

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО МЕХАНІЗМУ ПІДВІСКИ ТЯГОВОЇ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА СІМЕЙСТВА ДЗК-250

Шевченко В.О., Рагулін В.М., Ходирєв С.Я.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено дослідження силових характеристик виконавчих гідроциліндрів тягової рами автогрейдера сімейства ДЗК-250 за рахунок аналізу кінематики руху підвіски робочого обладнання та внесення зміни в конструкцію кріплення гідроциліндрів механізму підвіски тягової рами. Розроблені рекомендації для раціонального положення елементів механізму з метою зменшення нерівномірності навантаження гідроциліндрів механізму.

Ключові слова: автогрейдер, механізм підвіски робочого обладнання, гідроциліндр, нерівномірне навантаження.

Вступ

Однією з головних машин у дорожньо-будівельній галузі є автогрейдери – землерийно-транспортні машини, які виконують технологічні операції щодо профілювання, планування, переміщення ґрунтів та інших видів робіт для зведення земляного полотна та обслуговування доріг. Особливістю конструкції автогрейдерів є асиметричне розташування щодо поздовжньої осі машини гідроциліндрів механізму підвіски тягової рами (МПТР). Це призводить до нерівномірного перерозподілу зусиль між виконавчими гідроциліндрами та викликає зменшення ефективності роботи автогрейдерів у виконанні технологічних операцій.

Аналіз публікацій

Більшість робіт у напрямі дослідження автогрейдерів спрямовані на аналіз зовнішніх зусиль, які діють збоку ґрунту [1–3]. В інших дослідженнях увага приділяється забезпеченню фіксації робочого обладнання в заданому положенні незалежно від впливу зовнішніх чинників [4–7].

У роботах [8, 9] проведено дослідження впливу навантаження виконавчих гідроциліндрів МПТР на прикладі автогрейдера середнього класу сімейства ДЗК-250, а також проведені віртуальні дослідження кінематичних характеристик МПТР завдяки тривимірній моделі робочого обладнання, яка має ідентичні геометричні та масові параметри з оригінальною серійною конструкцією [10–11].

Найважна конструкція МПТР не дає змогу забезпечити рівномірність навантаження гідроциліндрів МПТР, а між тим треба вивчити можливості автогрейдера за рахунок запропонованої конструкції механізму.

Після проведеного аналізу робіт пропонується оригінальна конструкція МПТР, яка дозволяє зменшити зусилля за рахунок можливості зміщення положення точки кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами.

Для забезпечення високих показників ефективності МПТР, а також автогрейдера загалом, необхідно більш детально вивчити технічні можливості пристрою.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження навантаженості виконавчих гідроциліндрів модернізованої МПТР за допомогою віртуальної моделі, створеної на базі програмного пакета Autodesk Inventor Professional та математичних розрахунків завдяки програмному продукту MATLAB.

Дослідження перерозподілу навантаження в гідроциліндрах МПТР автогрейдерів

Була розроблена просторова розрахункова схема докладання зусиль до робочого обладнання автогрейдера (рис. 1) та тривимірна модель механізму переміщення кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами (рис. 2) [9, 10].

Для імітації зовнішнього навантаження використано метод, за яким зовнішнє навантаження представлено у вигляді одиничного навантаження (1 кН). Для більш детального аналізу його послідовно прикладаємо до ріжучої крайки грейдерного відвала в напрямку дії осей декартових координат x, y, z . Виконавши розрахунки, отримуємо значення зусиль, що діють уздовж осі кожного з виконавчих гідроциліндрів.

