

УДК 629.1.02

DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2019.45.0.38

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ З АГРЕГАТАМИ ЗМІННОЇ МАСИ

Кожушко А. П.¹

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. Представлено етапи проведення експериментального дослідження з визначення показників ергономічності колісних тракторів при виконанні транспортної роботи з перевезення рідкого вантажу цистернами. Наведено вимірювальну апаратуру, яка складається з мобільного ресстраційного комплексу «ВДВММ 4-001» та радіолокаційного датчика, який призначено для фіксації дійсної швидкості руху транспортного засобу. На основі проведеного експериментального дослідження встановлено показники середньоквадратичних прискорень, згідно зі стандартом ISO 2631.

Ключові слова: колісний трактор, цистерна, експериментальні дослідження, ергономічні властивості, прискорення, спектральний аналіз.

Вступ

Колісний трактор є невід'ємною складовою в будь-якому підприємстві держави при виконанні транспортно-тягових робіт. Різноманіття операцій, що виконує трактор, достатньо велика, тому сьогодні простежується тенденція щодо створення нової тракторної техніки універсальною та енергонасиченою [1].

При створенні нової техніки конструктори намагаються дотримуватися вимог стандартів щодо ергономічних властивостей, а саме дотримання комфортного перебування оператора-водія при виконанні різноманітних робіт. Проте більшість випробувань, які проводяться при доводженні дослідного зразка нової техніки, не враховують додаткову навантагу, що створюється причіпним або напівпричіпним агрегатом змінної маси (тракторних цистерн). Цей факт підштовхує до поглибленого дослідження питань ергономіки трактора, адже перерозподіл мас у цистерні може спричинити зсув центру мас, що призводить до підвищення динамічного впливу на трактор.

За своєю природою термін «ергономіка транспортного засобу» охоплює декілька суміжних показників – це комфортабельність, плавність ходу, вібрація тощо. Саме тому виявлення та надання рекомендацій щодо підвищення показників ергономічності транспортного засобу – актуальне і сьогодні. Адже це надасть змогу зменшити динамічну навантаженість силового агрегата (двигуна внутрішнього згоряння, вузлів трансмісії, тощо), підвищити техніко-економічні показники трактора (за рахунок підвищення умов

праці оператора-водія, стабілізації повздовжнього та вертикального руху), збільшити ресурс вузлів і агрегатів транспортного засобу та ін.

Аналіз результатів досліджень

Основним показником, який характеризує ергономічні властивості колісних тракторів є вібрація. Дотримання рівнів вібраційної безпеки (або комфортабельності) операторів-водіїв транспортних засобів присвячена велика кількість наукових робіт [2 – 8]. Насамперед всі ці роботи базуються на двох методиках визначення рівнів вібраційної безпеки оператора-водія:

1. У горизонтальному та вертикальному напрямку на сидінні і (або) робочій площині оператора-водія тракторів та машин відповідно до вітчизняних стандартів [9 – 11].

Оцінка рівнів вібрації базується на отриманні середньоквадратичних значень прискорень (СКП) в октавних діапазонах частот. Так, у табл. 1 наведено параметри вібрації колісних тракторів. Проведення такого роду досліджень необхідно при сталому режимі руху.

Таблиця 1 – Параметри вібрації тракторів

Середнь-геометричні частоти, Гц	Діапазон октавних частот, Гц	Рекомендації ГОСТ 12.2.019-86 значень СКП на сидінні і (або) робочій площині оператора-водія	
		\ddot{X} , м/с ²	\ddot{Y} , м/с ²
1	0,7 – 1,4	0,316	0,85
2	1,4 – 2,8	0,423	0,79
4	2,8 – 5,6	0,8	0,57
8	5,6 – 11,2	1,62	0,6

Основним недоліком досліджень за ГОСТами [9–11] – є те, що СКП, які обчислюються в межах середньгеометричних частот, встановлюються для двох площин (горизонтальної та вертикальної). Тому використання цих ГОСТів не може надати вичерпної інформації щодо ергономічних властивостей транспортного засобу.

2. У горизонтальному, вертикальному та бічному напрямку на сидінні оператора-водія тракторів відповідно до закордонних ISO [12–14]. Дана методика охоплює більшу кількість площин, в яких досліджуються прискорення, тому є актуальною.

