

УДК 629.114

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ РАБОЧЕГО МЕСТА ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*Д.А. ЛИННИК, канд. техн. наук, доц. А.С. ВОРОНЦОВ
(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)*

Приведен аналитический обзор литературы по вопросам влияния вибрации на организм человека (водителя). Вибрация рассмотрена как сильный стресс-фактор, оказывающий отрицательное влияние на психомоторную работоспособность, эмоциональную сферу и умственную деятельность человека и повышающий вероятность возникновения несчастных случаев и приводит к развитию профессиональных заболеваний, в частности вибрационной болезни. Приведен анализ видов воздействий на водителя колесного трактора, анализ профессиональных заболеваний водителей колесных тракторов, результаты экспериментальных исследований существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора. Экспериментальные исследования существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 позволили установить ее неэффективность, обусловленную превышением предельно допустимых среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот (0,8...50 Гц) на рабочем месте водителя для всех рассматриваемых режимов работы колесного трактора.

Ключевые слова: колесный трактор, вибрация, водитель, профессиональное заболевание, рабочее место, пол кабины, подушка сиденья, среднеквадратическое значение скорректированного виброускорения.

На современном этапе технического прогресса борьба с неблагоприятными последствиями воздействия вибрации приобретает все большую социальную и экономическую значимость. Это вызвано, с одной стороны, интенсификацией существующих технологических процессов, с другой – возрастающим внедрением во все отрасли экономики виброактивной техники [1–3].

Совершенствование технико-экономических показателей машин и оборудования осуществляется путем увеличения мощности и рабочей скорости при одновременном уменьшении массы, что ведет к возрастанию виброактивности машин. Вибрация как фактор производственной среды встречается в сельском хозяйстве, металлообрабатывающей, горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, строительной, авиа- и судостроительной промышленности, на транспорте и в других отраслях экономики [1–3].

Вибрация – это физический фактор, действие которого определяется передачей человеку механической энергии от источника колебаний [4].

Вибрацию рассматривают как сильный стресс-фактор, оказывающий отрицательное влияние на психомоторную работоспособность, эмоциональную сферу, умственную деятельность человека и повышающий тем самым вероятность возникновения несчастных случаев. Вибрация может прямым путем препятствовать выполнению рабочих операций или косвенно влиять на работоспособность за счет снижения уровня функционального состояния человека [1–6].

Действию общей вибрации подвергается весь организм человека-оператора через пол, сиденье при работе на транспорте, сельскохозяйственной и горнодобывающей технике, при 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; 4].

По частотному составу вибрацию подразделяют на *низкочастотную вибрацию* (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах 1...4 Гц – для общей вибрации; 8...16 Гц – для локальной вибрации); *среднечастотную вибрацию* (8...16 Гц – для общей вибрации; 31,5...63 Гц – для локальной вибрации); *высокочастотную вибрацию* (31,5...63 Гц – для общей вибрации; 125...1 000 Гц – для локальной вибрации) [1; 3; 7].

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 сиденья и амортизирующей системы, степени изношенности подвижного состава и покрытия дорог, выполняемого технологического процесса [1]. Анализ вибрационного воздей-

ствия показывает, что на водителей транспортных средств и самоходной техники обычно воздействует переменная по уровням и спектрам вибрация, включающая микро- и макропаузы [1].

Низкочастотные вибрации, в отличие от высокочастотных, активно распространяются по всему телу человека, являясь резонансными для многих органов и систем [1–6].

Для транспортных вибраций наибольшая интенсивность отмечается в вертикальном направлении; для транспортно-технологических и технологических – в горизонтальном [1]. Уровни транспортных вибраций значительно выше технологических [1].

Вибрация относится к факторам, обладающим сильным биологическим воздействием. Характер, глубина и направленность физиологических и патологических сдвигов в различных системах организма определяется уровнями, частотными характеристиками вибрации, а также физиологическими свойствами тела человека. В генезе этих реакций важную роль играют анализаторы – вестибулярный, двигательный, зрительный и др. [1; 6].

Двигательная система – главный объект воздействия вибрации, и в зависимости от ее частоты проявляется качественно разными эффектами. На низких частотах (до 1...2 Гц), когда время латентной мышечной системы меньше периода колебаний, она еще способна достаточно эффективно компенсировать вибрационные возмущения. Поэтому преобладающими эффектами являются реакции оптовестибулоспинальной системы, проявляющиеся, в частности, в симптомокомплексе укачивания [1; 6].