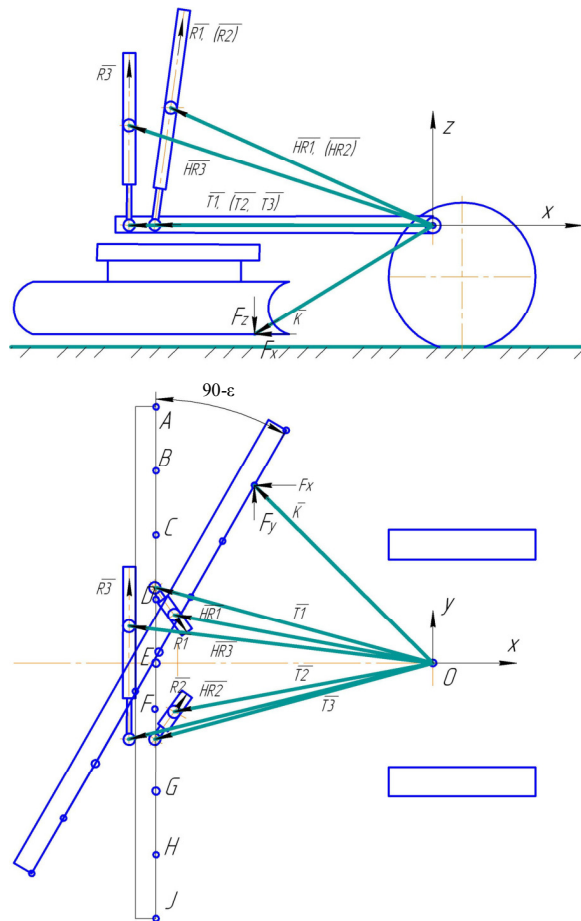


Рис. 1. Просторова розрахункова схема навантаження МПТР

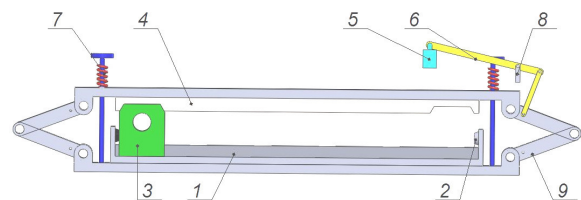


Рис. 2. Механізм переміщення кріплення штока гідроциліндра: 1 – напрямна рейка, 2 – буфер, 3 – повзун, 4 – притискна планка, 5 – електромагніт, 6 – коромисло, 7 – пружини, 8 – кінцевий вимикач, 9 – рухомі ланки

Представлений механізм працює таким чином (рис. 2): для виконання технологічних операцій однією із сторін грейдерного відвала машиніст переміщує повзун 3 по напрямній рейці клиноподібної форми за допомогою додаткового гідроциліндра (на рисунку не наведено), переміщуючи положення місця кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами в поперечній площині руху автогрейдера [12].

У виконанні віртуальних досліджень виникла необхідність перевірки кінематики руху виконавчих гідроциліндрів модернізованого МПТР щодо наявності на цей час конструкції МПТР. Отримані дані використовуються як вихідні для положення виконавчих гідроциліндрів у просторі, у математичних розрахунках за допомогою M-files програмного комплексу MATLAB для визначення діючого навантаження в гідроциліндрах МПТР з метою зменшення нерівномірності навантаження трьома виконавчими гідроциліндрами. Це у свою чергу дозволить визначити раціональне положення точки кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами вбік.

Математичний апарат дозволяє визначити діюче зусилля в кожному з виконавчих гідроциліндрів МПТР та оцінити їх перерозподіл між цими гідроциліндрами.

Як приклад на рис. 3 наведені графіки залежностей зусиль, що діють уздовж осевої лінії кожного з виконавчих гідроциліндрів МПТР, від положення місця кріплення штока гідроциліндра виносення тягової рами вбік та дії одиничного зовнішнього навантаження.

Наведені графіки залежностей отриманих даних математичного моделювання у виконанні технологічних операцій, а саме різання всією крайкою грейдерного відвала в центральному положенні тягової рами за умови кута захвату 30° . Дослідження представлені для точок A, C, G, J (рис. 1) та розкладення зовнішньої одиничної сили від дії зовнішнього навантаження у відповідних осях.

