

ИМИТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ РАБОЧЕГО МЕСТА ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

Д. А. ЛИННИК

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь, 230023*

(Поступила в редакцию 12.01.2022)

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

Водители колесных тракторов в процессе работы подвергаются различным негативным воздействиям, среди которых особенно вредны вибрации. Речь идет о вибрациях, возникающих в двигателе и трансмиссии во время работы колесного трактора, от неровностей поверхности в движении, которые затем передаются на тело водителя через сиденье, остоу и органы управления. Воздействие этих вибраций в течение длительного периода может привести к серьезным проблемам со здоровьем. Следовательно, измерение и оценка вибрации имеют решающее значение с точки зрения разработки мер безопасности.

Наиболее рациональный метод снижения уровней вибрации при движении на любом транспортном средстве состоит в том, чтобы установить одну или несколько систем подвески между источником вибрации транспортного средства и оператором. Классическая компоновка колесного трактора (двигатель – трансмиссия – задний мост) затрудняет внедрение эффективной системы подвески моста, что становится серьезной и дорогостоящей проблемой при проектировании. Следовательно, многие производители колесных тракторов, воспользовавшись преимуществами сидений с подвеской в снижении вибрации при движении трактора, рассматривали возможность включения подвески кабины как логичный и потенциально наиболее экономичный следующий шаг.

В статье приведены результаты имитационных испытаний существующей и модернизированной систем виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора, позволившие оценить эффективность их работы.

Ключевые слова: *вибрация, рабочее место, водитель, кабина, система виброзащиты, колесный трактор, имитационные испытания.*

At the present stage of technological progress, the fight against the adverse effects of vibration exposure is gaining more and more social and hygienic significance. This is caused, on the one hand, by the intensification of existing technological processes, and on the other hand, by the increasing introduction of vibroactive technology into all sectors of the economy. The improvement of technical and economic indicators of machines and equipment is carried out by increasing the power and operating speed while reducing the mass, which leads to an increase in the vibration activity of the machines. Vibration as a factor in the working environment is found in agriculture, metalworking, mining, metallurgical, engineering, construction, aircraft and shipbuilding industries, transport and other sectors of the economy.

Drivers of wheeled tractors in the course of work are exposed to various negative influences, among which vibrations are especially harmful. We are talking about vibrations that occur in the engine and transmission during operation of a wheeled tractor, from surface irregularities in motion, which are then transmitted to the driver's body through the seat, frame and controls. Exposure to these vibrations for a long period can lead to serious health problems. Therefore, vibration measurement and evaluation is critical in terms of developing safety measures.

The most rational method of reducing vibration levels while driving on any vehicle is to install one or more suspension systems between the vibration source of the vehicle and the operator. The classic layout of a wheeled tractor (engine - transmission - rear axle) makes it difficult to implement an efficient axle suspension system, which becomes a serious and costly design problem. Consequently, many wheel tractor manufacturers, having taken advantage of the vibration-reducing benefits of suspension seats when the tractor is moving, considered including cab suspension as the logical and potentially most economical next step.

The article presents results of simulation tests of the existing and modernized vibration protection systems for the workplace of the driver of a wheeled tractor, which made it possible to evaluate the effectiveness of their work.

Key words: *vibration, workplace, driver, cab, vibration protection system, wheeled tractor, simulation tests.*

Введение

В повседневной деятельности водители сельскохозяйственной техники подвергаются множеству негативных воздействий, оказывающих комплексное и вредное воздействие на их организм. Помимо физических нагрузок, осадков, неблагоприятного микроклимата, различных загрязнений (пыль, химикаты для защиты растений), высоких или низких температур, шума и несоответствующего эргономического контроля, вибрации также являются значительным вредным фактором [1–3].

Вибрации возникают при психофизических нагрузках и вредны для всего тела. Эти колебания особенно влияют на водителей сельскохозяйственных тракторов, где они передаются через сиденье, остов и органы управления на все тело водителя [1–3].

