

УДК 629.3.015.5

*Д. А. Линник*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ РАБОЧЕГО МЕСТА ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

UDC 629.3.015.5

*D. A. Linnik*

## IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF THE SYSTEM FOR VIBRATION PROTECTION OF A WHEELED TRACTOR DRIVER'S WORKPLACE

### Аннотация

Приведен аналитический обзор литературы по вопросам влияния вибрации на организм человека (водителя колесного трактора). Рассматривается конструкция опытной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1». Приводятся результаты экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность разработанной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1».

### Ключевые слова:

вибрация, колесный трактор, водитель, рабочее место, опытный амортизатор, подвеска кабины, пол кабины, подушка сиденья, среднеквадратическое значение скорректированного виброускорения.

### Abstract

An analytical review of the literature on the effects of vibration on the human body (a wheeled tractor driver) is presented. The design of the experimental cabin suspension for a Belarus-3022DC.1 wheeled tractor is considered. The results of the experimental studies are presented, confirming the effectiveness of the developed cabin suspension for the Belarus-3022DC.1 wheeled tractor

### Keywords:

vibration, wheeled tractor, driver, workplace, experimental shock absorber, cab suspension, cab floor, seat cushion, rms value of corrected vibration acceleration.

В настоящее время вибрация является одним из наиболее часто исследуемых эргономических факторов, влияющих на здоровье работников и эффективность их работы. Во всем мире миллионы людей подвергаются механическим вибрациям во время работы. Влияние вибрации имеет решающее значение с точки зрения здоровья человека, комфорта при работе, производительности труда, качества работы и безопасности труда. Длительное воздействие общей вибрации всего тела может вызвать серьезные проблемы со здоровьем, включая проблемы с позвоночником и болью в пояснице, в зависимости

от величины, частоты, направления, продолжительности и распределения вибрации по телу человека [1, 18].

Действию общей вибрации подвергается весь организм человека-оператора через пол, сиденье, при работе на транспорте, сельскохозяйственной и горнодобывающей технике, обслуживании технологического оборудования. Чаще всего действию вибрации рабочих мест подвергаются механизаторы сельского хозяйства, водители большегрузных машин, бульдозеристы, машинисты экскаваторов и буровых станков. Для современного производства характерны относительно низкие уровни вибрации с



преобладанием низкочастотного спектра в октавах 1...8 Гц [2, 3, 18].

По частотному составу вибрацию подразделяют на низкочастотную (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах 1...4 Гц – для общей вибрации, 8...16 Гц – для локальной), среднечастотную (8...16 Гц – для общей вибрации, 31,5...63 Гц – для локальной) и высокочастотную (31,5...63 Гц – для общей вибрации, 125...1000 Гц – для локальной) [4–6, 18].

Вибрация рабочих мест водителей транспортных средств и самоходной техники носит преимущественно низкочастотный характер с высокими уровнями интенсивности (до 132 дБ) и зависит от скорости передвижения, типа сидения и амортизирующей системы, степени изношенности подвижного состава и покрытия дорог, выполняемого технологического процесса [4, 18].

Низкочастотные вибрации, в отличие от высокочастотных, активно распространяются по всему телу человека, являясь резонансными для многих органов и систем [2–5, 7, 8].

Из аналитического обзора литературы по вопросам исследования физиологического состояния водителей колесных тракторов разных фирм установлено, что колебания с частотой до 3...5 Гц вызывают реакции вестибулярного аппарата [9, 10].

При работе на сельскохозяйственных транспортных средствах водители сталкиваются с физическими (шум, вибрация (высоко- и низкочастотная)), химическими (химические вещества в воздухе, выхлопные газы), биологическими (споры, микроорганизмы) и другими видами воздействий [11, 18].

Мощность трактора и скорость движения постоянно увеличиваются, что приводит к возрастанию динамической нагрузки деталей шасси и трансмиссии и повышению уровня вибрации, создаваемой этими деталями. Вибрационные нагрузки негативно влияют на детали и узлы трактора, окружающую

среду и водителя. Это приводит к повышенной утомляемости водителя и увеличению количества ошибок управления, которые влияют на производительность трактора. При длительном воздействии вибраций профессиональные заболевания водителя развиваются довольно часто. Поэтому в современных тракторах большое внимание уделяется защите водителя от шумов и вибраций, создаваемых двигателем, шасси и рабочими машинами, с помощью различных рам, подвесок кабины и сидений [12].