Використання запропонованого нами механізму дозволяє змінювати положення точки кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами вбік, прогнозувати раціональним чином зменшення нерівномірності навантаження конструкції МПТР і домогтися рівномірного розподілу зусиль між трьома гідроциліндрами, що у свою чергу призводить до зменшення впливу зовнішнього навантаження на основну раму й, відповідно, до зменшення кількості поломок агрегатів робочого обладнання, гідроциліндрів МПТР і автогрейдера загалом.

З рисунків 3, а видно, що за умови дії горизонтального зовнішнього навантаження ($X = 1$ кН) на крайку грейдерного відвала зусилля зменшується у виконавчих гідроциліндрах також нелінійно у 2–5 разів, а за абсолютним значенням в інтервалах від 1 до 9 кН.

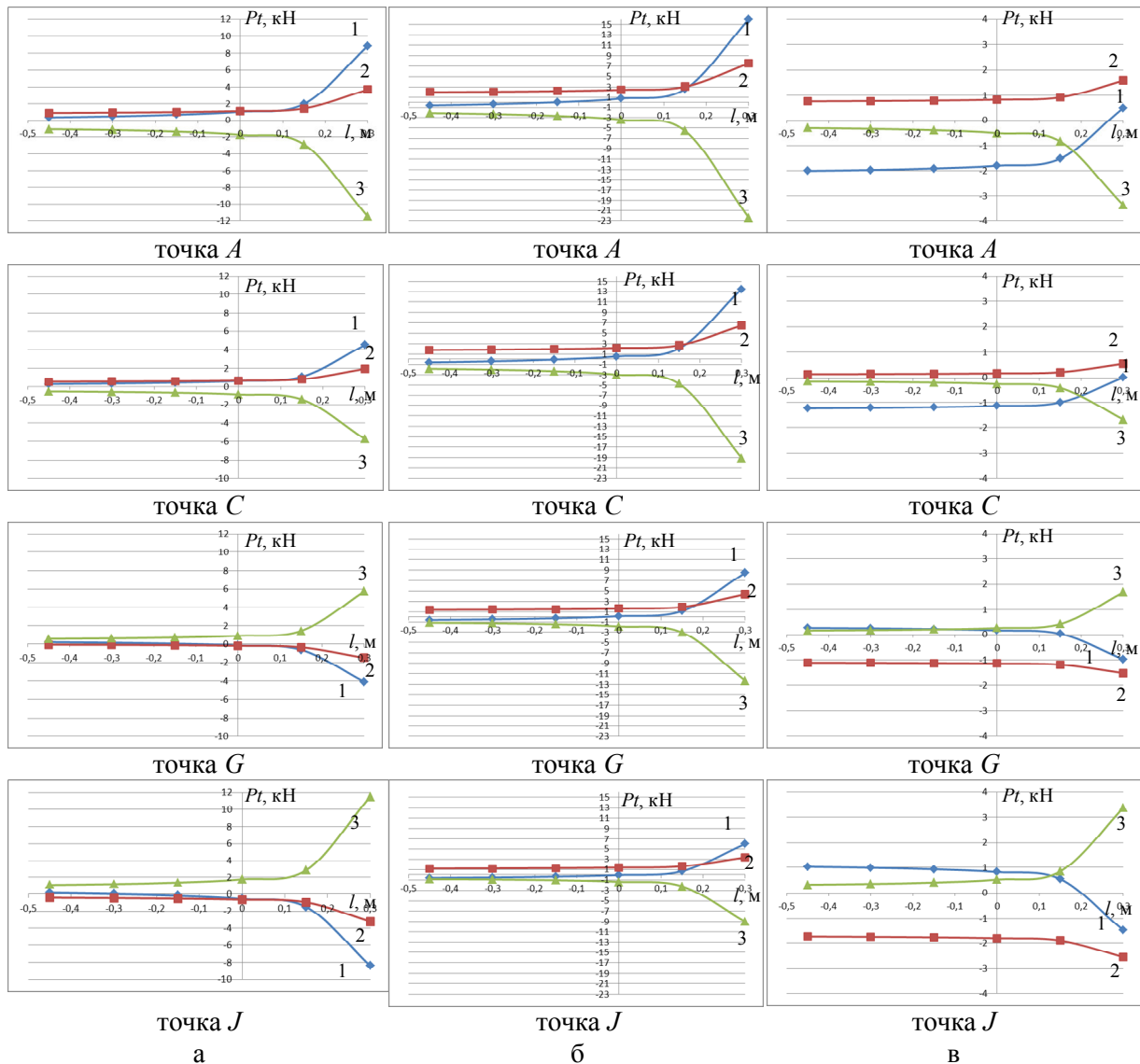


Рис. 3. Графік залежності зусиль у виконавчих гідроциліндрах від положення штока гідроциліндра виносу тягової рами за умови дії на відвал одиничного зовнішнього навантаження: а – одиничне зовнішнє навантаження (1 кН), прикладене вздовж осі X ; б – одиничне зовнішнє навантаження, прикладене вздовж осі Y ; в – одиничне зовнішнє навантаження, прикладене вздовж осі Z ; 1 – сумарне (результуюче) зусилля у правому гідроциліндрі; 2 – сумарне зусилля у лівому гідроциліндрі; 3 – сумарне зусилля в гідроциліндрі виносу тягової рами

Аналіз рисунків 3, б показує, що в разі дії бокового навантаження на крайку грейдерного відвала ($Y = 1$ кН) зміна зусиль у виконавчих гідроциліндрах має нелінійний характер. Аналіз отриманих графіків показав, що за умови зміщення вздовж грейдерного відвала координати, прикладання зовнішнього по-вздовжнього зусилля. Навантаження у виконавчих гідроциліндрах змінюється в абсолютному значенні в межах від 2 до 14 кН, що відповідає варіюванню у 1,5–7 разів.