Кратковременное воздействие вибрации может вызвать раздражающие ощущения в человеческом теле, боль в животе и груди, затруднение дыхания, тошноту, потерю равновесия и ухудшить работоспособность при точном контроле, в то время как длительное воздействие может привести к расстройствам в психомоторных, физиологических и психических способностях водителя и вызывают серьезные проблемы со здоровьем, особенно с позвоночником [1–3].

По сравнению с очевидными улучшениями в других характеристиках сельскохозяйственных тракторов (мощность, трансмиссия, скорость, высокотехнологичное управление) защита водителей от вибрации неудовлетворительна. Шасси трактора не включает подвеску, а относительно гибкие шины фактически представляют собой единственную подвеску, которая поглощает вибрации. Вот почему водители колесных тракторов подвергаются относительно сильным вибрациям [3].

При движении колесного трактора в рабочих условиях все его конструктивные элементы (двигатель, остов, агрегаты трансмиссии, шасси, кабина) подвергаются сложным колебательным процессам. Факторы, вызывающие вибрацию в колесных тракторах, напрямую зависят от сил и крутящих моментов, которые возникают в двигателе во время его работы, от того, как двигатель установлен, от того, как вибрации распространяются от двигателя через трансмиссию на сиденье водителя [3].

Некоторые исследования оказывают, что, за исключением ровного асфальта, все остальные участки местности, по которым передвигаются колесные трактора, оказывают большое влияние на уровень вибрации. Также следует учитывать тип шин (радиальные или диагональные), поперечную жесткость шины и давление в шинах. Шины как гибкие или амортизирующие части колесного трактора не обеспечивают водителю эффективной защиты от вибрации и сотрясений [3].

Еще одним важным фактором, вызывающим вибрации, является скорость движения колесного трактора. Некоторые измерения показали, что при одинаковой глубине обработки уровень вибрации по всем трем осям увеличивается даже на 40 % при увеличении скорости всего на 3 км / ч [3].

Трудно устранить многие факторы, которые создают вибрации, которые через гибкие и полугибкие соединения и крепежи передаются на сиденье водителя, но, безусловно, можно снизить уровни вибрации с помощью различных конструкций. Известные мировые производители тракторов (Class, Fendt, CAT, Case, John Deere, New Holland, JCB, Massey Ferguson) практически решили эти проблемы и, безусловно, повысили безопасность и комфорт водителей во всех аспектах [4]. Именно поэтому влияние вибрации в новых моделях тракторов было либо практически устранено, либо уменьшено до значений, установленных санитарными нормами. Однако этого нельзя утверждать, когда речь идет о более старых моделях тракторов, при проектировании которых не соблюдалась эргономика. Следовательно, в этих случаях отрицательные эффекты вибрации более очевидны [3].

В конце списка, но на первом месте среди факторов, вызывающих вибрацию, стоит работа оператора, то есть его опыт и навыки. Неопытные операторы без соответствующих профессиональных навыков не могут распознать важные факторы, которые могут многократно увеличить уровень вибрации. Поэтому профессиональное и постоянное обучение трактористов-машинистов имеет решающее значение для снижения или полного устранения вибрационного воздействия [3].

Измерения уровней вибрации на сиденьях различных моделей колесных тракторов показали, что риск для здоровья водителей существует даже в том случае, когда водители подвергаются вибрации только один час в день, в то время как риск вероятен для всех остальных случаев с более длительным периодом воздействия. Нарушения здоровья, как правило, проявляются постепенно, обычно через 2–7 лет на рабочих местах, где водители подвергаются этим вибрациям [5].

Поэтому очень важно проводить точные измерения вибрации, оценивать их и оценивать реальный риск для здоровья водителя. На основании полученных данных можно разработать системы безопасности, снижающие уровень вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора.

Основная часть

Испытания существующей и модернизированной систем виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора проводились на стенде имитационных испытаний системы поддрессоривания кабины колесного трактора МТЗ с моделированием возмущений (рис. 1) [6; 7].



Рис. 1. Внешний вид стенда имитационных испытаний системы поддрессирования кабины колесного трактора МТЗ с моделированием возмущений

Для измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя колесного трактора использовался поверенный шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А (НФ-Белая) с трехкомпонентным датчиком АР2038Р-10 аккредитованной лаборатории электрофизических измерений учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купаль» [8].