Анализ зарубежных конструкций систем поддрессоривания кабин колесных тракторов (*John Deere, New Holland, Fendt, Challenger, Steyr, Renault, Diamond, Rubin* и др.) позволил сделать вывод, что зарубежные производители колесных тракторов уделяют повышенное внимание улучшению условий труда водителя, обусловленное использованием в подвеске кабины колесного трактора конструктивных элементов, обладающих нелинейными характеристиками (гидравлические, пневматические и пневмогидравлические конструктивные элементы систем поддрессоривания кабин), а также активных виброзащитных систем, что в свою очередь повышает конкурентоспособность производимых колесных тракторов на мировом рынке.

Классическая конструкция современных колесных тракторов, производимых в Республике Беларусь, не предусматривает подвеску заднего моста. Упругими элементами для задней оси являются крупногабаритные шины. Кабина колесного трактора крепится к остоу через отечественные или импортные виброизоляторы, которые являются фильтрами высокочастотных вибраций, генерируемых двигателем и трансмиссией, и больше играют роль шумопоглощающих элементов и не выступают гасителями низкочастотных вибраций. В этом случае гашение низкочастотных вибраций будет осуществляться только за счет подвески сиденья

водителя колесного трактора. Поэтому конструкция системы поддрессоривания кабины колесного трактора требует своего совершенствования.

Кабина колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» устанавливается на остов через четыре виброизолятора: спереди на два виброизолятора, установленные на кронштейне крепления кабины к корпусу муфты сцепления; сзади на два виброизолятора, установленные на кронштейне крепления кабины к корпусу полуси заднего моста [13].

Жесткость виброизолятора кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» определялась в ходе лабораторных испытаний, которые проводились на базе аккредитованной испытательной лаборатории производства автомобильных агрегатов ОАО «Белкард». Для испытаний виброизолятора была использована испытательная установка с компьютерным управлением VDA-1001K фирмы *Wahl*. По результатам испытаний была получена зависимость статической деформации виброизолятора ( $\Delta$ ) от приложенного усилия. Средняя жесткость виброизолятора кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» составила  $8,45 \cdot 10^5$  Н/м, а  $\Delta = 8$  мм.

Для определения твердости резинового слоя виброизолятора кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» был использован переносной твердомер 2033 ТИР, предназначенный для измерения твердости резины по Шору А. Определение твердости по Шору А осуществлялось в соответствии с ГОСТ 263-75 [14]. По результатам испытаний была определена твердость резинового слоя виброизолятора по Шору А – *HSh 45*.

Следовательно, можно сделать вывод, что виброизолятор кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1», при его жесткости  $8,45 \cdot 10^5$  Н/м, статической деформации, равной 8 мм, и твердости *HSh 45*, не обладает необходимыми демпфирующими свойствами для гашения низкочастотной вибрации, переда-

ваемой от остова кабине колесного трактора в диапазоне частот 1...4 Гц [4–6].

С целью повышения эффективности системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора, обеспечения взаимозаменяемости с существующей конструкцией на ОАО «Белкард» была изготовлена конструкция опытной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1», которая состоит из четырех стоек, каждая из которых включает опытный демпфер и кронштейн. Внешний вид одной из четырех стоек подвески кабины представлен на рис. 1.

Конструкция кронштейна стойки обеспечивает взаимозаменяемость с виброизолятором кабины.

Конструкция опытной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» обеспечивает вертикальное перемещение кабины до 50 мм. Такой ход кабины не будет оказывать никакого влияния на:

- рулевое управление, т. к. на тракторе «Беларус-3022ДЦ.1» предусмотрена установка гидрообъемного рулевого управления, которое состоит из: реверсного насоса-дозатора (установленного на кабине); насоса-дозатора переднего хода (установленного на двигателе); гибкой гидравлической магистрали к реверсному насосу-дозатору; маслобака; крана реверса; всасывающей магистрали; цилиндрических магистралей; насоса; нагнетающей магистрали [13];

- педаль управления подачей топлива, т. к. подача топлива осуществляется электронно [13];

- педаль управления сцеплением, т. к. она имеет гидравлическую систему управления [13];

- педали управления левым и правым тормозами, т. к. они имеют гидравлическую систему управления [13];

- управление переключением передач, т. к. оно осуществляется посредством электронно-гидравлической системы управления [13];

- стояночную тормозную систему,



т. к. она имеет механический привод (тягой) [13].

