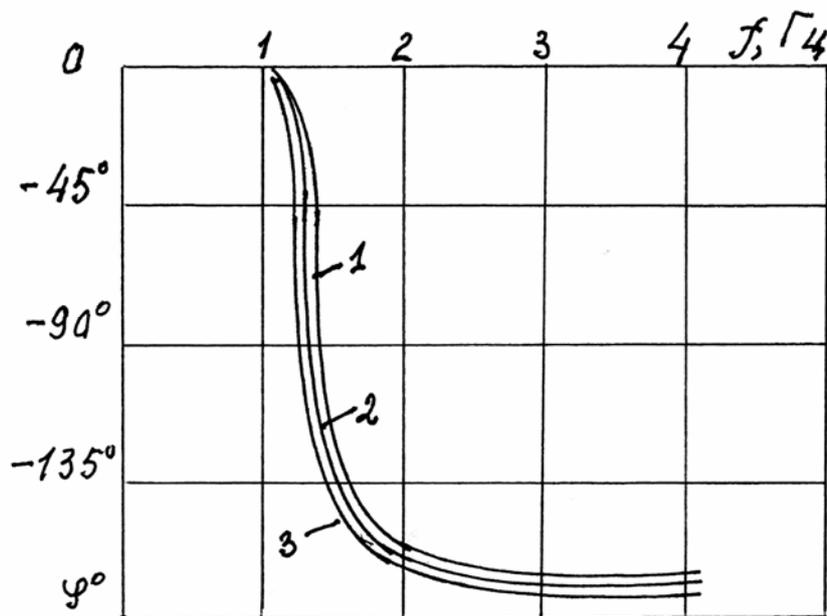


Рисунок 3 - Фазо-частотная характеристика подвески при различных величинах масс приведенных к оси цилиндра 1 – 95, 2 – 110, 3 – 140 кг

Из полученных характеристик видно, что подвеска при частоте колебаний $f = 1,8$ Гц обеспечивает коэффициент передачи ускорений в диапазоне 0,4 – 0,5.

На подвеску сиденья трактора действуют различные колебания. Низкочастотные случайные колебания возникают из-за воздействия неровностей на ходовую систему, сопротивления прицепных и навесных сельскохозяйственных орудий. Высокочастотные – и - за неравномерности крутящего момента двигателя, крутильных колебаний в трансмиссии, работы карданных валов, ходовой системы.

Поскольку подвеска сиденья является вторичным подрессориванием, то на нее воздействуют кинематические колебания в виде ускорений пола кабины. Поэтому первоначально для правильного выбора параметров подвески сиденья экспериментально изучались ускорения на полу кабины трактора Т-150К при пахоте и транспортных работах.

Для проведения этих исследований в кабине трактора устанавливалась регистрирующая и электронная аппаратура (осциллограф Н-700, усилитель 8АНУ-7М и блок питания к нему, блок управления, датчики).

Предполагая, что распределение размеров неровностей дорог подчинено нормальному закону длину экспериментального участка грунтовой дороги, обеспечивающую соблюдение средних размеров общего статического ряда и вероятность встречи с редко встречающимися неровностями с достоверностью 0,8 – 0,9 приняли равной 450-500 м.

Во всех экспериментах запись исследуемых величин велась только при движении в одном направлении с трехкратной повторностью.

Перед каждой новой записью и после записывались нулевые линии датчиков. Пахота осуществлялась плугом ПЛН-5-35 стерни на глубину 22-25 см и 28-30 см.

На тракторе Т-150К исследования пневмической и серийной подвесок осуществлялось в процессе пахоты и транспортных работ на сухой грунтовой дороге с полуприцепом ПТС-9.

Сравнительные испытания подвесок сиденья выполнялись совместно с лабораторией эргономики и микроклимата опытно-экспериментального цеха ХТЗ. Для измерений использовалась радиотелеметрическая установка, включающая в себя 12-канальный передатчик РТУ-12МЗ и приемник РТУ-12Т. Питание передатчика осуществлялось от аккумуляторной батареи напряжением 12В, а приемного устройства – от стабилизированного источника питания В5-7 напряжением 24В. Связь между приемным пунктом информации и оператором осуществлялась через радиотелефонную мобильную абонентную станцию 50РТМ-А2-4М с дальностью связи до 15 – 30 км. Для измерения ускорений использовали датчики ВВН-201.