З рисунків 3, в видно, що зміна положення місця кріплення штока гідроциліндра винес-

сення тягової рами викликає нелінійну зміну зусиль у виконавчих гідроциліндрах, а саме має місце збільшення зусилля за умови дії вертикального навантаження на крайку грейдерного відвала ($Z = 1$ кН), величина якого в середньому збільшується у 2–3 рази порівняно з використанням наявного МПТР, а за абсолютним значенням – усього на 2 кН, що не є критичним для елементів МПТР та машини загалом.

Розглянувши вплив зміни положення точки кріплення гідроциліндра виносу тягової рами та точки прикладання зовнішнього на-

вантаження на грейдерний відвал, можна виділити низку рекомендацій, а саме:

– виконувати технологічні операції стороною, до якої спрямований шарнір штока гідроциліндра виносу тягової рами, тобто правим краєм відвала;

– роботи виконувати в діапазоні положення точки кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами, визначеному на рис. 4.

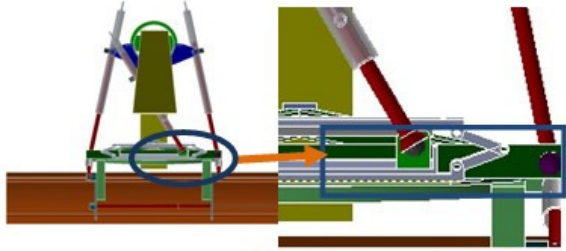


Рис. 4. Рекомендований раціональний діапазон використання запропонованого МПТР

Висновки

У процесі аналітичного дослідження, унаслідок перебору положень місць кріплення гідроциліндрів МПТР отримано таке:

1. Розроблена віртуальна модель МПТР дозволяє суттєво зменшити нерівномірність навантаження виконавчих гідроциліндрів (у середньому у 2,7 раза) за рахунок зменшення асиметричності конструкції МПТР.