Конструкция опытного демпфера

кабины колесного трактора представлена на рис. 2.

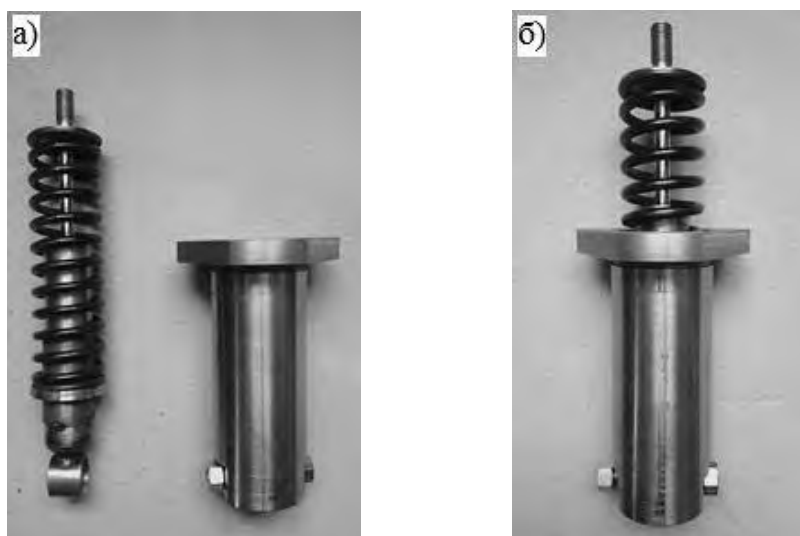


Рис. 1. Внешний вид одной стойки опытной подвески кабины колесного трактора: а – опытный демпфер в сборе и кронштейн; б – стойка в сборе

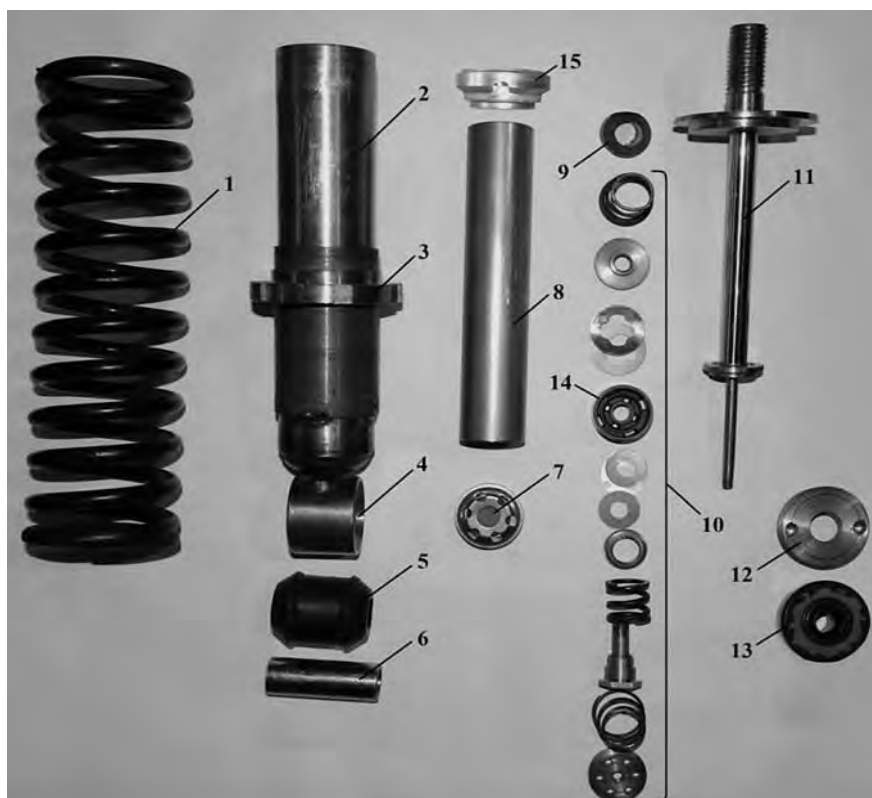


Рис. 2. Конструкция опытного демпфера кабины колесного трактора: 1 – цилиндрическая пружина; 2 – резервуар амортизатора в сборе; 3 – гайка пружины; 4 – проушина; 5 – резиновая втулка; 6 – втулка шарнира; 7 – клапан сжатия в сборе; 8 – цилиндр; 9 – буфер хода отбоя; 10 – детали поршневого узла; 11 – шток в сборе; 12 – гайка резервуара; 13 – сальник штока; 14 – поршень; 15 – направляющая втулка