На более высоких частотах (свыше 2 Гц) механизм противодействия не успевает срабатывать, поэтому мышечная система находится постоянно в состоянии напряжения в связи с нарушением взаимоотношений афферентной и эфферентной импульсаций. На низких частотах регуляция сводится, в конечном счете, к общей или региональной мышечной работе. В случае воздействия вибрации с частотами выше 2 Гц (особенно в резонансном для тела человека диапазоне 4...8 Гц) напряжение скелетно-мышечной системы как проявление компенсаторного механизма противодействия вибрационным перемещениям способствует распространению вибрации по телу человека. В результате оба этих механизма не только вызывают повышение утомления мышечной системы, но и создают условия для микротравматизации опорно-двигательного аппарата [1; 6].

Оценка напряжения мышц верхних конечностей, спины, затылка при воздействии вибрации (низкочастотной – 4...8 Гц) свидетельствует о том, что двигательная система активно участвует в колебаниях и одновременно, используя механизмы центральной и периферической коррекции, формирует противодействие вибрации. Поэтому при обеспечении статической (поддержание позы) и динамической (управление рычагами и педалями) регуляций нервно-мышечный аппарат испытывает двойную нагрузку. Противодействие вибрационным перемещениям при необходимости выполнения требуемых движений в системе «оператор – машина» сопряжено со значительными энергозатратами и может привести к утомлению [1; 6].

Низкочастотная общая вибрация, особенно резонансного диапазона (4...8 Гц), вызывает длительную травматизацию межпозвоночных дисков и костной ткани, смещение органов брюшной полости, изменение моторики гладкой мускулатуры желудка и кишечника, может приводить к болевым ощущениям в области поясницы, возникновению и прогрессированию дегенеративных изменений позвоночника, заболеваний хроническим пояснично-крестцовым радикулитом, которые чаще регистрируются у трактористов, рабочих, занятых в производстве сборного железобетона, у водителей автомобилей [1; 6].

При воздействии низкочастотной вибрации снижается острота зрения, нарушается цветоощущение, сужаются границы поля зрения, уменьшается устойчивость ясного видения, снижается функциональная подвижность, происходит расстройство фиксации предметов глазами, нарушается четкость восприятия объектов, затрудняется чтение приборной информации [1].

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, колебания с частотами 5...11 Гц – резонансные колебания человеческого тела (голова, таз, брюшная полость, позвоночник) [8; 9].

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 воздействиями [10] (рисунок 1).

Фактором риска, требующим внимания в сельском хозяйстве, является воздействие вибрации, вредной для всего тела [11–13]. Отмечено, что вибрации с частотой ниже 2 Гц могут сопровождаться незначительными и временными эффектами, такими как тошнота, которые вызывают значительный дискомфорт, снижение внимания, в то время как длительное воздействие вибраций в диапазоне от 2 до 20 Гц может вызывать серьезные заболевания, в частности, дегенеративные патологии позвоночника [11–13]. Вредные вибрации, когда они усугубляются трудными условиями труда (неудобные позы, частые манипуляции и т.д.), могут привести к хроническим заболеваниям позвоночника [14].

Европейская директива 2002/44/ЕС определяет «Вибрацию всего тела» как механическую вибрацию, которая при передаче на все тело влечет за собой риск для здоровья и безопасности работников, в частности заболеваемость нижней части спины и травму позвоночника [15]. Относительно сидящих операторов в стандарте ISO 5008/2002 дополнительно указывается, что вибрация всего тела – это «вибрация, передаваемая телу в целом через ягодицы сидящего оператора» [16]. Воздействие высоких уровней вибрации всего тела может вызвать или усугубить травмы спины [16]. Европейская ассоциация сельскохозяйственной техники *CEMA* (Брюссель, Бельгия) в своих отчетах отмечает, что вибрация всего тела считается основным фактором, влияющим на возникновение болей в спине [17].