Відзначимо, що оцінка ергономічних властивостей колісного трактора з цистерною досліджено в роботі [15]. Проте дане дослідження проведено лише для одного виду агрегата змінної маси (двовісної напівпричіпної цистерни). Окрім того, при виконанні дослідження цистерна була повністю заповнена, що дає інформацію тільки про максимальний вплив на вібраційну безпеку транспортного засобу.

Тому пріоритетним завданням є проведення дослідження з різним рівнем наповненості тракторної цистерни з метою отримання взаємозв'язку між рівнями комфортності та масою транспортованого агрегата.

Мета і постановка завдання

Метою дослідження є визначення показників ергономічності колісних тракторів при виконанні транспортної роботи з перевезення рідкого вантажу причіпною та напівпричіпною цистернами.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- навести етапи експериментального дослідження визначення ергономічних властивостей колісних тракторів. Представити об'єкти досліджень, вимірювальний комплекс та методику проведення випробувань;
- оцінити отримані значення вертикальних, горизонтальних та бокових прискорень, які діють на сидіння оператора-водія колісного трактора.

Методика експериментальних досліджень

Теоретичні викладки (напрацювання) повинні підтверджуватися експериментальними випробуваннями. Проте існує практика щодо використання експериментальних даних, як вихідних даних для подальших досліджень. Саме матеріали цієї роботи спрямовані на обґрунтування необхідності подальших дос-

ліджень показників плавності ходу колісних тракторів при транспортуванні агрегатів змінної маси, які безпосередньо пов'язані з питанням ергономічних властивостей.

Об'єктами випробувань виступають (рис. 1):

– трактор John Deere 8310 (США) з номінальною потужністю двигуна внутрішнього згорання 310 к.с. (228 кВт) у зчипці з причіпною цистерною (П-цистерною) МЖТ-16 (Білорусь) вантажопідйомністю 16 т;

– трактор ХТЗ-150К (Україна) з номінальною потужністю двигуна внутрішнього згорання 129 к.с. (94,9 кВт) у зчипці з напівпричіпною цистерною (НП-цистерною) МЖТ-10 (Білорусь) вантажопідйомністю 10 т.



а



б

Рис. 1. Об'єкти експериментальних досліджень: а – John Deere + МЖТ-16; б – ХТЗ-150К + МЖТ-10

Експериментальні дослідження проводилися у фермерських угіддях Харківської області. Випробування проводилися на ділянці укоченої ґрунтової дороги, яка мала довжину 200 м, а її нахил складав не більше 2%.

Експериментальні заїзди проводилися не менше трьох разів згідно ГОСТ 7057-2003 [16], 24055-2016 [17], СОУ-П УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 [18]. Вимірювально-реєстраційний комплекс (рис. 2, 3) складається з комплексу «ВДВММ 4-001» Паспорт 4-001.000.00 ПС [19] (4-ох акселерометрів Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT) та з безконтактного (радіолокаційного) датчика [20], призначеного для фіксації дійсної швидкості транспортного засобу.

Методика визначення ергономічних властивостей колісних тракторів зводиться до обчислення рівнів комфортності оператора-водія, що зумовлює виконання таких етапів:

1. Дослідження проводяться на сталому режимі руху, а враховуючи, що транспортною швидкістю МТА з цистернами є 16 км/год (4,44 м/с), то це досягається для трактора John Deere експлуатацією на 13 передачі з 1500 об/хв колінчастого вала двигуна, а для трактора ХТЗ-150К – 4 передачі робочого ряду з 2100 об/хв колінчастого вала двигуна.

2. Сигнали, які отримано з акселерометрів, розкладаються на ряди Фур'є та будуються амплітудні спектри за трьома площинами дії прискорень a_x , a_y та a_z в одній третій октавній полосі (1 – 80 Гц).

3. Обчислюються величини СКП, які потім зіставляються з діапазоном загальних значень комфортності відповідно з ISO 2631 (рис. 4).

