

*А. Г. МАМОНТОВ*, ст. преп. НТУ «ХПИ»

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ТРАКТОРОВ С ПНЕВМОРЕССОРНОЙ И СЕРИЙНОЙ ПОДВЕСКАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО АСФАЛЬТИРОВАННОЙ ДОРОГЕ**

Проведен анализ численных данных, полученных в результате сравнительных экспериментальных исследований параметров плавности движения машинотракторных агрегатов оснащенных пневматической и серийной системами поддрессоривания. Установлены зависимости величин среднеквадратичных вертикальных ускорений от скорости движения по дороге с асфальтным покрытием.

**Ключевые слова:** машинотракторный агрегат, пневморессорная подвеска, сиденье водителя, низкочастотные колебания.

**Введение.** Для сравнительной оценки плавности хода трактора, оборудованного пневморессорной и серийной подвесками, необходимо иметь обширный экспериментальный материал, характеризующий работу трактора при различных условиях движения.

Получение такой информации возможно при проведении полевых испытаний на плавность хода трактора с пневморессорной и серийной подвесками в идентичных условия эксплуатации.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Интенсивные колебания поддрессоренных частей машинотракторных агрегатов на базе колёсных тракторов, к которым относятся кабина и сиденье водителя, непосредственно влияют на оператора вызывая симптомы быстрого утомления. Тем самым вынуждают водителя снижать скорости движения МТА при осуществлении транспортных операций. Это существенно снижает производительность работы трактора, его подвижность, а также не позволяет полностью реализовать тягово-динамические характеристики двигателя самоходной машины [1,2].

Для снижения воздействия колебаний современные МТА оснащаются различными системами поддрессоривания, эффективность которых может быть оценена только в ходе проведения сравнительных испытаний.

Как правило, транспортные операции выполняются при движении по дорогам с асфальтным и грунтовым покрытием. Проведение экспериментальных исследований плавности хода трактора на асфальте обеспечивает постоянство условия эксперимента [3], что позволяет провести сравнительный анализ плавности хода при различных системах рессорного подвешивания.

**Цель и постановка задачи.** При проведении сравнительных испытаний ставились следующие задачи: определить параметра низкочастотных колебаний в характерных точках трактора; выявить влияние величины избыточного давления воздуха в подвеске на плавность хода; провести сравнительную оценку пневматического и гидравлического демпфирования; провести сравнительную оценку плавности хода трактора с пневморессорной и серийной подвесками.

**Постановка эксперимента.** По результатам проведенных ранее испытаний [4] были выбраны основные конструктивные параметры обеспечивающие оптимальное воздушное демпфирование: сечение дросселя  $9 \cdot 10^{-3}$  м; объем дополнительного воздушного резервуара на один борт –  $40 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>.

Величина динамического хода подвески принималась  $30 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> и  $40 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, что соответствовало избыточному давлению в пневматической воздушной системе 0,22 и 0,27 Па, Избыточное давление воздуха контролировалось по образцовым манометрам, установленным в кабине трактора.

Дополнительный контроль за величиной динамического хода пневморессорной подвески осуществлялся по величине зазора между мостом и рамой в статическом состоянии.

Определялись следующие параметры вертикальных колебаний: ускорение на сидении тракториста; ускорения на полу кабины.

Испытания проводились на макете трактора Т-150 КМ оборудованного пневморессорной или серийной подвесками, имеющего шины 600-665 (23,1 - 26) Р модели ФД-37 [5].

Причем испытания трактора с пневморессорной подвеской проводились в двух вариантах: с гидроамортизаторами и без них.

Дорожно-полевые испытания проводились на асфальте при движении с полуприцепом на 5...8 передачах, длина гона 200 м.

Для получения стабильных результатов эксперимента каждый заезд повторялся дважды в пределах рабочего диапазона скоростей:

- 1 передача – скорость 2,76 м/с (10 км/час);
- 2 передача – скорость 3,16 м/с (11,4 км/час);
- 3 передача – скорость 3,85 м/с (13,85 км/час);
- 4 передача – скорость 4,72 м/с (16,95 км/час);
- 5 передача – скорость 5,91 м/с (21,28 км/час);
- 6 передача – скорость 7,12 м/с (25,64 км/час);
- 7 передача – скорость 8,68 м/с (31,25 км/час);
- 8 передача – скорость 10,3 м/с (37,03 км/час).

Давление воздуха в шинах на транспортных работах составило для передних и задних ко вес 0,14 МПа.