2. Мають місце деякі особливості використання автогрейдера для виконання технологічних операцій, а саме під час зміщення положення місця кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами на 400 мм від наявного, різниця зменшується до $\Delta\alpha = 13^\circ$ $\Delta\beta = 3^\circ$, а в разі зміщення на 800 мм – до $\Delta\alpha = 30^\circ$ $\Delta\beta = 4^\circ$. Зокрема 1,5–7 разів залежно від прикладання зовнішнього навантаження зменшується зусилля у виконавчих гідроциліндрах, що в абсолютному значенні може становити від 1 до 14 кН.

3. Наведені практичні рекомендації дозволяють визначити конструктивні параметри запропонованого механізму та встановити його на автогрейдер будь-якого класу.

Література

1. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. Москва: Транспорт, 1993. 382 с.
2. Андреев А.Ф., Барташевич Л.В., Богдан Н.В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашины и передачи: учеб. пособие для ву-

зов / под ред. В.В. Гуськова. Минск: Выш. шк., 1987. 310 с.

3. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ. 3-е изд., перераб и доп. Москва: Машиностроение, 1972. 504 с.
4. Беляев Н.В., Скуба П.Ю. Подвеска рабочего оборудования автогрейдера // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–22 мая 2008 г. Омск: СибАДИ, 2008. Кн. 2. С. 6–11.
5. Бакалов А.Ф. Совершенствование системы стабилизации положения рабочего органа автогрейдера: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Омск, 1986. 231 с.
6. Кононыхин Б.Д. Исследование и разработка лазерной системы стабилизации рабочего органа автогрейдера: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Москва, 1972. 205 с.
7. Щербаков В.С. Научные основы повышения точности работ, выполняемых землеройно-транспортными машинами: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04. Омск, 2000. 416 с.
8. Шевченко В.О., Рагулин В.М. Дослідження впливу навантаження гідроприводу управління основним відвалом автогрейдера середнього класу // Збірник наукових праць ПолтНТУ. Серія: «Галузеве машинобудування, будівництво». 2014. Вип. 1 (40). С. 27–31.
9. Шевченко В.А., Рагулин В.Н., Фатеев Р.В. Исследование нагружения системы управления основным отвалом автогрейдера методом трехмерного виртуального моделирования // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2014. Вип. 65–66. С. 216–220.
10. Шевченко В.А., Рагулин В.Н. Анализ подвески рабочего оборудования автогрейдера методом компьютерного моделирования // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2016. Вип. 73. С. 234–238
11. Рагулин В.М., Мешалкіна Т.С., Палій М.Р. Аналіз модернізованої підвіски робочого обладнання автогрейдера з використанням комп'ютерного моделювання // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник. Київ, 2018. Вип. 94. С. 95–99.
12. Патент України на корисну модель № 104145. Пристрій для керування робочим обладнанням автогрейдера. Опубл. 12.01.2016.

References

1. Balovnev V.I., Khmara L.A. Intensifikatsiya razrabotki gruntov v dorozhnom stroitel'stve lesorazvedenyua [Intensification of ground development in road construction]. Moskva: Transport, 1993. 382 s. [in Russian].