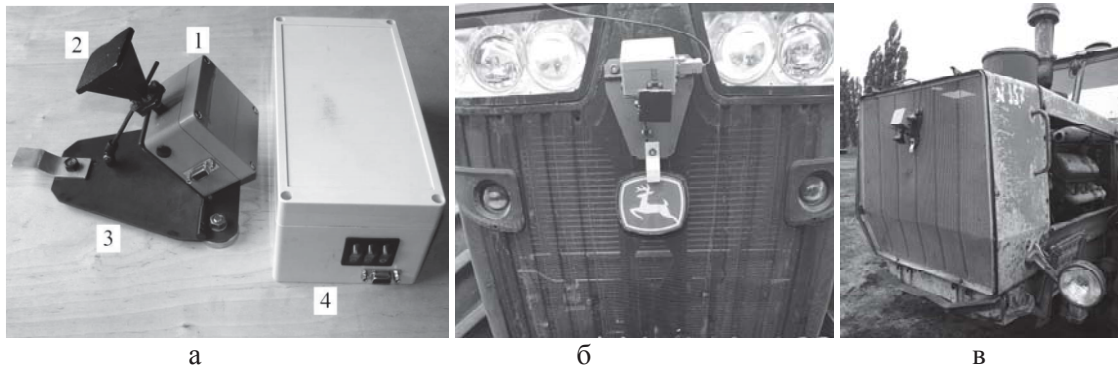


Рис. 2. Радіолокаційний безконтактний датчик: а – загальний вигляд; б – встановлено на трактор John Deere; в – встановлено на трактор ХТЗ-150К; 1 – радар; 2 – антена; 3 – магнітна платформа; 4 – інтерфейс та блок живлення

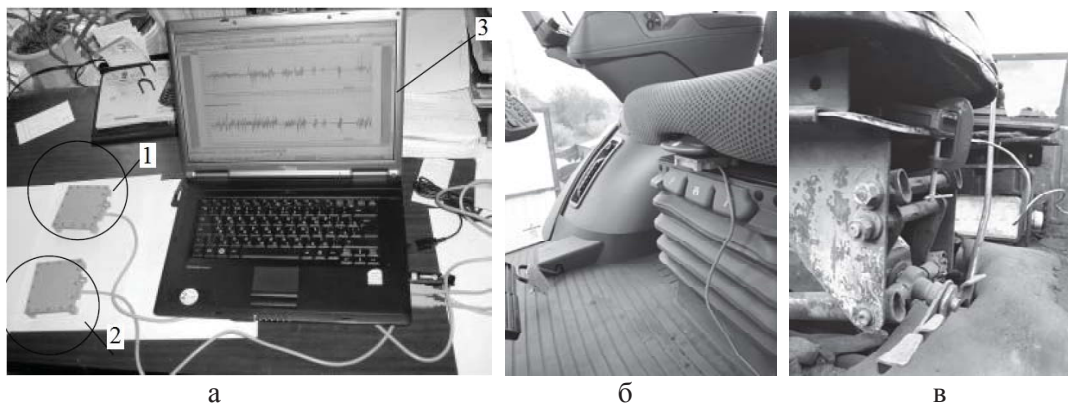


Рис. 3. Мобільний вимірювальний комплекс «ВДВМ 4-001»: а – загальний вигляд; б – встановлено на трактор John Deere; в – встановлено на трактор ХТЗ-150К; 1, 2 – акселерометри; 3 – ноутбук

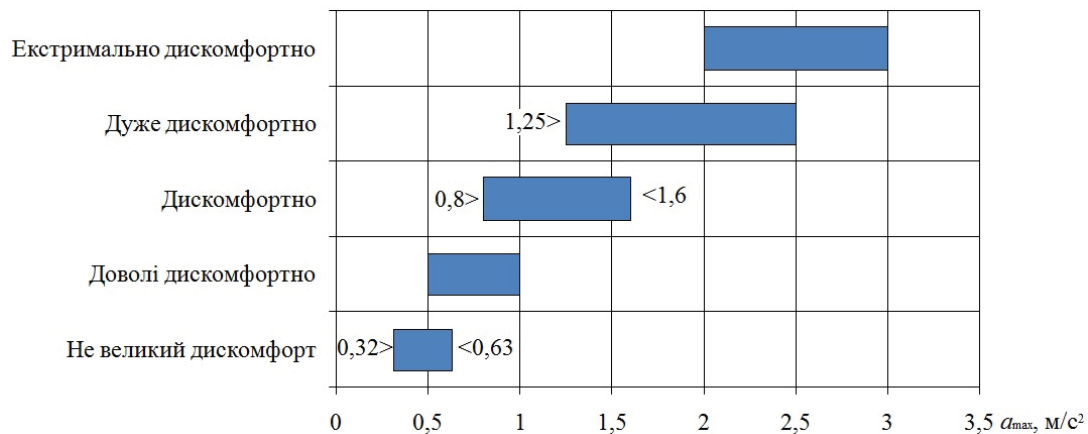


Рис. 4. Рівні дискомфорту за значеннями середньоквадратичних прискорень відповідно до ISO 2631