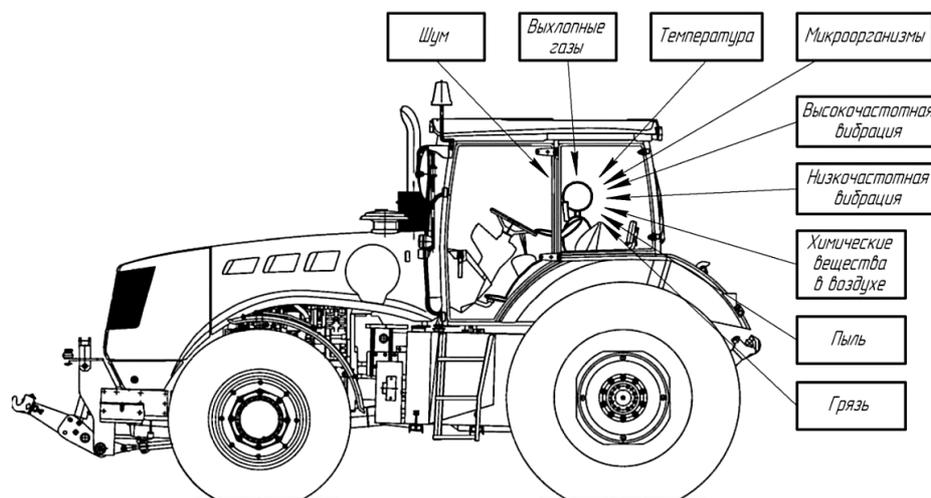


Рисунок 1. – Виды воздействий на водителя колесного трактора

Результаты эпидемиологического исследования (1155 водителей тракторов) показывают, что вождение трактора в значительной степени связано с повышенным риском возникновения симптомов в пояснице – боль в нижней части спины (*LBP*) [27]. Установлено, что суммарная доза вибрации и неловкое положение на работе являются наиболее прогностическими профессиональными факторами возникновения *LBP* среди водителей трактора. Замечено, что вибрационное воздействие и воспринимаемая поструральная нагрузка независимо вносили вклад в избыточный риск развития расстройств нижней части спины [18].

Немецкими учеными *Eberhard Christ, Siegfried Fischer, Uwe Kaulbars, Detlef Sayn* института безопасности труда и здоровья немецкого социального страхования от несчастных случаев (*IFA*) приведены исследования по измерению общей вибрации на рабочем месте водителя при управлении мобильными машинами и транспортными средствами (вибрация всего тела – *WBV*). Отмечено, что длительное воздействие вибрации на организм человека может поставить под угрозу его здоровье, безопасность и привести к повреждению костей и суставов, а также к повреждениям дисков позвоночника [19; 20]. Все это влечет за собой развитие профессиональных заболеваний, в частности, вибрационной болезни [19; 20].

Кроме того, в [19, с. 55; 20, с. 67] приведены результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на полу кабины для тракторов сельского и лесного хозяйств, которые в вертикальном направлении (ось *Z*) находятся в диапазоне от 0,40 до 1,55 m/c^2 ; по оси *X* – 0,15...1,15 m/c^2 ; по оси *Y* – 0,30...1,25 m/c^2 ; на подушке сиденья по оси *Z* – 0,16...1,25 m/c^2 ; по оси *X* – 0,15...1,40 m/c^2 ; по оси *Y* – 0,27...1,70 m/c^2 . Для тракторов узкоколейных величина среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на полу кабины по оси *Z* находится в диапазоне от 0,35 до 2,0 m/c^2 , по оси *X* – 0,20...0,60 m/c^2 ; по оси *Y* – 0,48...0,90 m/c^2 ; на подушке сиденья по оси *Z* – 0,20...1,50 m/c^2 ; по оси *X* – 0,23...0,80 m/c^2 ; по оси *Y* – 0,40...0,95 m/c^2 .