Получаемые от датчиков сигналы от приемника РТУ-12Т поступали на пульт управления, а от него на измерительное устройство записи ТЕСЛА ЕАМ 500, которое может записывать на магнитную ленту одновременно 14 независимых электрических сигналов. К аппаратуре подключали микрофон и с его помощью записывали на особую вспомогательную дорожку на магнитной ленте сопровождающий комментарий. Для записи входной сигнал подвергался преобразованию путем частотной модуляции. В режиме воспроизведения частотно-модулированный сигнал от сигналограммы при взаимодействии набора воспроизводящих головок с носителем преобразуется в выходной сигнал, пропорциональный воспроизводимой частоте по напряжению.

Транспортные работы осуществлялись на скоростях 5,18; 5,88; 6,9; 8,36 м/с, а пахота на скоростях 2,37; 2,78; 3,1 м/с.

Полученные записи на магнитной ленте были обработаны на цифровой вычислительной машине, с использованием быстрого преобразования Фурье, и определены среднеквадратические значения ускорений для частотных диапазонов, указанных в ГОСТ 12.2.019-76. Количество одновременно обрабатываемых ординат составляет 2000. Среднестатистические значения ускорений при пахоте на второй рабочей передаче приведены на рис. 4, а при выполнении транспортных работ на рис. 5.

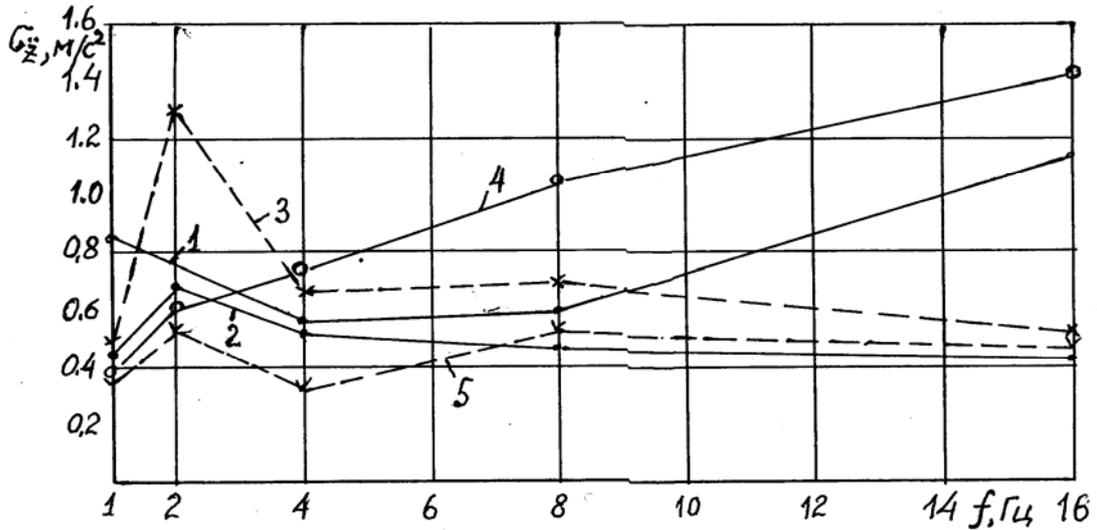


Рисунок 4 – Среднеквадратические значения ускорений при пахоте для среднегеометрических частот октавных полос: 1 – допустимые; 2 – пол кабины; 3 – сиденье серийное; 4 – пол кабины; 5 – сиденье с пневмоподвеской