На рис. 5 наведено залежність амплітудного спектра від частоти. Відповідно до Директив Європейського Союзу 2002/44/ЕС [21] необхідно проводити аналіз за трьома площинами окремо:

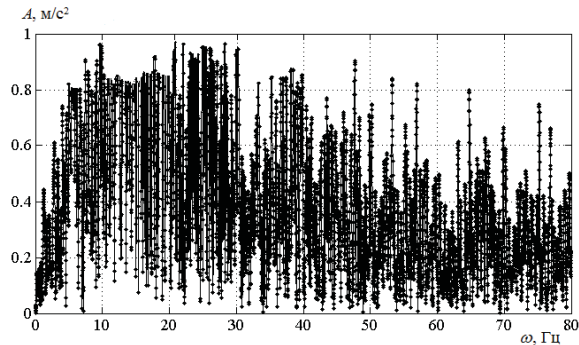


Рис. 5. Амплітудний спектр сигналу в одній третій октавній полосі

$$a_{\max} = \max[1,4a_x; 1,4a_y; a_z]. \quad (1)$$

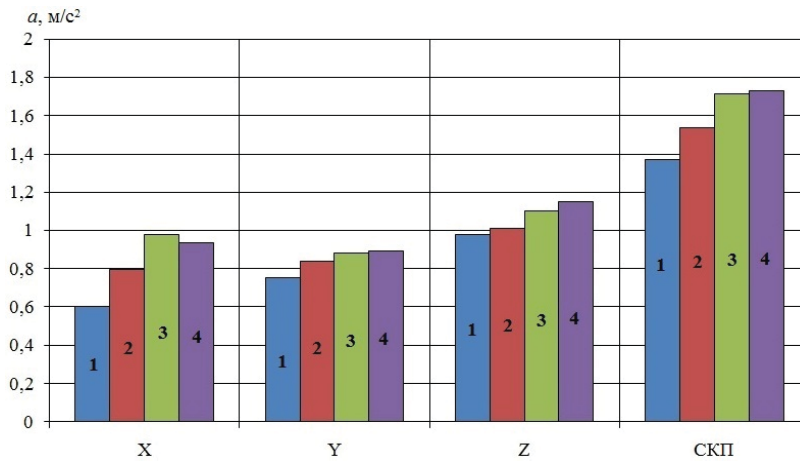
Обчислювати необхідно і середньоквадратичне значення прискорень руху в просторі:

$$\text{СКП} = \sqrt{(1,4a_x)^2 + (1,4a_y)^2 + (a_z)^2}. \quad (2)$$

На рис. 6 і 7 представлено результати вимірювання у вигляді діаграми.

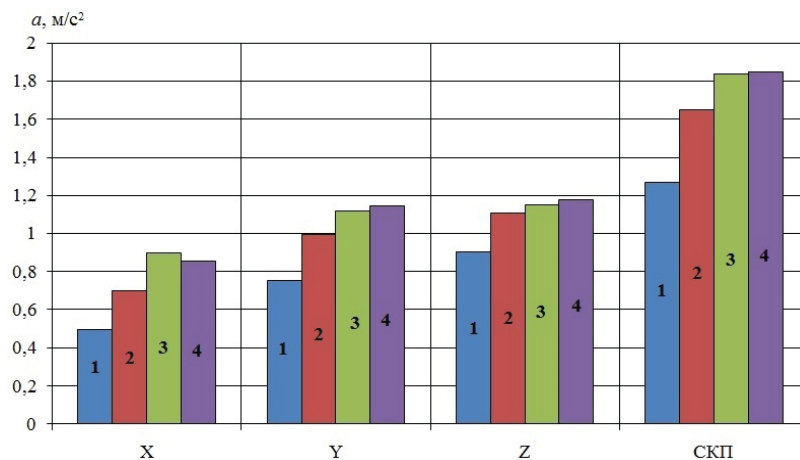
Результати досліджень

Аналізуючи результати на рис. 6, 7, відзначимо, що вплив агрегатів змінної маси (як П-цистерни, так і НП-цистерни) на показники середньоквадратичних прискорень є суттєвим.