Учеными *A.J. Scarlett, J.S. Price, D.A. Semple* научно-исследовательского института *Silsoe* (Великобритания) по охране здоровья и безопасности и лаборатории вибрационных испытаний *R M Stayner* (Великобритания) проведены исследования по количественной оценке вибрации всего тела (*WBV*) водителя и уровней вибрации на рабочем месте водителя для ряда современных сельскохозяйственных транспортных средств (тракторы, самоходные опрыскиватели и вездеходы) [21]. Испытания сельскохозяйственных транспортных средств проводились при выполнении ими ряда сельскохозяйственных работ и при обычном использовании на ферме [21]. Установлено, что вибрация всего тела водителя на рабочем месте современных сельскохозяйственных тракторов (*John Deere 7810, Renault Ares 630 RZ, New Holland TM 165, JCB Fastrac 3185*) в значительной степени зависит от характера выполняемой полевой работы и в мень-

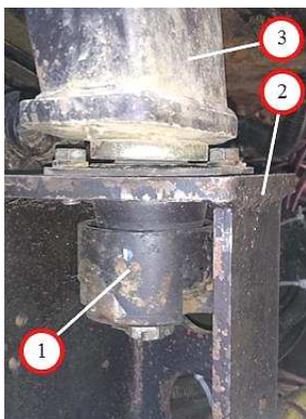
шей мере от возможностей системы подвески, также отмечено доминирование максимальных уровней виброускорения на рабочем месте водителя в вертикальном направлении (ось Z) [21].

Французский национальный институт исследований и безопасности по предотвращению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (INRS) с помощью регионального бюро медицинского страхования и профилактики (CRAM, Франция), лаборатории здоровья и безопасности (HSL, Великобритания) и лаборатории вибрационных испытаний (RMS, Великобритания) в период с 1997 по 2005 год проводили исследования по измерению общей вибрации на рабочем месте водителя [22; 23]. Кроме того, приведены выборочные данные, основанные на измерениях общей вибрации на рабочем месте водителя с самыми высокими значениями виброускорения на оси (ось Z). Так, для тракторов сельского хозяйства преобладающими виброускорениями на рабочем месте водителя, являются виброускорения, находящиеся в диапазоне от 0,56 до 0,82 м/с² [22; 23].

На основании вышеизложенного следует акцентировать внимание на том, что длительное воздействие низкочастотной вибрации на организм водителя ведет к развитию вибрационной болезни, которая доминирует среди профессиональных заболеваний и чаще встречается у рабочих, занятых в сельском хозяйстве, на транспорте и в других отраслях народного хозяйства. Основной величиной, используемой для описания уровня вибрации, является среднеквадратическое значение скорректированного виброускорения [24–26].

Для оценки вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора, производимого Минским тракторным заводом, представлены экспериментальные исследования существующей системы виброзащиты. Экспериментальные исследования проводили с целью определения величины среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на рабочем месте водителя (опорная поверхность для ног (пол кабины), подушка сиденья) при разных рабочих условиях и режимах работы колесного трактора [24–26]. В качестве *объекта исследования* выбран энергонасыщенный колесный трактор «Беларус-3022ДЦ.1» с дизельным двигателем BF06M1013FC номинальной мощностью 303 л. с., тягового класса 5,0. *Предмет исследования* – базовое крепление кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1».

Кабина колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» устанавливается на остов через четыре виброизолятора: спереди на два виброизолятора, установленных на кронштейне крепления кабины к корпусу муфты сцепления; сзади на два виброизолятора, установленных на кронштейне крепления кабины к корпусу полуоси заднего моста (рисунок 2) [27]. Оценка воздействия вибрации на водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» осуществляли путем непрерывного измерения вибрации в течение всего рабочего дня с использованием современной измерительной техники [24].



1 – виброизолятор с фланцем;
2 – кронштейн крепления кабины к корпусу полуоси заднего моста;
3 – опора кабины

Рисунок 2. – Заднее крепление кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» на корпусе полуоси заднего моста

Общая длительность воздействия вибрации на водителя колесного трактора в течение рабочего дня 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) [24]. Рабочие условия и испытательные участки определены с точки зрения реальных условий работы колесного трактора. Варьируемыми параметрами, определяющими рабочие условия, служили скорость передвижения колесного трактора в заданном режиме работы и тип поверхности передвижения.

Режим работы определяли исходя из вида выполняемых работ. В нашем случае – это работа по перевозке и внесению органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20. Продолжительность рабочего дня составляла 8 часов (480 минут). Оценка воздействия вибрации на водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» осуществляли путем непрерывного измерения вибрации в течение всего рабочего дня с использованием современной измерительной техники [24]. Общая длительность воздействия вибрации на водителя колесного трактора в течение рабочего дня получена для каждого рабочего цикла с учетом соответствующих рабочих условий.

Оценка этой 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) [24].