Амортизатор опытного демпфера имеет оригинальную конструкцию поршневого узла, которая обусловлена включением в конструкцию двух конических пружин 1 и 2 (рис. 3). Конические пружины 1 и 2 обеспечивают перемещение поршня по поршневой шейке на ходах сжатия и отбоя с целью управления силой вязкого сопротивления амортизатора. Управление силой

вязкого сопротивления амортизатора осуществляется за счет создания сопротивления пружинами поршня в момент перекрытия ими дополнительных дросселирующих отверстий в опытном поршневом узле (см. рис. 3), что обеспечивает резкое нарастание силы вязкого сопротивления при низкочастотной вибрации (1...4 Гц) и повышение демпфирования колебаний.

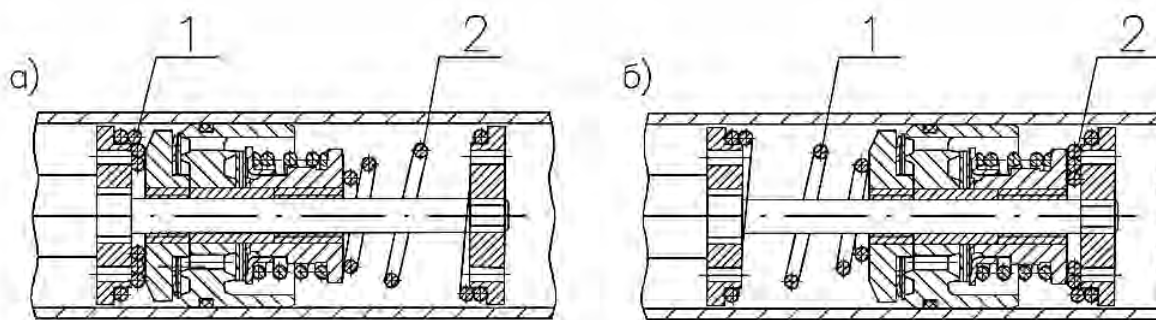


Рис. 3. Поршневой узел опытного амортизатора: а – ход сжатия; б – ход отбоя; 1 – верхняя пружина поршня; 2 – нижняя пружина поршня

Для определения силы вязкого сопротивления опытного амортизатора за основу были приняты экспериментальные данные, которые были получены в ходе проведения лабораторных испытаний опытного амортизатора на установке с компьютерным управлением VDA-1001K фирмы Wahl на базе аккредитованной испытательной лаборатории производства автомобильных агрегатов ОАО «Белкард». В результате математических вычислений было составлено уравнение, описывающее силу вязкого сопротивления опытного амортизатора:

$$R_{\text{ам}} = 8245,10 \cdot \dot{z} + 9354,53 \cdot \dot{z}^2 - 28581,63 \cdot \dot{z}^3 + 168156,10 \cdot z - 29872312,54 \cdot z^2 + 1024041517,61 \cdot z^3, (1)$$

где  $\dot{z}$  – скорость поршня опытного амортизатора, м/с;  $z$  – деформация пружин поршневого узла опытного

амортизатора, м.

С целью проверки работоспособности и эффективности предложенной конструкции опытной подвески кабины колесного трактора были проведены экспериментальные исследования. Опытная подвеска кабины была установлена на колесный трактор «Беларус-3022ДЦ.1». На рис. 4 представлен пример заднего крепления кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с помощью опытной стойки подвески на кронштейне корпуса полуоси заднего моста.

Общая длительность воздействия вибрации на водителя колесного трактора в течение рабочего дня была получена для каждого рабочего цикла с учетом соответствующих рабочих условий; оценка длительности основана на фактическом измерении длительности вибрационного воздействия во время выполнения конкретных рабочих циклов с учетом их повторяемости в течение рабочего дня. Полученные результаты измерений

усредняли. Усредненное среднеквадратическое значение скорректированного виброускорения для серии из  $N$  выборок

определяли по ГОСТ 31319–2006 (ЕН 14253:2003) [15].