1 – трактор без цистерни; 2 – цистерна, заповнена на $H = 1,15$ м; 3 – цистерна, заповнена на $H = 1,45$ м; 4 – цистерна, заповнена до максимального рівня ($H = 1,7$ м)

Рис. 6. Результати середньоквадратичних прискорень трактора John Deere з МЖТ-16



1 – трактор без цистерни; 2 – цистерна, заповнена на $H = 1$ м; 3 – цистерна, заповнена на $H = 1,35$ м; 4 – цистерна, заповнена до максимального рівня ($H = 1,6$ м)

Рис. 7. Результати середньоквадратичних прискорень трактора ХТЗ-150К з МЖТ-10

Колісний трактор при транспортуванні П-цистерни (з різним рівнем наповнюваності) має такі показники в порівнянні з рухом одиночного трактора:

– достатній вплив спостерігається в площині Y (при $H = 1,15$ м різниця складає 12%; при $H = 1,45$ м – 17,6%; при $H = 1,7$ м – 18,9 %) та Z (при $H = 1,15$ м різниця складає 7,1 %; при $H = 1,45$ м – 12,2%; при $H = 1,7$ м – 17,3%) в порівнянні з рухом одиночного трактора. Таке явище пояснюється збільшенням кутових коливань величин прискорень, які на ґрунтовій дорозі мають значний вплив на сам трактор та на П-цистерну. І хоча, конструктивна особливість П-цистерни не передбачає великої передачі вертикальних коливань на трактор, однак за рахунок мікропрофілю земної поверхні і швидкості транспортної роботи – це стає можливим;

– великий вплив простежується в горизонтальній площині X (при $H = 1,15$ м різниця складає 33%; при $H = 1,45$ м – 63,3%; при $H = 1,7$ м – 56,3%) в порівнянні з рухом одиночного трактора. Така картина пояснюється наявністю таких явищ як «забігання» та «тягнення» агрегата змінної маси.

Колісний трактор при транспортуванні НП-цистерни (з різним рівнем наповнюваності) має такі показники в порівнянні з рухом одиночного трактора:

– у горизонтальній площині X (при $H = 1$ м різниця складає 31,2 %; при $H = 1,35$ м – 75,7 %; при $H = 1,6$ м – 67,4 %);

– у вертикальній площині Y (при $H = 1$ м різниця складає 32,9 %; при $H = 1,35$ м – 45,3 %; при $H = 1,6$ м – 52,5 %);

– у бічній площині Z (при $H = 1$ м різниця складає 24,7 %; при $H = 1,35$ м – 29,2 %; при $H = 1,6$ м – 32,6 %).

Висновки

Оцінено вплив на комфортабельність водія, зокрема показники середньоквадратичних прискорень свідчать про те, що за ISO 2631 рівні дискомфорту для одиночного трактора та трактора з агрегатами змінної маси (John Deere з МЖТ-16 ($H = 1,15$ м) і ХТЗ-150К з МЖТ-10 ($H = 1$ м)) підпорядковані рівню «дискомфортно», а зі зростанням рівня рідини, як у П-цистерні, так і НП-цистерні – «дуже дискомфортно». Такий висновок дозволяє стверджувати про доцільність поглибленого дослідження плавності ходу колісних тракторів з агрегатами змінної маси. Окрім того, постає задача забезпечення зни-

ження дії зовнішніх збурювальних сил, які діють на сидіння водія.