2. Andreev A.F., Bartashevich L.V., Bogdan N.V. Gidropnevmoavtomatika i gidroprivod mobil'nykh mashin. Ob'emnye gidro- i pnevmomashiny i peredachi: Ucheb. posobie dlya vuzov [Hydropneumoautomatics and hydraulic drive of mining-biking machines. Volume hydraulic and pneumatic machines and transmissions] / pod red. V.V. Gus'kova. Minsk: Vysh. shk., 1987. 310 s. [in Russian].
 3. Alekseeva T.V., Artem'ev K.A., Bromberg A.A. i dr. Dorozhnye mashiny. Chast' I. Mashiny dlya zemlyanykh rabot [Road machines. Part I. Earthworks]. 3-e izd., pererab i dop. Moskva: Mashinostroenie, 1972. 504 s. [in Russian].
 4. Belyaev N.V., Skuba P.Yu. Podveska rabocheho oborudovaniya avtogreidera // Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noi infrastruktury na osnove ratsional'nogo prirodopol'zovaniya [Suspension of the working equipment of the car trader // Development of the road transport complex and construction infrastructure on the basis of environmental management]: Materialy III Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 21–22 maya 2008. Omsk: SibADI, 2008. Kn. 2. S. 6–11 [in Russian].
 5. Bakalov A.F. Sovershenstvovanie sistemy stabilizatsii polozheniya rabocheho organa avtogreidera [Improvement of the system of stabilization of the position of the working body of the autogriader]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. Omsk, 1986. 231 s. [in Russian].
 6. Kononykhin B.D. Issledovanie i razrabotka lazernoi sistemy stabilizatsii rabocheho organa avtogreidera [Research and development of laser system for stabilisation of working body of autogriader]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. Moskva, 1972. 205 s. [in Russian].
 7. Shcherbakov V.S. Nauchnye osnovy povysheniya tochnosti rabot, vypolnyaemykh zemleroino-transportnymi mashinami [Scientific basis for improving the accuracy of works performed by earth-moving vehicles]: dis. ... doktora tekhn. nauk: 05.05.04. Omsk, 2000. 416 s. [in Russian].
 8. Shevchenko V.O., Ragulin V.M. Doslidzhennya vplivu navantazhennya gidroprivodu upravlinnya osnovnim vidvalom avtogreidera seredn'ogo klasu [Studying the impact of loads on the hydraulic drive of the control mechanism of a middle class motor-grader main blade] // Zbirnik naukovikh prats' PoltNTU. Seriya: «Galuzeve mashinobuduvannya, budivnitstvo». 2014. Vip. 1 (40). S. 27–31 [in Ukraine].
 9. Shevchenko V.A., Ragulin V.N., Fateev R.V. Issledovanie nagruzheniya sistemy upravleniya osnovnym otvalom avtogreidera metodom trekhmernogo virtual'nogo modelirovaniya [Study of control system loading by the main dump of the autogriader by the method of three-dimensional virtual simulation] // Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2014. Vip. 65–66. S. 216–220 [in Russian].
 10. Shevchenko V.A., Ragulin V.N. Analiz podveski rabocheho oborudovaniya avtogreidera metodom komp'yuternogo modelirovaniya [Analysis of suspension of operating equipment of autogriader by computer simulation method] // Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2016. Vyp. 73. S. 234–238 [in Russian].
 11. Ragulin V.M., Meshalkina T.S., Palii M.R. Analiz modernizovanoi pidviski robochoho obladnannya avtogreidera z vikoristannyam komp'yuternogo modelyuvannya [Analysis road graders modernized suspension of working equipment with help of computer modeling] // Prikladna geometriya ta inzhenerna grafika: Mizhvidomchii nauково-tekhnichnii zbirnik. Kiïv, 2018. Vip. 94. S. 95–99 [in Ukraine].
 12. Pat. 104145 Ukrayiny na korisnu model'. Pristrii dlya keruvannya robochim obladnannyam avtogreidera. [The device for control of the working equipment of the motor grader]. Patent Ukraini №104145. Opubl. 12.01.2016 [in Ukrainian].
- Шевченко Валерій Олександрович**, к.т.н., доц., завідувач каф. будівельних і дорожніх машин, valery03102016@gmail.com, тел. +38 067-2838768,
Рагулін Віталій Миколайович, викладач каф. інженерної та комп'ютерної графіки, ragulinvn@ukr.net, тел. +38 097-29-57-392, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.
Ходирев Сергій Якович, к.т.н., професор, +38 (057) 700-38-56, admin@khadi.kharkov.ua, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
- Исследования нагрузки модернизированного механизма подвески тяговой рамы автогрейдера семейства ДЗк-250**
Аннотация. Автогрейдер одна из ведущих машин в дорожно-строительной отрасли. Особенностью конструкции является асимметричное расположение относительно продольной оси машины гидроцилиндров механизма подвески тяговой рамы (МПТР). Это приводит к неравномерному перераспределению усилий между исполнительными гидроцилиндрами и вызывает уменьшение эффективной работы автогрейдеров. Целью работы является исследование нагруженности исполнительных гидроцилиндров модернизированной МПТР с помощью виртуальной модели созданной на базе программного пакета Autodesk Inventor Professional и программного продукта MATLAB. Для имитации внешней нагрузки использовали метод, по которому внешняя нагрузка представлена в виде единичной нагрузки (1 кН). Для более детального анализа ее последовательно прикладывали к режущей кром-