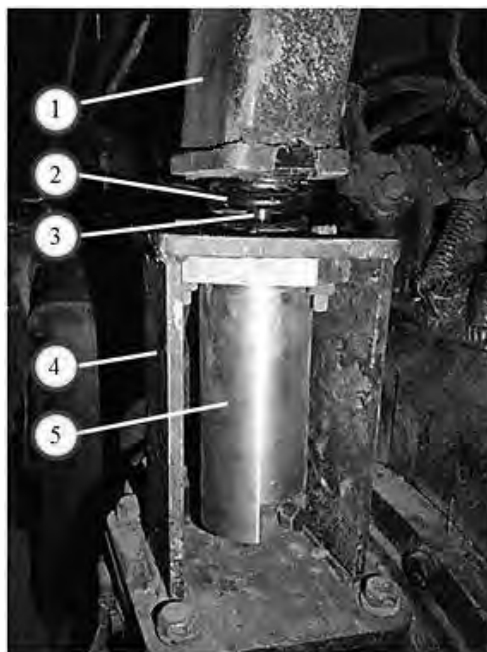


Рис. 4. Заднее крепление кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с помощью опытной стойки подвески на кронштейне корпуса полуоси заднего моста: 1 – опора кабины; 2 – цилиндрическая пружина; 3 – шток амортизатора; 4 – кронштейн крепления кабины к корпусу полуоси заднего моста; 5 – кронштейн стойки подвески

Рабочие условия и испытательные участки были определены с точки зрения реальных условий работы колесного трактора. Варьируемыми параметрами, определяющими рабочие условия, являлись скорость передвижения колесного трактора в заданном режиме работы и тип поверхности передвижения.

Режим работы определялся видом выполняемых работ. В данном случае – это работа по перевозке и внесению органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20. Продолжительность рабочего дня составляла 8 ч (480 мин).

Испытательные участки выбирались таким образом, чтобы длина пути на этом участке, где оценивалась общая вибрация, была достаточной для передвижения колесного трактора с постоянной скоростью в течение не менее 3 мин (180 с) в разных рабо-

чих условиях [15, 16].

В качестве испытательных участков были определены естественные участки пути с разными типами поверхности передвижения: асфальтобетонная дорога (рис. 5, а), грунтовая (полевая) дорога (рис. 5, б), поле под посев (рис. 5, в) [18].

Для измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя использовался поверенный шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А (HF-Белая) с трехкомпонентным датчиком AP2038P-10.

С целью измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя были выбраны места (точки) установки датчика AP2038P-10: подушка сиденья и опорная поверхность для ног (пол кабины) (рис. 6) [15–18].





Рис. 5. Испытательные участки с разными типами поверхности передвижения: а – асфальтобетонная дорога; б – грунтовая (полевая) дорога; в – поле под посев



Рис. 6. Места установки датчика AP2038P-10: а – подушка сиденья; б – опорная поверхность для ног (пол кабины)

При измерении вибрации, передающейся через сиденье водителю, датчик AP2038P-10 устанавливался в центре полужесткого диска, который размещался на поверхности сиденья таким образом, чтобы датчик находился посередине между сидельными буграми сидящего человека (см. рис. 6, а). Сиденье было отрегулировано с учетом массы водителя так, чтобы водителю было удобно работать с органами управления и исключить риск ударов о верхний и нижний ограничители хода подвески [16–18].

При измерении вибрации, воздей-

ствующей на ноги водителя, датчик AP2038P-10 размещался на опорной поверхности для ног (пол кабины) посередине между сводами его ступней (см. рис. 6, б).

На рис. 7 отражены результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в вертикальном направлении (ось Z) в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья водителя для серии из  $N$  выборок в течение 8-часового рабочего дня при перевозке органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прице-

пом ПСС-20 по асфальтобетонной дороге (см. рис. 5, а) со скоростью 20 км/ч. Позиции 1 и 2 на рис. 7–9 соответствуют полученным результатам экспериментальных исследований для суще-

ствующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора, а позиции 4 и 5 – для модернизированной системы виброзащиты.