Література

1. Кожушко А.П. Аналіз конструктивних особливостей причіпних та напівпричіпних цистерн у складі машинно-тракторного агрегату. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. 2019. № 5 (1330). С. 34 – 40.
2. Подрубалов М.В., Подрубалов В.К. Оценка вертикальной вибрации колесного трактора при движении по случайному профилю пути. *Лесной вестник*. 2014. № 4. С. 154 – 161.
3. Сабадаш В.В. Влияние эргономических условий рабочего места операторов мобильных машин на уровень травматизма и профессиональной заболеваемости. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. 2005. Вып 30. С. 23 – 25.
4. Савельев А.Г., Дзюбан С.В., Косов М.А., Одинокова И.В. Вибрационные воздействия на водителя/оператора дорожно-строительных машин. *Механизация строительства*. 2016. Т. 77. № 4. С. 32 – 34.
5. Kabir M.S.N., Chung S.O., Kim Y.J., Sung N.S., Hong S.J. Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2017. № 10(1). P. 248 – 255. doi: 10.3965 / j.ijabe.20171001.2113.
6. Singh G.K. Effect of whole-body vibration on vehicle operators: a review. *International Journal of Science and Research*. 2014. № 3(7). P. 320 – 323.
7. Sekulić, D., Dedović V., Rusov S., Šalinić S., Obradović A. Analysis of vibration effects on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degrees of freedom. *Applied Mathematical Modelling*. 2013. Т. 37. № 18–19. P. 8629 – 8644.
8. Plewa K.M., Eger T.R., Oliver M.L., Dickey J.P. Comparison between ISO 2631–1 Comfort Prediction Equations and Self-Reported Comfort Values during Occupational Exposure to Whole-Body Vehicular Vibration. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 2012. Т. 31. № 1. P. 43 – 53.
9. ГОСТ 12.2.019-86. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. М.: Изд-во стандартов, 2003. 17 с.
10. ГОСТ 31191.1-2004. Межгосударственный стандарт. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. М., 2008. 24 с.
11. ГОСТ 31323-2006. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ. М., 2012. 19 с.

12. ISO 5008:2002. Agricultural Wheeled Tractors and Field Machinery – Measurement of Whole-Body Vibration of the Operator, 2002. 17 p.
 13. ISO 2631:2014. Mechanical Vibration and Shock. Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration, 2014. 11 p.
 14. ISO 8608: 2016. Mechanical Vibration. Road Surface Profiles. – Reporting of Measured Data, 2016. 36 p.
 15. Giordano D., Facchinetti D., Pessina D. Comfort efficiency of the front axle suspension in off-road operations of a medium-powered agricultural tractor. *Contemporary Engineering Sciences*. 2015. Т. 8. № 28. Р. 1311 – 1325. doi: 10.12988/ces2015.56186.
 16. ДСТУ ГОСТ 7057-2003. Трактори сільськогосподарські. Методи випробувань (ГОСТ 7057-2001, ІДТ). Київ, 2003. 15 с.
 17. ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственной. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Межгосударственный стандарт, 2018. 27 с.
 18. СОУ-II УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015. «Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень». *Дослідницьке: Укр НДІПВТ*, 2015. 10 с.
 19. Клец Д.М. Разработка мобильного регистрационно-измерительного комплекса для проведения динамических испытаний колесных машин. *Вісник Національного транспортного університету*. 2012. № 25. С. 234 – 241.
 20. Шуляк М.Л., Лебедев А.Т., Артьомов М.П., Мальцев В.П. Экспериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2017. № 3. С. 38 – 42.
 21. Health and Safety Commission. Proposals for new control of vibration at work regulations implementing the physical agents (vibration) directive (2002/44/EC). Whole-body vibration. Consultative Document CD191. *HSE Books, Sudbury, England*. 2003.
- Reference**
1. Kozhushko A. (2019) Analiz konstruktyvnykh osoblyvostei prychipnykh ta napivprychipnykh tsystem u skladi mashynno-traktornoho ahrehatu [Analysis of design features trailed and semitrailer tanks as part of the machine-tractor unit]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*, 5 (1330), 34 – 40, doi:10.20998/2413-4295.2019.05.05. [in Ukrainian].
 2. Podrubalov M.V., Podrubalov V.K. (2014) Otsenka vertikalnoy vibratsii kolesnogo traktora pri dvizhenii po sluchaynomu profilyu puti [Assessment of vertical vibration of a wheeled tractor when driving along a random track profile]. *Lesnoy vestnik*, 4, 154 – 161. [in Russian].
 3. Sabadash V.V. (2005) Vliyanie ergonomicheskikh usloviy rabocheho mesta operatorov mobilnykh mashin na uroven travmatizma i professionalnoy zabolevaemosti [The influence of ergonomic conditions of the workplace of mobile machine operators on the level of injuries and occupational morbidity]. *Vestnik Harkovskogo natsionalnogo avtomobilnodorozhnogo universiteta*, 30, 23 – 25. [in Russian].
 4. Savelev A.G., Dzyuban S.V., Kosov M.A., Odinokova I.V. (2016) Vibratsionnyye vozdeystviya na voditelya/operatora dorozhno-stroitelnykh mashin [Vibration effects on the driver / operator of road construction machinery]. *Mehanizatsiya stroitelstva*, 4(77), 32 – 34. [in Russian].
 5. Kabir M.S.N., Chung S.O., Kim Y.J., Sung N.S., Hong S.J. (2017) Measurement and evaluation of whole body vibration of agricultural tractor operator. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(1), 248 – 255, doi: 10.3965 / j.ijabe.20171001.2113. [in English].
 6. Singh G.K. (2014) Effect of whole-body vibration on vehicle operators: a review. *International Journal of Science and Research*, 3(7), 320 – 323. [in English].
 7. Sekulić D., Dedović V., Rusov S., Šalinić S., Obradović A. (2013) Analysis of vibration effects on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degrees of freedom. *Applied Mathematical Modelling*, 18-19(37), 8629 – 8644, doi: 10.1016 / j.apm.2013.03.060. [in English].
 8. Plewa K.M., Eger T.R., Oliver M.L., Dickey J.P. (2012) Comparison between ISO 2631–1 Comfort Prediction Equations and Self-Reported Comfort Values during Occupational Exposure to Whole-Body Vehicular Vibration. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 1(31), 43 – 53, doi: 10.1260 / 0263-0923.31.1.43 [in English].
 9. GOST 12.2.019-86. Traktory i mashiny samohodnyie selskohozyaystvennyie. Obschie trebovaniya bezopasnosti [State Standard 12.2.019-86. Tractors and self-propelled agricultural machinery. General safety requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2003, 17. [in Russian].
 10. GOST 31191.1-2004. Mezhhgosudarstvennyiy standart. Vibratsiya i udar. Izmerenie obschey vibratsii i otsenka ee vozdeystviya na cheloveka. Chast 1. Obschie trebovaniya [State Standard 31191.1-2004. Interstate standard. Vibration and shock. Measurement of general vibration and assessment of its impact on humans. Part 1. General requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 24. [in Russian].
 11. GOST 31323-2006. Vibratsiya. Opredelenie parametrov vibratsionnoy harakteristiki samohodnykh mashin. Traktoryi selskohozyaystvennyie kolesnyie i mashiny dlya polevykh rabot [State Standard 31323-2006. Vibration. Determination of the vibration characteristics of self-propelled machines. Agricultural wheeled tractors and field machinery]. Moscow, 2012, 19. [in Russian].