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 определяли видом выполняемых работ. В нашем случае это работа по перевозке и внесению органических удобрений колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20. Продолжительность рабочего дня составляла 8 часов (480 минут).

Испытательные участки выбирали таким образом, чтобы длина пути на этом участке, где оценивали общую вибрацию, была достаточной для передвижения колесного трактора с постоянной скоростью в течение не менее 3 минут (180 секунд) в разных рабочих условиях [24; 25].

В качестве испытательных участков определены естественные участки пути с разными типами поверхности передвижения: асфальтобетонная дорога (рисунок 3, а); грунтовая (полевая) дорога (рисунок 3, б); поле под посев (рисунок 3, в).



а – асфальтобетонная дорога; б – грунтовая (полевая) дорога; в – поле под посев

Рисунок 3. – Испытательные участки с разными типами поверхности передвижения

Для измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя использовали поверенный шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А (НФ-Белая) с трехкомпонентным датчиком АР2038Р-10.

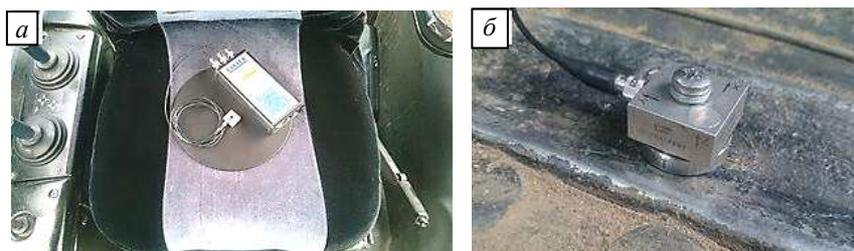
Данные, полученные в ходе проведенных исследований, обрабатывали на ПЭВМ с использованием лицензионного программного обеспечения *Signal+3G*.

Измерение среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя осуществляли в соответствии с ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) [24], ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003) [25], ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:2003) [26].

С целью измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя были выбраны места (точки) установки датчика АР2038Р-10 (рисунок 4): подушка сиденья и опорная поверхность для ног (пол кабины) [24–26]. При измерении вибрации, передающейся через сиденье водителю, датчик АР2038Р-10 устанавливали в центре полужесткого диска, который размещался на поверхности сиденья таким образом, чтобы датчик АР2038Р-10 находился посередине между сидельными буграми сидящего человека (рисунок 4, а). Из соображений комфорта допускается, чтобы центр диска находился впереди (до 5 см) сидельных бугров. Сиденье отрегулировано с учетом массы водителя таким образом, чтобы водителю было удобно работать с органами управления и исключить риск ударов о верхний и нижний ограничители хода подвески [25; 26].

При измерении вибрации, действующей на ноги водителя, датчик AP2038P-10 размещали на опорной поверхности для ног (пол кабины) посередине между сводами его ступней (рисунок 4, б). На момент проведения экспериментальных исследований на передней оси колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» были шины типа-размера 540/65 R30 фирмы «BELSHINA», а на задней оси шины – 650/65 R42 фирмы «Cultor» от производителя *Mitas a.s.* (Чехия). Внутреннее давление воздуха в передних шинах составляло 2,1 МПа, в задних – 2,2 МПа.

Сиденье водителя «Беларус 80В-6800000» колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» имеет механическую подвеску, состоящую из двух спиральных пружин кручения и газонаполненного амортизатора двухстороннего действия. Направляющий механизм типа «ножницы» обеспечивает строго вертикальное перемещение сиденья. Динамический ход сиденья 100 мм. Перед началом эксперимента сиденье отрегулировано по массе водителя.