С целью измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя были выбраны места (точки) установки датчика АР2038Р-10: подушка сиденья (рис. 2, а) и опорная поверхность для ног (пол кабины) (рис. 2, б) [9].



Рис. 2. Места установки датчика АР2038Р-10 в кабине колесного трактора: а) подушка сиденья; б) опорная поверхность для ног (пол кабины)

При измерении вибрации, передающейся через сиденье водителю, датчик АР2038Р-10 устанавливался в центре полужесткого диска, который размещался на поверхности сиденья таким образом, чтобы датчик АР2038Р-10 находился посередине между сиделищными буграми сидящего испытуемого (рис. 2, а) [9].

При измерении вибрации, воздействующей на ноги водителя, датчик АР2038Р-10 размещался на опорной поверхности для ног (пол кабины) посередине между сводами его ступней (рис. 2, б) [9].

Последовательность подготовки и проведения испытаний можно представить в виде следующих основных этапов: 1) установка виброизоляторов (опытных демпферов системы поддрессирования кабины) (рис. 3) на стенде; 2) установка трехкомпонентного датчика АР2038Р-10; 3) включение шумомера-вибромметра, анализатора спектра ЭКОФИЗИКА-110А (НФ-Белая); 4) испытание существующей

и модернизированной систем виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора; 5) окончание эксперимента; 6) сохранение данных; 7) обработка результатов.

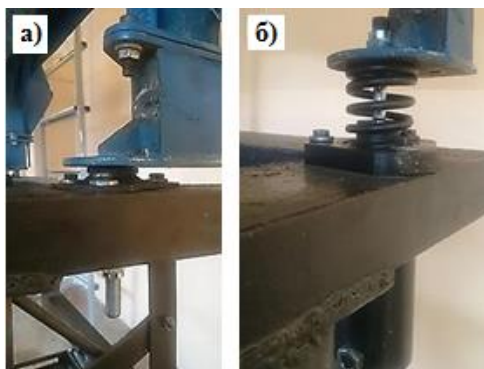


Рис. 3. Крепление кабины колесного трактора на раме стенда:
а) установка кабины на раму стенда через виброизоляторы 923-6700200;
б) установка кабины на раму стенда через опытные демпферы

На момент проведения имитационных испытаний в кабине было установлено сиденье водителя «Беларус 80В-6800000» колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1», которое имеет механическую подвеску, состоящую из двух спиральных пружин кручения и газонаполненного амортизатора двухстороннего действия. Перед началом эксперимента сиденье было отрегулировано по массе испытуемого, который располагался на сиденье выпрямившись, в естественной позе, сохраняя ее в течение всего испытания (рис. 1). Время воздействия вибрации в процессе каждого испытания составляло не менее 180 секунд [9].

Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов.

На рис. 4 отражены результаты измерений среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья для серии из N испытаний (не менее трех) при частоте возмущающих воздействий стенда 6 Гц. Полученные результаты измерений усреднялись.