12. ISO 5008:2002. Agricultural Wheeled Tractors and Field Machinery. Measurement of Whole-Body Vibration of the Operator, 2002, 17. [in English].
13. ISO 2631:2014. Mechanical Vibration and Shock. Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration, 2014, 11. [in English].
14. ISO 8608: 2016. Mechanical Vibration. Road Surface Profiles. *Reporting of Measured Data*, 2016, 36. [in English].
15. Giordano D., Facchinetti D., Pessina D. (2015) Comfort efficiency of the front axle suspension in off-road operations of a medium-powered agricultural tractor. *Contemporary Engineering Sciences*, 28(8), 1311 – 1325, doi: 10.12988/ces2015.56186. [in English].
16. GOST 7057-2003. Traktori silskogospodarski. Metodi viprobuvan (GOST 7057-2001, IDT) [State Standard 7057-2003. Tractors are agricultural. Test methods (State Standard 7057-2001, IDT)]. Kiev, 2003, 15. [in Ukrainian].
17. GOST 24055-2016. Tehnika selskohozyaystvennaya. Metodi ekspluatatsionno-technologicheskoy otsenki [State Standard 24055-2016. Agricultural machinery. Operational and technological assessment methods]. *Interstate Standard*, 2018, 27. [in Russian].
18. SOU-II UkrNIIPVT them. L.Pogoryloi 71.2-37-046043090-017:2015. Silskohospodarska tekhnika. Vyznachennia tiahovykh pokaznykiv traktoriv. Metod partialnykh pryskoren [Standard organization of Ukraine UkrNIIPVT them. L.Pogoryloi 71.2-37-046043090-017:2015. Agricultural machinery. Determination of tractor traction performance. Partial acceleration method]. *Doslidnytske: UkrNDIPVT*, 2015, 10. [in Ukrainian].
19. Klets D.M. (2012) Razrabotka mobilnogo registra-tcionno-izmeritelnogo kompleksa dlya provedeniya dinamicheskikh ispytaniy kolesnykh mashin [Development of a mobile registration and measuring complex for dynamic testing of wheeled vehicles]. *Visnyk Natsionalnogo transportnogo universytetu*, 25, 234 – 241. [in Russian].
20. Shuliak M.L., Lebedev A.T., Artyomov M.P., Maltsev V.P. (2017) Eksperymentalne doslidzhennia alhorytmu keruvannia rezhymamy roboty transportnogo ahrehatu [Experimental study of the algorithm of control of modes of operation of the transport unit]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, 3, 38 – 42. [in Ukrainian].
21. Health and Safety Commission. Proposals for new control of vibration at work regulations implementing the physical agents (vibration) directive (2002/44/EC). Whole-body vibration. Consultative Document CD191. HSE Books, Sudbury, England, 2003. [in English].