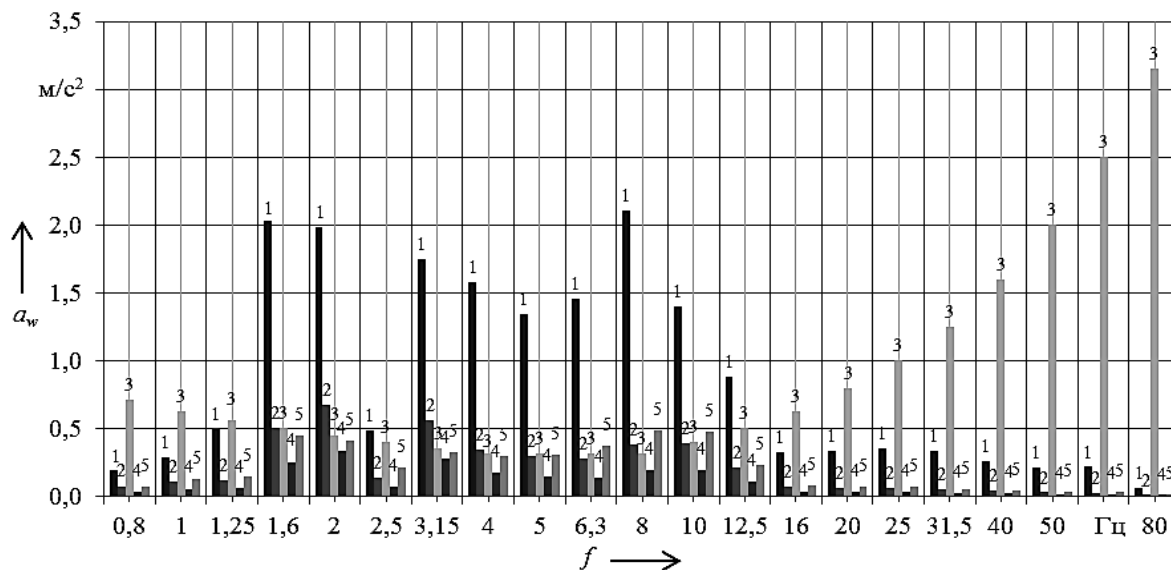


Рис. 7. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения при перевозке органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по асфальтобетонной дороге со скоростью 20 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 г. № 132 [6]; 4 – подушка сиденья; 5 – пол кабины

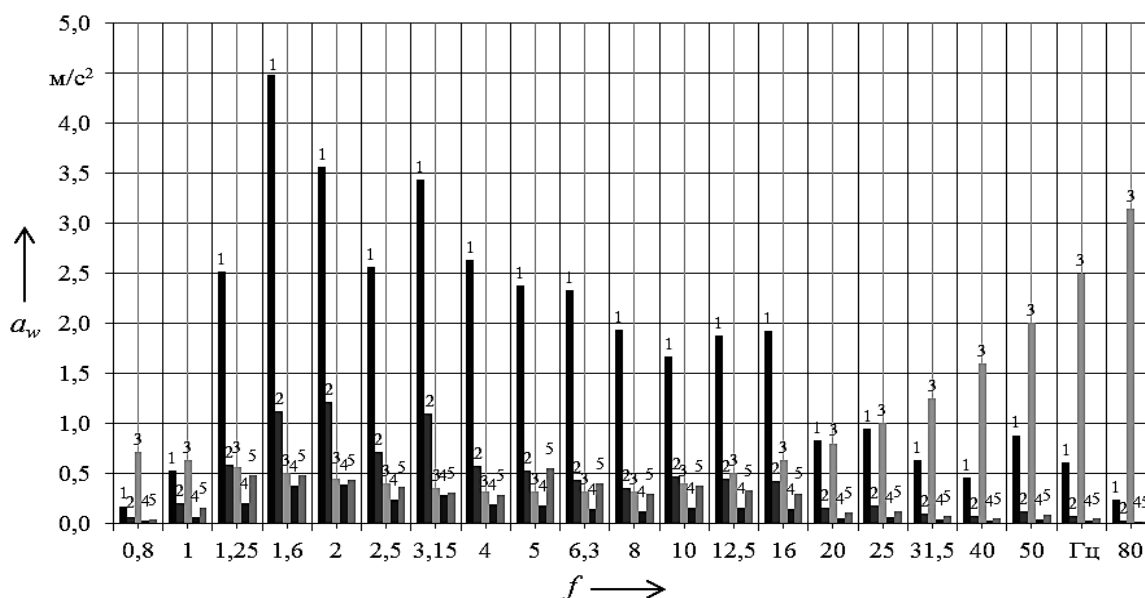


Рис. 8. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения при перевозке органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по грунтовой (полевой) дороге со скоростью 10 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 г. № 132 [6]; 4 – подушка сиденья; 5 – пол кабины