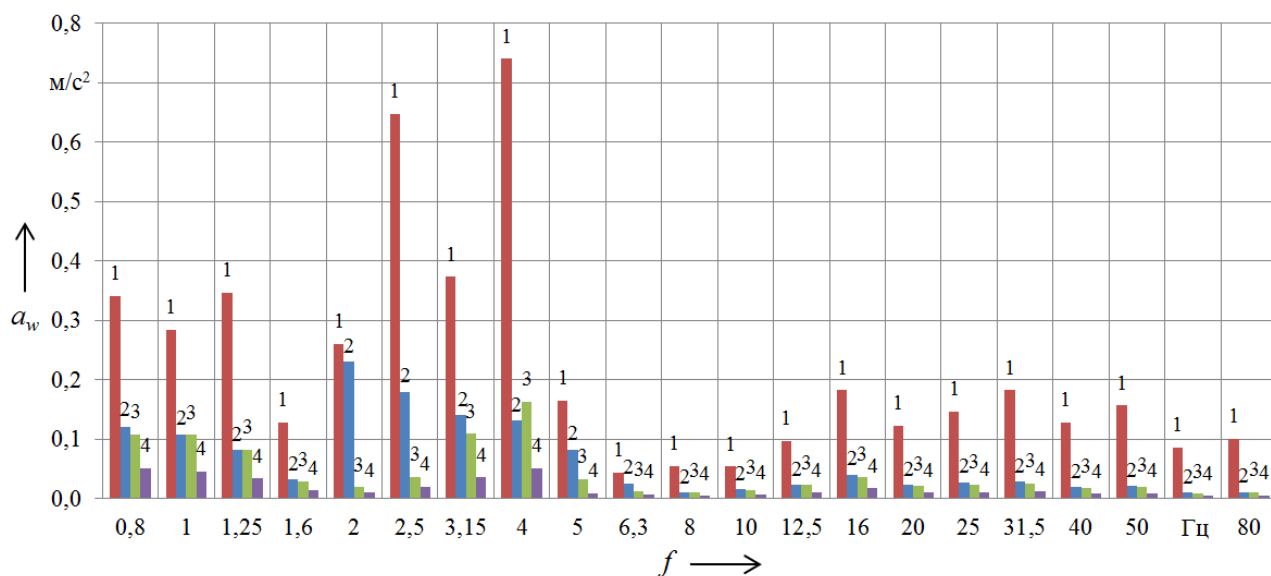


Рис. 4. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя колесного трактора: 1, 3 – пол кабины; 2, 4 – подушка сиденья

Данные значений столбцов 1 и 2 на рис. 4 соответствуют полученным результатам экспериментальных исследований для существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора, а данные в столбцах 3 и 4 – для модернизированной системы виброзащиты с опытными демпферами.

Проведенные стендовые испытания позволили оценить эффективность работы существующей и модернизированной систем виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора.

Заключение

Сравнительный анализ данных, полученных в ходе проведения стендовых испытаний, позволил сделать вывод, что в случае установки на стенде модернизированной системы поддрессирования кабины колесного трактора величина среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот (0,8–4 Гц) в вертикальном направлении на рабочем месте водителя будет снижена в среднем на 70–75 %, что дает возможность повысить эффективность гашения низкочастотной вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора.

Величина среднеквадратических значений скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот 5–80 Гц в вертикальном направлении на рабочем месте водителя колесного трактора снижена в среднем на 45–50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Линник, Д. А. Влияние конструктивного исполнения системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора на развитие профессиональных заболеваний / Д. А. Линник, А. С. Воронцов // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2019. – № 11. – С. 15–23.
2. Линник, Д. А. Повышение эффективности системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора / Д. А. Линник // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2020. – № 2 (67). – С. 40–50.
3. Cvetanovic, B. Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers / B. Cvetanovic, D. Zlatkovic // Bulg. J. Agric. Sci. – 2013. – Vol. 19 (5). – P. 1155–1160.
4. Petrović, P. Oscillatory appearance on agricultural of tractors / P. Petrović, Z. Bracanović, S. Vukas // Agricultural Engineering. – 2005. – Vol. 30 (2). – P. 15–23.
5. Possible health effects of vibration on tractor drivers and preventive measures / B. Prokeš [et al.] // Agricultural engineering. – 2012. – Vol. 38 (3). – P. 189–286.
6. Линник, Д. А. Стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора / Д. А. Линник, В. А. Ким, С. Д. Лещик // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 112–114.
7. Стенд имитационных испытаний подвески кабины водителя колесного трактора: пат. 11277 Респ. Беларусь / Д. А. Линник, В. А. Ким; дата публ. 28.02.2017.
8. Шумомер-вибромметр, анализатор спектра «Экофизика – 110А»: руководство по эксплуатации. Часть III. Исполнение HF (Белая) ПКДУ. 411000.001.02 РЭ. Приборостроительное объединение «Октава-ЭлектронДизайн». – М.: ООО «ПКФ Цифровые приборы», 2014. – 142 с.
9. Вибрация. Лабораторный метод оценки вибрации, передаваемой через сиденье оператора машины. Тракторы сельскохозяйственные колесные: ГОСТ 31316-2006 (ИСО 5007:2003). – Введ. 30.06.2008. – М.: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 16 с.