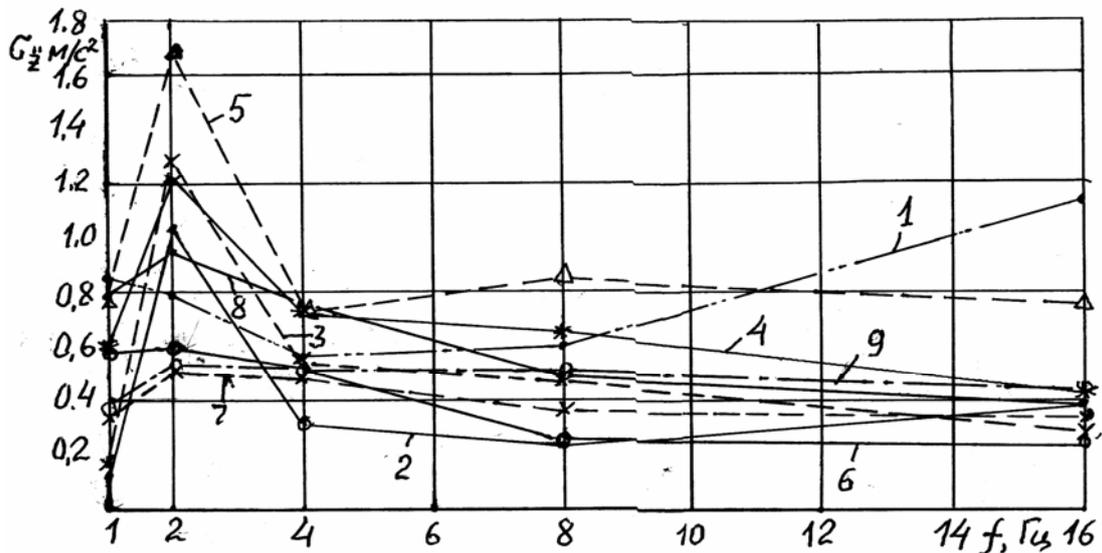


Рисунок 5 – Среднеквадратическое ускорение на транспорте для среднегеометрических частот октавных полос: 1 – допустимые; 2 – пол кабины; 3 – серийное сиденье (5 передача); 4 – пол кабины; 5 – серийное сиденье (7 передача); 6 – пол кабины; 7 – сиденье с пневмоподвеской (5 передача); 8 – пол кабины; 9 – сиденье с пневмоподвеской (7 передача)

При оценке влияния скорости движения трактора на виброзащитные свойства подвесок определяем среднеквадратическое ускорение за реализацию. Зависимости среднеквадратических ускорений от скорости движения трактора приведены на рис. 6, 7.

На рис. 6 приведены также расчетные значения среднеквадратических ускорений пола кабины и пневматической подвески сиденья, в зависимости от скорости. Сравнения среднеквадратических ускорений на сиденье с пневматической подвеской теоретических и экспериментальных показывает хорошее их совпадение. Серийная подвеска на транспортных работах увеличивает ускорения на сиденье.

Из данных приведенных на рис. 7. видно, что и на пахоте серийная подвеска усиливает колебания на сиденье, а пневматическая – снижает их.

С увеличением скорости движения трактора виброзащитные свойства пневматической подвески улучшаются. Подвеска обеспечивает защиту тракториста от низкочастотных ускорений, снижая их на сидении до уровня допустимого ГОСТ 12.2.019-76.