Кожушко Андрій Павлович¹, к.т.н., доц., кафедра автомобіле- та тракторобудування, тел.: (057) 707 – 64 – 64,

Andreykozhusko7@gmail.com.

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, м. Харків, 61002, вул. Кирпичова, 2

Экспериментальные исследования эргономических свойств колесных тракторов с агрегатами переменной массы

Аннотация. Представлены этапы проведения экспериментального исследования по определению показателей эргономичности тракторов при выполнении транспортной работы по перевозке жидкого груза цистернами. Представлена измерительная аппаратура, которая состоит из мобильного регистрационного комплекса «ВДВММ 4-001» и радиолокационного датчика, предназначенного для фиксации действительной скорости транспортного средства. На основе проведенного эксперимента установлены показатели среднеквадратических ускорений, согласно стандарту ISO 2631.

Ключевые слова: колесный трактор, цистерна, экспериментальные исследования, эргономические свойства, ускорения, спектральный анализ.

Кожушко Андрей Павлович¹, к.т.н., доц., кафедра автомобиле- и тракторостроения, тел.: (057) 707 – 64 – 64,

Andreykozhusko7@gmail.com.

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, г. Харьков, 61002, ул. Кирпичёва, 2.

Experimental study of ergonomic properties of wheeled tractors with units of variable weight

Abstract. Problem. Nowadays, one of the main tasks that tractor builders solve when creating new machinery is ensuring a comfortable driver's workplace. To ensure this, it is necessary to take into account the complex of ergonomic properties of the wheeled vehicle: comfort, smooth ride, vibration safety and more. **Goal.** That is why the purpose of this work is to determine the ergonomics of wheeled tractors when performing transportation of liquid cargo by trailer and semi-trailer tanks. According to many scientific papers, the redistribution of fluid in tractor tanks affects the dynamics of the wheeled tractor, especially when the weight of the unit is greater than the weight of the tractor. Therefore, it is advisable to study the effect of the amount of liquid in the tractor tank on the comfort level of the operator-driver. Confirmation of any theoretical studies must be accompanied by a whole series of experimental studies. **Methodology.** Therefore, in order to determine the ergonomic properties of wheeled tractors with units of variable weight, experimental tests were conducted on the base of a farmland. The measuring equipment consists of a mobile registration complex «VDVMM 4-001» and a radar sensor, which is designed to capture the true speed of the vehicle. **Result.** Based on the experiment, it was found that the standard acceleration rates, according to ISO 2631 (discomfort levels) for a single tractor

and tractor with variable mass units (John Deere with MLT-16 and HTZ-150K with MLT-10), are subject to the level of “uncomfortable”. With the increase of the liquid level, both in the trailer tank and in the semi-trailer tank, it becomes “very uncomfortable”. **Originality.** The novelty of the work is the determination of ergonomic indicators of wheeled tractors with variable mass units and the dependence of the level of comfort on the height of the filling liquid tanks. **Practical value.** Therefore, based on the materials of this paper, it can be suggested that the in-depth study of the smooth running of wheeled tractors with variable mass units is feasible. In addition, the task is to reduce the

external disturbance forces acting on the driver's seat.

Key words: wheeled tractor, tank, experimental research, ergonomic properties, acceleration, spectrum analysis.

Kozhushko Andriy¹, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associated Professor at the Department of Car and Tractor Industry, tel.: (057) 707 – 64 – 64, e-mail: Andreykozhushko7@gmail.com.

¹National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2, Kyrpychova str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