ке грейдерного отвала в направлении действия осей декартовых координат. Данный механизм работает следующим образом: при выполнении работы машинист перемещает ползун по направляющей рейке клиновидной формы, с помощью дополнительного гидроцилиндра перемещая положение места крепления штока гидроцилиндра выноса тяговой рамы в поперечной плоскости движения автогрейдера. Использование предложенного механизма позволяет изменить положение точки крепления штока гидроцилиндра выноса тяговой рамы в сторону, прогнозировать рациональным образом уменьшение неравномерности нагрузки конструкции МПТР (в среднем в 2,7 раза) и добиться равномерного распределения усилий между тремя гидроцилиндрами. Предложенный механизм можно установить на автогрейдер любого класса. Основной рекомендацией можно выделить работу грейдерным отвалом, представленным на рис. 4.

Ключевые слова: автогрейдер, механизм подвески рабочего оборудования, гидроцилиндр, неравномерное нагружение.

Шевченко Валерий Александрович, к.т.н., доц., заведующий каф. строительных и дорожных машин, valery03102016@gmail.com, тел. +38 067-2838768,

Рагулин Виталий Николаевич, преподаватель каф. инженерной и компьютерной графики, ragulinrvm@ukr.net, тел. +38 097-29-57-392, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Ходырев Сергей Яковлевич, к.т.н., профессор, тел. +38 (057) 700-38-56, admin@khadi.kharkov.ua, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Studying the load of the upgraded traction frame suspension mechanism of the DZk-250 collection of the motor grader

Abstract. Problem. Motor grader is one of the leading machines in the road construction industry. The

feature of the design is an asymmetric arrangement of the traction frame suspension mechanism (TFSM) with respect to the longitudinal axis. This results in uneven rebalance between the slave hydrocylinder and reduces the efficiency of motor graders. **Goal.** The purpose of the work is to study the load of the slave hydrocylinder of the modernized TFSM using a virtual model created on the basis of the Autodesk Inventor Professional software package and the MATLAB software product. **Methodology.** The external load is represented as a single load (1 kN). This mechanism works as follows: during the work, the operator moves the slider along the guide rail of the wedge-shaped form, using an additional hydrocylinder moving the position of the rod of the hydrocylinder the drawbar shift in the transverse plane of the motor grader movement. **Results.** The use of the proposed mechanism allows changing the position of the anchor point of the drawbar shift to the side, predicting the rational reduction of uneven load of the TFSM design (an average of 2.7 times) and achieving an even distribution of forces between the three hydrocylinders. The proposed mechanism can be installed on a motor grader of any class. **Originality.** The main recommendation is that the grader blade is operated as shown in figure 4.

Key words: motor grader, suspension mechanism of the work equipment, hydrocylinder, uneven loading

Shevchenko Valery Cand., Eng., Sc., Assoc. Prof. Head of the Department Building and Road Machines, valery03102016@gmail.com, tel. +38 067-2838768,

Ragulin Vitaliy, Lecturer in Engineering and Computer Graphics Department, ragulinrvm@ukr.net, тел. +38 097-29-57-392, Kharkiv National Automobile and Highway University, 61002, Ukraine, Kharkiv, 25 Yaroslava Mudroho Str.

Khodyriev Serhii Yakovych, Ph.D., Prof., +38 (057) 700-38-56, admin@khadi.kharkov.ua, Kharkiv National Automobile and Highway University