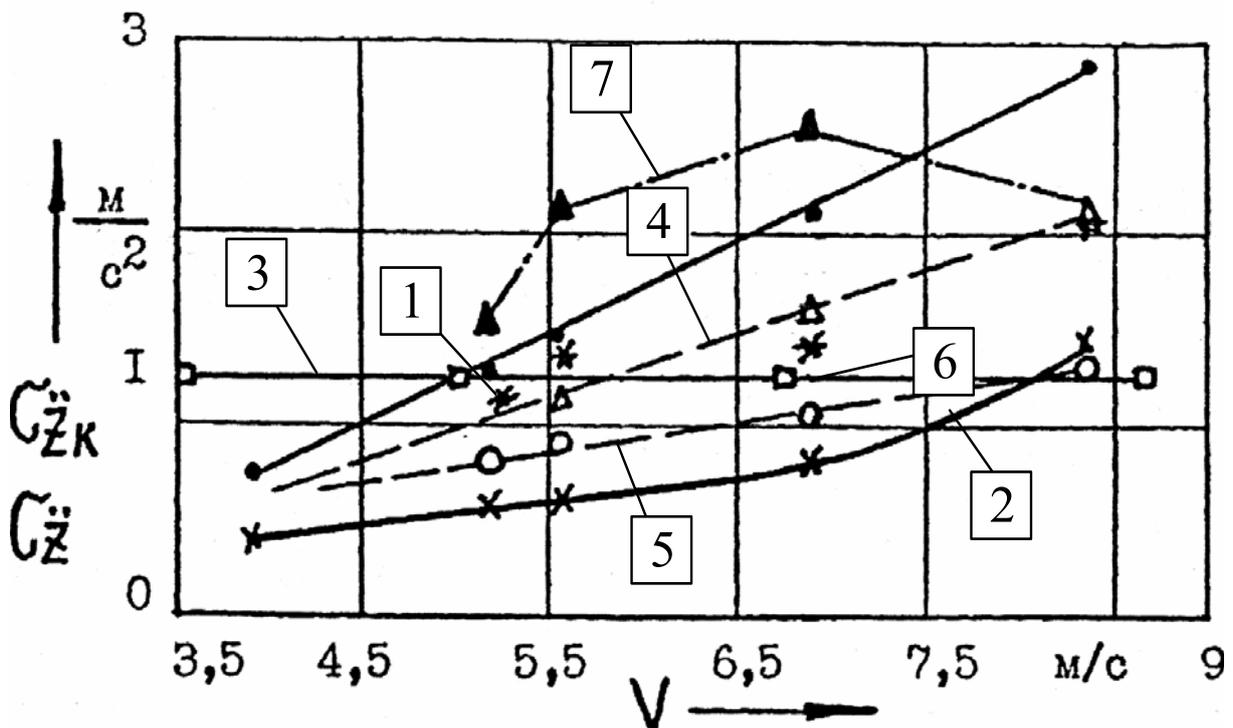


Рисунок 6 – Зависимости среднеквадратических ускорений пола кабины σ_{zk} и сиденья σ_z от скорости трактора на транспорте: 1,2 – теоретические σ_{zk} и σ_z ; 3 – допустимое σ_z ; 4 – экспериментальное σ_{zk} с пневматической подвеской; 5 – экспериментальное σ_z с пневматической подвеской; 6,7 – экспериментальное σ_{zk} и σ_z с серийной подвеской

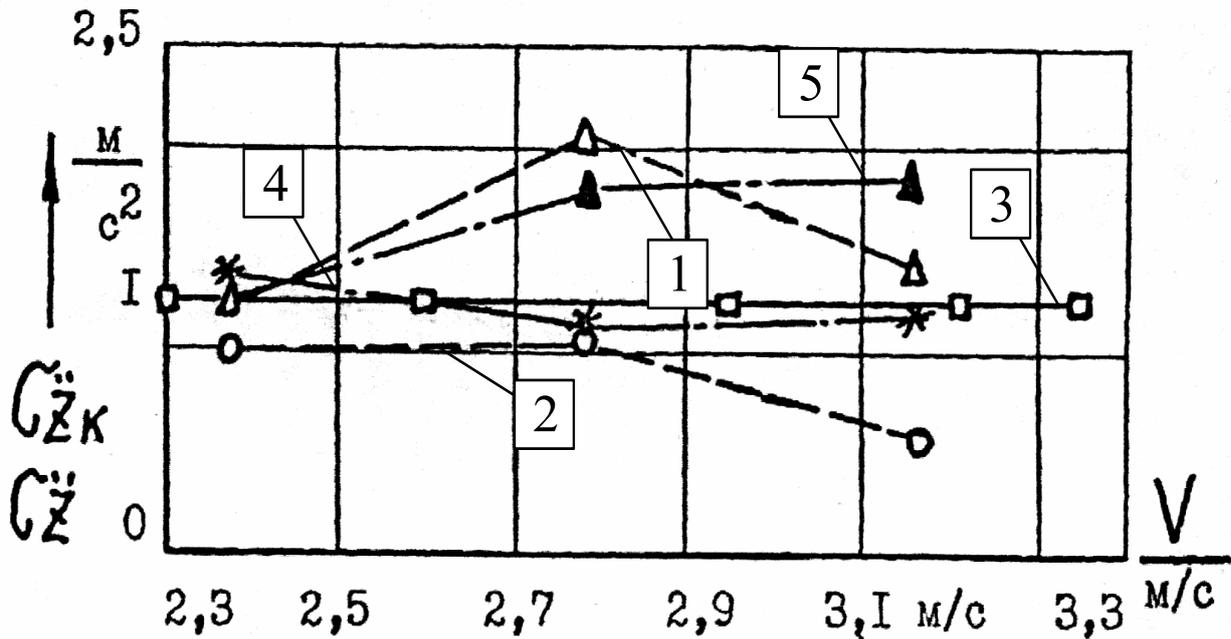


Рисунок 7 – Зависимости среднеквадратических ускорений пола кабины от скорости трактора на пахоте: 1 – экспериментальные σ_{zk}^* с пневматической подвеской; 2 – экспериментальные σ_z^* с пневматической подвеской; 3 – допустимое σ_z^* ; 4 – экспериментальные σ_{zk}^* с серийной подвеской; 5 – экспериментальные σ_z^* с серийной подвеской.

Выводы

Анализ полученных данных показывает, что, как при выполнении транспортных работ, так и на пахоте, виброзащитные свойства пневматической подвески сиденья значительно лучше, чем серийной.

Список литературы: 1. Б.І.Кальченко, М.М. Кірієнко, Є.М. Резніков, Г.О. Устінов Методи і засоби захисту операторів машинно-тракторних агрегатів від вібрації. – К.: УМК ВО, 1991.