Статическая нагрузка на переднюю ось трактор составляла 5270 кг, на заднюю ось - 2870 кг. Хоботное давление груженого прицепа ПТС-9 составляло 1914 кг [5].

В результате проведенных испытаний были получены вертикальные ускорения в характерных точках трактора для каждого из исследованных вариантов.

**Результаты анализа экспериментальных исследований плавности хода трактора.** В результате проведенной обработки результатов испытаний были определены среднеквадратические ускорения в октавных полосах среднеквадратических частот для сидения водителя и пола кабины (рис. 1). В большинстве опытов установлено наличие ярко выраженной зоны резонанса в районе частоты 2 Гц.

На рис. 1...4 представлены характеристики ускорений сиденья при движении на 5.../8 передачах. Из графиков следует, что значения среднеквадратических ускорений для пневморессорной подвески с амортизатором располагаются ниже, чем без амортизаторов и с серийным рессорным подвешиванием.

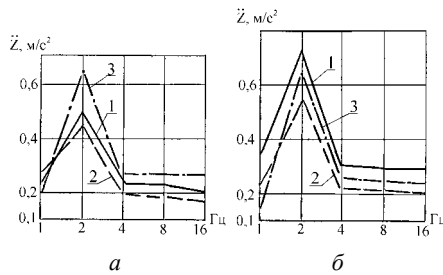


Рис. 1 – Изменение среднеквадратических ускорений сиденья в октавных полосах частот на 5 передаче: а –  $h = 40$  мм; б –  $h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

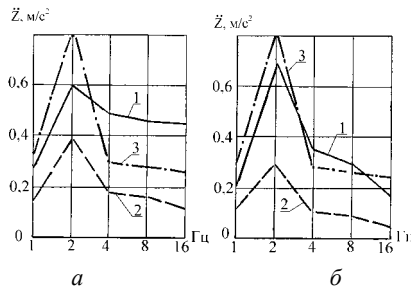


Рис. 2 – Изменение среднеквадратических ускорений сиденья в октавных полосах частот на 6 передаче: а –  $h = 40$  мм; б –  $h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

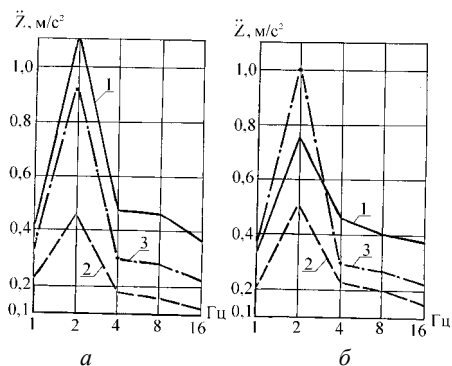


Рис. 3 – Изменение среднеквадратических ускорений сиденья в октавных полосах частот на 7 передаче: а –  $h = 40$  мм; б –  $h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

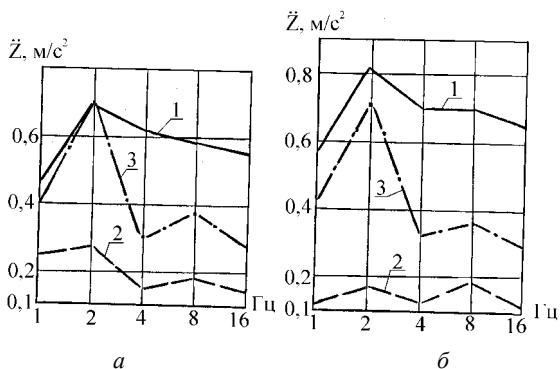


Рис. 4 – Изменение среднеквадратических ускорений сиденья в октавных полосах частот на 8 передаче: а –  $h = 40$  мм; б –  $h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

Причём, с увеличением скорости движения эта разница увеличивается и достигает максимального значения при движении на седьмой передаче. Так, разница между максимальным ускорением для пневморессорной подвески с амортизаторами и без амортизаторов составляет при скорости движения на пятой передаче  $1,09 \dots 1,31$ , а при движении на седьмой передаче –  $1,5 \dots 2,4$ .

Из графиков следует, что с увеличением скорости движения максимальное ускорение сиденья трактора, оборудованного пневморессорным подвешиванием с амортизаторами, изменяется незначительно, а соответствующие ускорения для подвески без амортизаторов с ростом скорости возрастают в  $1,25 \dots 2,2$  раза (рис. 1, 3).