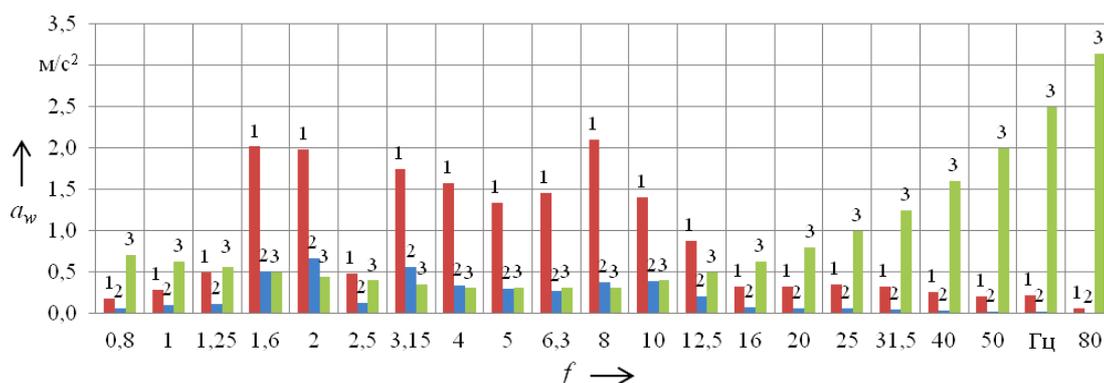


а – подушка сиденья; б – опорная поверхность для ног (пол кабины)

Рисунок 4. – Места установки датчика AP2038P-10

Экспериментальные исследования проводили в несколько этапов. Температура окружающего воздуха находилась в пределах от +2 до +4 °С. Продолжительность рабочего дня составляла 8 часов. Результаты экспериментальных исследований существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» представлены на рисунках 5–7.

На рисунке 5 отображены 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 органики колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по асфальтобетонной дороге (см. рисунок 3, а) со скоростью 20 км/ч.



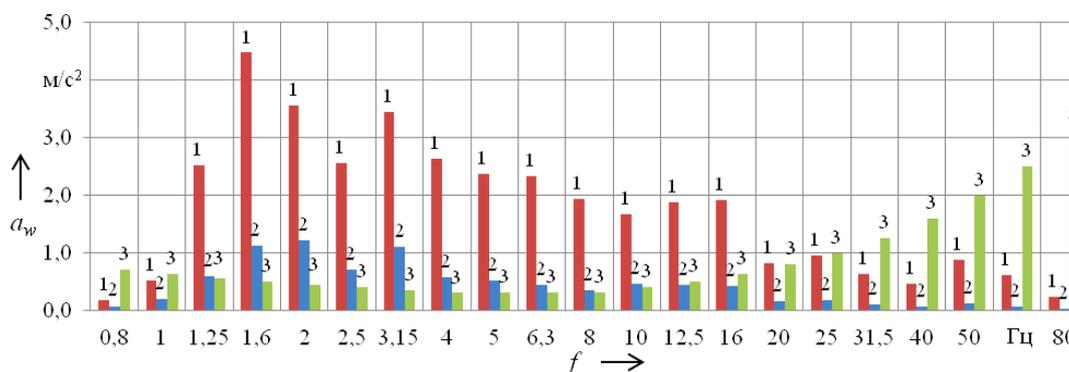
1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 № 132 [7]

Рисунок 5. – 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

На рисунке 6 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 (рисунок 3, б) со скоростью 10 км/ч.

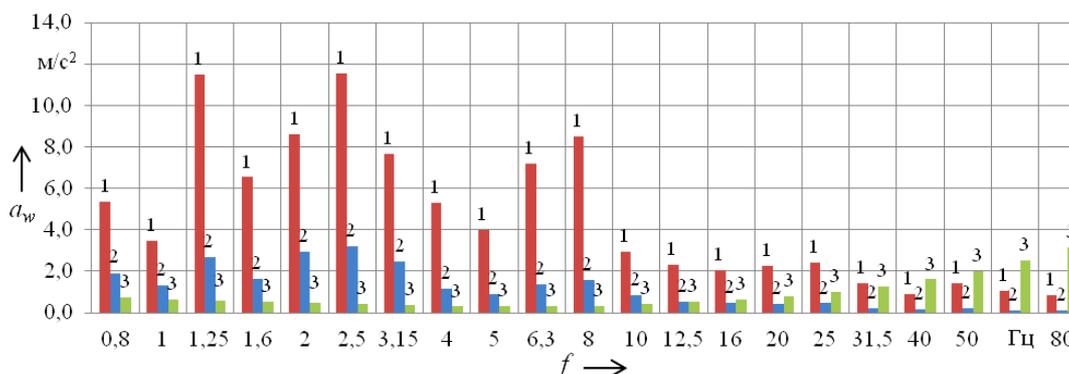
На рисунке 7 проиллюстрированы результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу

кабины и подушке сиденья водителя для серии из N выборок в течение 8-часового рабочего дня при возвращении на загрузку органики колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 (рисунок 3, в) по полю со скоростью 7 км/ч.