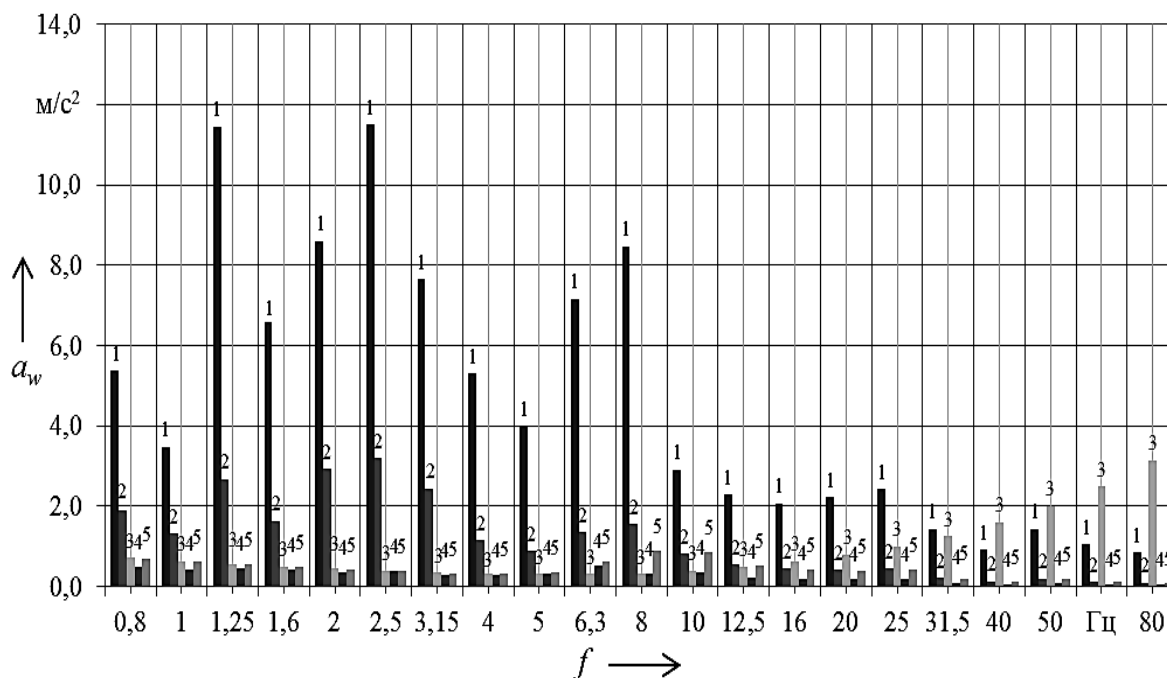


Рис. 9. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения при возвращении на загрузку органических удобрений колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по полю со скоростью 7 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНИП от 26.12.2013 г. № 132 [6]; 4 – подушка сиденья; 5 – пол кабины

На рис. 8 представлены результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья водителя для серии из  $N$  выборок в течение 8-часового рабочего дня при перевозке органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по грунтовой (полевой) дороге (см. рис. 5, б) со скоростью 10 км/ч.

На рис. 9 проиллюстрированы результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья водителя для серии из  $N$  выборок в течение 8-часового рабочего дня при возвращении на загрузку органических удобрений колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прице-

пом ПСС-20 (см. рис. 5, в) по полю со скоростью 7 км/ч.

### Выводы

1. Разработан и изготовлен опытный демпфер кабины колесного трактора, состоящий из цилиндрической пружины и опытного гидравлического двухтрубного амортизатора, отличающегося от существующих включением в конструкцию поршневого узла двух конических пружин, обеспечивающих перемещение поршня по поршневой шейке на ходах сжатия и отбоя с целью изменения силы вязкого сопротивления, что позволяет повысить эффективность гашения низкочастотной вибрации, передаваемой на кабину колесного трактора.

2. Получена функциональная зависимость, описывающая силу вязкого сопротивления опытного амортизатора с оригинальной конструкцией поршневого узла.



3. Опытная подвеска кабины колесного трактора позволяет обеспечивать взаимозаменяемость с существующей конструкцией.