Максимальные ускорения сиденья для трактора с серийным рессорным подвешиванием сопоставимы с ускорениями сиденья для пневморессорной подвески без амортизаторов или превосходят их в 1,2...1,3 раза (рис. 1, 4).

При движении трактора на восьмой передаче максимальные значения среднеквадратических ускорений сиденья тракториста снижаются в сравнении с седьмой передачей в 1,3...1,4 раза (рис. 3, 4). Таким образом, при движении трактора в транспортном режиме резонансной для сиденья тракториста является седьмая передача. Максимальные среднеквадратические ускорения сиденья тракториста для серийной и пневморессорной подвески без амортизаторов достигают значений 1...1,1  $\text{m/s}^2$  (рис. 3), а для пневморессорной подвески с амортизаторами 0,45...0,5  $\text{m/s}^2$ .

С ростом частоты колебаний значения среднеквадратических ускорений резко падают, а в последующих октавных полосах частот изменение их незначительное.

На рис. 5...7 представлены характеристики ускорений пола кабины при движении на 5...7 передачах. Из графиков следует, что ускорения пола кабины имеют резонансные значения во второй октавной полосе частот, соответствующей среднегеометрическому значению частоты 2 Гц.

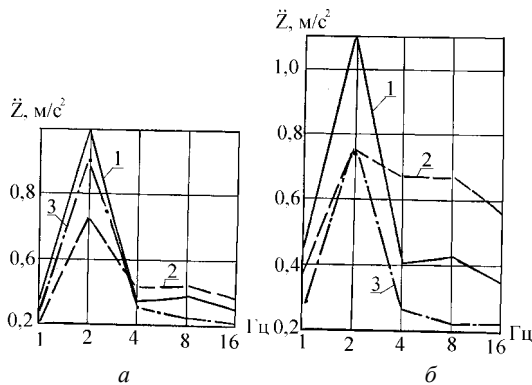


Рис. 5 - Изменение среднеквадратических ускорений пола кабины в октавных полосах частот на 5 передаче: а –  $h = 40$  мм; б –  $h = 30$  мм ; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

С ростом скорости движения возрастает и ускорение пола кабины в резонансной зоне. Они достигают максимального значения при движении на седьмой передаче.

При переходе на восьмую передачу ускорения пола снижаются. Таким образом, для пола кабины, как и для сиденья, резонансной является седьмая передача.

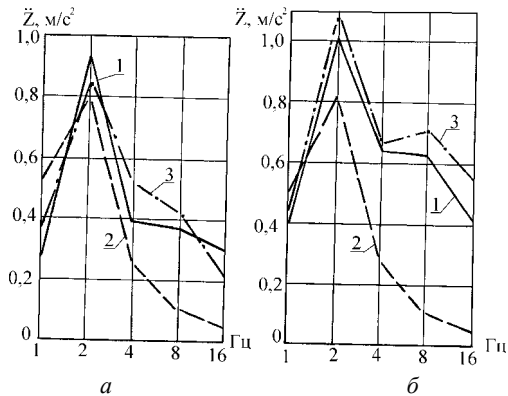


Рис. 6 – Изменение среднеквадратических ускорений пола кабины в октавных полосах частот на 6 передаче:  $a - h = 40$  мм,  $b - h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

На всех приведенных графиках (рис. 5...7) характеристики ускорений пола кабины трактора с пневморессорной подвеской при наличии амортизаторов в системе располагаются ниже, чем с подвесками серийной и пневморессорной без амортизаторов. Так, для пятой передачи, значения максимальных амплитуд ускорений пола кабины для пневморессорной подвески с амортизаторами в 1,3...1,5 раза меньше, чем для пневморессорной подвески без амортизаторов. Для шестой передачи эта разница составляет 1,2...1,3 раза, для седьмой – 1,25...1,8 раза.

С увеличением скорости движения резко возрастают ускорения пола кабины при пневморессорной и серийной подвесках, и меньше при пневморессорной подвеске с амортизаторами.

Так, максимальные ускорения пола кабины при пневморессорной подвеске с амортизаторами увеличиваются в 1,6 ... 1,8 раза при движении на седьмой передаче в сравнении с пятой передачей. Для пневморессорной подвески увеличение составляет 1,2...2,2, а для серийной – 2,6...2,8 раза (рис. 5...7).

Максимальные ускорения пола кабины с серийной и пневморессорной подвесками на 5 и 6 передачах имеют незначительное различие, а на седьмой и восьмой передачах различаются в 1,2...1,6 раза в сторону увеличения с серийным рессорным подвешиванием в сравнении с пневморессорным подвешиванием без амортизаторов (рис. 7).