1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНИП от 26.12.2013 № 132 [7]

Рисунок 6. – Среднеквадратические значения корректированного виброускорения при перевозке органики 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 № 132 [7]

Рисунок 7. – Среднеквадратические значения корректированного виброускорения при возвращении на загрузку органики колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 по полю со скоростью 7 км/ч

Проведенные экспериментальные исследования позволили оценить эффективность работы существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» и сделать следующие *выводы*:

1) среднеквадратические значения корректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на полу кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 в течение 8-часового рабочего дня превышают величину предельно допустимых значений виброускорения общей вибрации первой категории (транспортной) [7]: при перевозке органических удобрений по асфальтобетонной дороге со скоростью 20 км/ч на диапазоне частот 1,6...12,5 Гц в среднем в 4 раза; при перевозке органических удобрений по грунтовой (полевой) дороге со скоростью 10 км/ч на диапазоне частот 1,25...20 Гц в среднем в 6,1 раза; при возвращении на загрузку органических удобрений по полю со скоростью 7 км/ч на диапазоне частот 0,8...31,5 Гц в среднем в 12,7 раза;

2) среднеквадратические значения корректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на подушке сиденья водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 в течение 8-часового рабочего дня превышают величину предельно допустимых значений виброускорения общей вибрации первой категории (транспортной) [7]: при перевозке органических удобрений по асфальтобетонной дороге со скоростью 20 км/ч на частоте 2 Гц в 1,5 раза, на диапазоне частот 3,15...4 Гц в среднем в 1,4 раза, на частоте 8 Гц в 1,2 раза; при перевозке органических удобрений по грунтовой (полевой) дороге со скоростью 10 км/ч на диапазоне частот 1,25...10 Гц в среднем в 1,8 раза; при возвращении на загрузку органических удобрений по полю со скоростью 7 км/ч на диапазоне частот 0,8...12,5 Гц в среднем в 4 раза;

3) максимальные среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на полу кабины наблюдаются при передвижении колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 без нагрузки по полю со скоростью 7 км/ч на диапазоне частот 0,8...31,5 Гц; на подушке сиденья водителя на диапазоне частот 0,8...12,5 Гц;

4) минимальные среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья водителя наблюдаются при передвижении колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20 под нагрузкой по асфальтобетонной дороге со скоростью 20 км/ч.

Таким образом, вышеизложенное указывает на необходимость повышения эффективности работы системы виброзащиты в определенном диапазоне частот для всех рассматриваемых режимов работы колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с прицепом ПСС-20. Существующая на колесном тракторе «Беларус-3022ДЦ.1» система виброзащиты рабочего места водителя требует совершенствования, а именно система крепления кабины к остову колесного трактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиена труда : учеб. / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 592 с.
2. Артамонова, В.Г. Профессиональные болезни : учебник / В.Г. Артамонова, Н.А. Мухин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2004. – 480 с.
3. Профессиональные болезни : учеб. для студентов учреждений высш. проф. образования / Н.Ф. Измеров [и др.] ; под ред. Н.Ф. Измерова. – 2-е изд., стер. – М. : Издат. ц-р «Академия», 2013. – 464 с.
4. Профессиональные заболевания : в 2 т. / Н.Ф. Измеров [и др.] ; под ред. Н.Ф. Измерова. – М. : Медицина, 1996. – Т. 2. – 480 с.
5. Косарев, В.В. Профессиональные болезни : учеб. пособие / В.В. Косарев, С.А. Бабанов. – М. : Вузовский учебник : ИНФА-М, 2013. – 252 с.
6. Профессиональная патология : национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
7. 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 Респ. Беларусь : нормативно-правовая база. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/sanitarnye-normy-pravila-i-gigienicheskie-normativy-reglamentiruyushchie-osnovnye-trebovaniya-pri-vo.php>. – Дата доступа: 12.03.2019.
8. Микулик, Т.Н. Исследование влияния параметров сиденья на вибронегруженность оператора / Т.Н. Микулик, Г.Н. Рейзина // Грузовик. – 2014. – № 4. – С. 30–32.
9. 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.
10. 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.
11. Okunribido, O.O. Low back pain in drivers: The relative role of whole body vibration, posture and manual materials handling / O.O. Okunribido, M. Magnusson, M. H. Pope // Journal of Sound and Vibration. – 2006. – Vol. 298. – P. 540–555.
12. Chiang, C.F. A study on biodynamic models of seating human subjects exposed to vertical vibration / C.F. Chiang, C. C. Liang // Int. J. Ind. Ergonom. – 2006. – Vol. 36. – P. 869–890.
13. Seidel, H. Long-term effects of whole-body vibration: A critical survey of the literature / H. Seidel, R. Heide // International Archives of Occupational and Environmental Health. – 1986. – Vol. 58. – P. 1–26.
14. Bonghers, P.M. Back disorders and whole-body vibration at work : Ph. D Thesis / P. M. Bonghers, H.C. Boshuizen. – Universiteit van Amsterdam, Nederlands, 1990. – 317 p.
15. Directive 2002/44/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) // Official Journal of the European Communities. – 2002. – L. 177, Vol. 45. – 12 p.
16. Agricultural Wheeled Tractors and Field Machinery – Measurement of Whole-Body Vibration of the Operator : Standard ISO 5008:2002 ; International Standard Organization (ISO). – Geneva, 2002. – 17 p.