4. Разработано и предложено конструктивное решение опытной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1», отличающейся тем, что вместо виброизолятора кабины применены упругий элемент, опытный амортизатор и кронштейн, позволяющие снижать среднеквадратические значения коррек-

тированного виброускорения в третьковых полосах частот (1...4 Гц) в вертикальном направлении на рабочем месте водителя колесного трактора на 70...75 %, что дает возможность повысить эффективность гашения низкочастотной вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора. Экономия от внедрения авторского демпфера снижает производственный травматизм и профзаболевания и в год составляет 456 тыс. р.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Melemez, K.** The role of scat suspension in whole-body vibration affecting skidding tractor operators / K. Melemez, M. Tunay, T. Emir // Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2013. – Vol. 11 (1). – P. 1211–1215.
2. **Артамонова, В. Г.** Профессиональные болезни : учебник / В. Г. Артамонова, Н. А. Мухин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицина, 2004. – 480 с.
3. Профессиональные заболевания: в 2 т. / Н. Ф. Измеров [и др.] ; под ред. Н. Ф. Измерова. – Москва: Медицина, 1996. – Т. 2. – 480 с.
4. Гигиена труда: учебник / Под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 592 с.
5. Профессиональные болезни: учебник для студентов учреждений высшего проф. образования / Н. Ф. Измеров [и др.] ; под ред. Н. Ф. Измерова. – 2-е изд., стер. – Москва : Академия, 2013. – 464 с.
6. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий», Гигиенического норматива «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 26 дек. 2013 г., № 132: внес. доп. 15 апр. 2016 г. № 57 // М-во здравоохранения Республики Беларусь: нормативно-правовая база. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativny-kh-aktov/sanitarnye-normy-pravila-i-gigienicheskie-normativny-reglamentiruyushche-osnovnye-trebovaniya-pri-vo.php>. – Дата доступа: 12.03.2019.
7. **Косарев, В. В.** Профессиональные болезни : учебное пособие / В. В. Косарев, С. А. Бабанов. – Москва: Вузовский учебник; ИНФА-М, 2013. – 252 с.
8. Профессиональная патология : национальное руководство / Под ред. Н. Ф. Измерова. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
9. **Микулик, Т. Н.** Исследование влияния параметров сиденья на вибронегруженность оператора / Т. Н. Микулик, Г. Н. Рейзина // Грузовик. – 2014. – № 4. – С. 30–32.
10. **Микулик, Т. Н.** К методике повышения активной виброзащиты с использованием функциональной диагностики / Т. Н. Микулик, Г. Н. Рейзина // Наука и техника. – 2014. – № 6. – С. 26–30.
11. **Cutini, M.** Whole-Body Vibration in Farming: Background Document for Creating a Simplified Procedure to Determine Agricultural Tractor Vibration Comfort / M. Cutini, M. Brambilla, C. Bisaglia // Agriculture. – 2017. – Vol. 7, iss. 84. – 20 p.
12. **Pobedin, A. V.** Decrease of the Vibration Load Level on the Tractor Operator Working Place by Means of Using of Vibrations Dynamic Dampers in the Cabin Suspens / A. V. Pobedin, A. A. Dolotov, V. V. Shekhovtsov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1252–1257.
13. **Рунов, А. В.** Трактор «БЕЛАРУС-3022ДЦ.1» : руководство по эксплуатации / А. В. Рунов. – Минск : Минский тракторный завод, 2015. – 400 с.
14. **ГОСТ 263–75 (СТ СЭВ 1198–78).** Резина. Метод определения твердости по Шору А. – Введ. 01.01.1977. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1977. – 6 с.



15. **ГОСТ 31319–2006 (ЕН 14253:2003)**. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах. – Введ. 30.06.2008. – Москва : Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 23 с.
16. **ГОСТ 31193–2004 (ЕН 1032:2003)**. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования. – Введ. 30.06.2008. – Москва: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 30 с.
17. **ГОСТ 31191.1–2004 (ИСО 2631-1:1997)**. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч. 1. Общие требования. – Введ. 30.06.2008. – Москва: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 29 с.
18. **Линник, Д. А.** Влияние системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора на развитие профессиональных заболеваний / Д. А. Линник, А. С. Воронцов // Изобретатель. – 2019. – № 7 (235). – С. 32–39.

*Статья сдана в редакцию 20 марта 2020 года*

**Дмитрий Александрович Линник**, ст. преподаватель, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. E-mail: d.linnik@grsu.by.

**Dmitry Alexandrovich Linnik**, senior lecturer, Yanka Kupala State University of Grodno. E-mail: d.linnik@grsu.by.