Величины ускорений пола кабины в зоне резонанса превосходят ускорения сиденья тракториста для пневморессорной подвески с амортизаторами.

тизаторами в 2...2,5 раза, для пневморессорной подвески без амортизаторов в 1,3...1,6 раза, для серийной подвески в 1,8...2,1 раза.

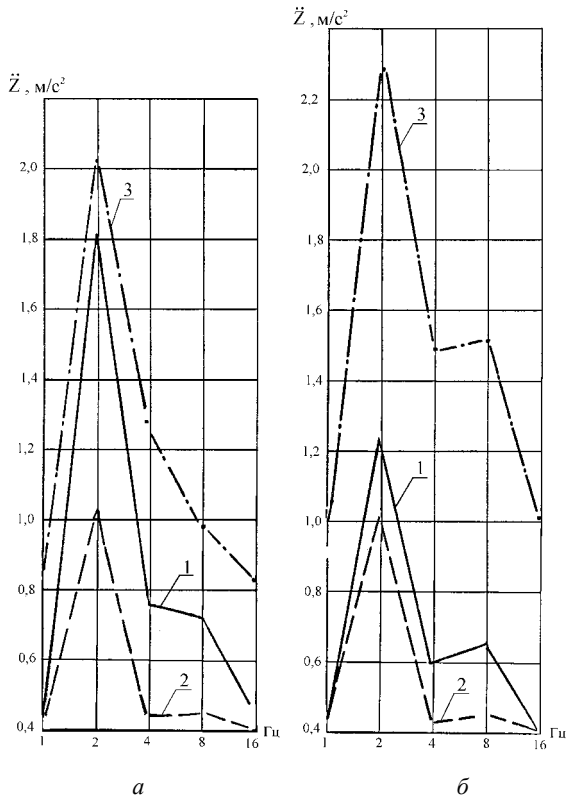


Рис. 7 – Изменение среднеквадратических ускорений пола кабины в октавных полосах частот на 6 передаче: а –  $h = 40$  мм, б –  $h = 30$  мм; 1 – пневморессорная подвеска без амортизатора; 2 – пневморессорная подвеска с амортизатором; 3 – серийная подвеска.

**Выводы.** Установлено, что трактор с пневморессорной подвеской при наличии амортизаторов имеет лучшую плавность хода. Так, среднеквадратические ускорения в зоне резонанса для сидения водителя в 1,5...2,4 раза выше для трактора с пневморессорной и серийной подвесками в сравнении с пневморессорной при наличии амортизаторов.

**Список литературы:** 1. Великодный В. М., Кириенко Н. М. – «Улучшение параметров плавности хода колёсного сельскохозяйственного трактора ХТЗ – 120» // Издавничий центр НТУ «ХПІ», Харків, 1993. 2. Яценко Н. Н., Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. – М.:

Машиностроение, 1969. – 220с. **3.** Мамонтов А. Г. Исследование плавности хода трактора с прицепом при движении по дороге с асфальтным покрытием // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Збірник наукових праць. Тематичний випуск. Транспортне машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 19. – 90-94 с. **4.** Великодний В. М., Мамонтов А. Г. Экспериментальные исследования параметров демпфирования пневморессорной подвески самоходной машины. Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автомобиле-и тракторостроение». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2010. - № 1, - 166 с. **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.

*Поступила в редколлегию 30.05.2013*

УДК 629.3.027.3

**Сравнительные исследования колебаний тракторов с пневморессорной и серийной подвесками при движении по асфальтированной дороге / А. Г. Мамонтов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 31 (1004). – С. 44–51. – Бібліогр.: 5 назв.**

Проведено аналіз чисельних даних, отриманих у результаті порівняльних експериментальних досліджень параметрів плавності руху машино тракторних агрегатів оснащених пневматичною та серійною системами підресорювання. Встановлено залежності величин середньоквадратичних вертикальних прискорень від швидкості руху по дорозі з асфальтним покриттям.

**Ключові слова:** машинотракторний агрегат, пневморесорна підвіска, сидіння водія, низькочастотні коливання.

The organized analysis numerical data, got as a result of comparative experimental studies parameter to smothnesses of the motion tractor unit equipped pneumatic and serial suspension system. The installed dependencies of the values of the root-mean-square vertical speedups from velocity of the motion on road with asphalt covering.

**The keywords:** tractor unit, pneumatic suspension system, seat of the driver, low frequencies of the fluctuation.