17. Whole-body vibration in agriculture. In Practical User's Guide / European Agricultural Machinery (CEMA). – Brussel, 2005. – 6 p.
18. Bovenzi, M. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress / M. Bovenzi, A. Betta // Applied Ergonomics. – 1994. – Vol. 25 (4). – P. 231–241.
19. Effects of vibration at workplaces – Characteristic values of hand-arm and whole-body vibration / E. Christ, S. Fischer, U. Kaulbars, D. Sayn ; Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) // IFA Report. – 2006. – № 6. – P. 60–120.
20. Vibrationseinwirkung an Arbeitsplätzen – Kennwerte der Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungsbelastung / E. Christ und [und andere] // BGIA-Report. – 2006. – Vol. 6. – 72 p.
21. Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels / A.J. Scarlett [und andere] ; Silsoe Research Institute, RMS Vibration Test Laboratory for the Health and Safety Executive. – Sudbury ; Suffolk : HSE Books, 2005. – 249 p.
22. 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, Is. 84. – 20 p.
23. Guide to Good Practice on Whole-Body Vibration / European Union (EU). – Brussel, 2006. – 425 p.
24. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах : ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). – Введ. 30.06.2008. – М. : Науч.-исслед. центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 23 с.
25. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования : ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003). – Введ. 30.06.2008. – М. : Науч.-исслед. центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 30 с.
26. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч. 1. Общие требования : ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). – Введ. 30.06.2008. – М. : Науч.-исслед. центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 29 с.
27. Рунов, А.В. Трактор «БЕЛАРУС-3022ДЦ.1» : рук-во по эксплуатации / А.В. Рунов. – Минск : РУП «Минский тракторный завод», 2015. – 400 с.

Поступила 02.08.2019

INFLUENCE OF SYSTEM DESIGN VIBRATION PROTECTION OF THE WORKPLACE OF A WHEELED TRACTOR DRIVER FOR THE DEVELOPMENT OF OCCUPATIONAL DISEASES

D. LINNIK, A. VORONTSOV

An analytical review of the literature on the effects of vibration on the human body (driver) is given. Vibration is considered as a strong stress factor that has a negative impact on psychomotor performance, emotional sphere and mental activity of a person and increases the likelihood of accidents and leads to the development of occupational diseases, in particular vibration disease. The analysis of the types of impacts on the driver of a wheeled tractor, the analysis of occupational diseases of drivers of wheeled tractors, the results of experimental studies of the existing vibration protection system for the workplace of a wheeled tractor driver are presented. Experimental studies of the existing vibration protection system for the driver's workplace of the Belarus-3022DC.1 tractor's tractor with the PSS-20 trailer made it possible to determine its inefficiency due to exceeding the maximum permissible root mean square values of the corrected vibration acceleration in one-third octave frequency bands (0.8...50 Hz) by driver's workplace for all considered wheel tractor operating modes.

Keywords: *wheeled tractor, vibration, driver, occupational disease, workplace, cab floor, seat cushion, root mean square value of corrected vibration acceleration.*