

## АНАЛІЗ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ПІДВІСКИ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОГРЕЙДЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*

*У роботі розглянута методика дослідження кінематики руху гідроциліндрів підвіски робочого обладнання автогрейдерів з встановленим додатковим механізмом. Проведено експерименти, що враховують зміну положення гідроциліндрів у просторі, які дозволять у подальших дослідженнях зменшити асиметричне навантаження для забезпечення безвідмовної експлуатації машини.*

**Постановка проблеми.** Сучасні темпи дорожнього будівництва диктують високі вимоги до продуктивності, одним з важливих параметрів якої є коефіцієнт використання машини за часом. Автогрейдер є однією з основних машин дорожньо-будівного парку, яка забезпечує великий об'єм земляних робіт. При виконанні технологічних операцій навантаження від ґрунту передається через основний робочий орган до всіх елементів механізму підвіски робочого обладнання [1-3].

Сучасні дослідження навантаження машини неможливі без використання методів комп'ютерного моделювання, які дозволяють проводити віртуальні експериментальні дослідження з візуалізацією отриманих результатів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Застосування комп'ютерного моделювання забезпечує зменшення часових і фінансових витрат ще на етапі проектування сучасної дорожньо-будівельної техніки [4-6] і в процесі експлуатації [7] дозволяючи запобігти поломкам вузлів, агрегатів, а також машини в цілому.

Враховуючи методики проектування землерийно-транспортної техніки, а саме автогрейдерів [1-5], а також конструкції механізму підвіски робочого обладнання, що дозволяє забезпечити робочому органу – відвалу практично будь-яке положення щодо основної рами [4, 7].

У попередніх дослідженнях [8] була побудована комп'ютерна модель передньої частини автогрейдера ДЗк-251 (хребтова балка основної рами, тягова рама з повнообертвовим механізмом грейдерного відвалу, гідроциліндри підвіски робочого обладнання та інші вузли, рис. 1, а).

У роботах запропоновано методику моделювання окремих вузлів і агрегатів машини, їх складання в єдиний механізм із завданням можливих рухів елементів конструкції. Також виконано дослідження руху існуючого механізму управління гідроциліндрів основним робочим обладнанням

автогрейдера за допомогою тривимірного комп'ютерного моделювання, використовуючи пакет Autodesk Inventor [9].

Комп'ютерна 3D-модель автогрейдера, дозволяє ще на стадії проектування визначити кінематичні, статичні та динамічні навантаження, що виникають під час виконання технологічних операцій.

При задаванні швидкості висування штоків гідроциліндрів і граничних умов, регламентованих положенням в конструкції механізму підвіски робочого обладнання і довжиною штока, були отримані дані зміни кутів нахилу осей гідроциліндрів в двох площин для кожного з'єднання, які підтверджують кінематику руху автогрейдера середнього класу ДЗк-251.

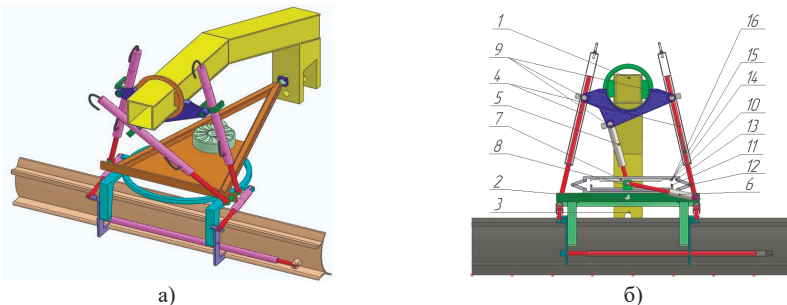


Рис. 1. Віртуальна модель робочого обладнання автогрейдера:  
а) – існуюча; б) модернізована

Грунтуючись на теоретичних, експериментальних та віртуальних дослідженнях, які встановили і підтвердили нерівномірність і асиметричність навантаження трьох гідроциліндрів підвіски тягової рами автогрейдера, було запропоновано застосувати додатковий механізм, на який отримано патент [10]. Цей механізм дозволить збільшити технологічні можливості машини, спростити управління тяговою рамою, знизити асиметричність навантаження на гідроциліндри управління робочим обладнанням за рахунок доповнення механізмом, який дозволяє змінювати місце кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами убік за допомогою допоміжного гідроциліндра.

На рисунку 1, б показана віртуальна модель робочого обладнання автогрейдера, яка складається з основної рами 1, тягової рами із робочим обладнанням 2, сферичного шарніра 3, гідроциліндрів підйому-опускання робочого обладнання 4, гідроциліндра виносу робочого обладнання убік 5, додаткового гідроциліндра 6, направляючої рейки 7, повзуна 8, кронштейнів кріплення гідроциліндрів 9, притискної планки 10, пружинного буфера 11, рухомої тяги 12, пружин 13, електромагніту 14, коромисла 15 і стопорного важеля 16.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою роботи є дослідження руху гідроциліндрів модернізованого механізму управління робочим обладнанням автогрейдера при виконання штатних технологічних

операцій методом тривимірного комп'ютерного моделювання. Для досягнення поставленої мети виконувалися наступні завдання:

Поставлена мета може бути досягнута за рахунок вирішення наступних завдань: побудова віртуальної тривимірної моделі системи управління робочим обладнанням автогрейдера, накладення необхідних залежностей в середовищі «динамічного моделювання», дослідження моделі в середовищі Autodesk Inventor, побудова параметричних графіків траєкторій руху гідроциліндрів, аналіз отриманих результатів для врахування у подальших досліджень.

**Основна частина.** Комп'ютерна модель механізму підвіски робочого обладнання автогрейдера була побудована на основі геометричних даних автогрейдера ДЗк-251 (див. рис. 1).

Складання моделі проводилося в середовищі «Динамічного моделювання» яке дозволяє відтворювати реальні переміщення майбутнього механізму. Були застосовані наступні з'єднання: «Вращение», «Призматический», «Цилиндрический», «Точка-отрезок», «Сферический», «Сварной» та «3D-контакт» – який запобігає «проникненню» однієї деталі в іншу при моделюванні роботи механізму.

Згідно з програмою досліджень нами були прийняті, як реєстровані, параметри значення кутів повороту трьох гідроциліндрів у двох площинах (вздовж і поперек руху машини). Варійованими параметрами були прийняті поворот навколо осей шарового шарніру, зміни ходу штоку кожного з гідроциліндрів, з фіксацією (рис. 2, а) та без фіксації інших (рис. 2, б). Наведений графік, є одним з типових отриманих при моделюванні згідно поставленої мети.

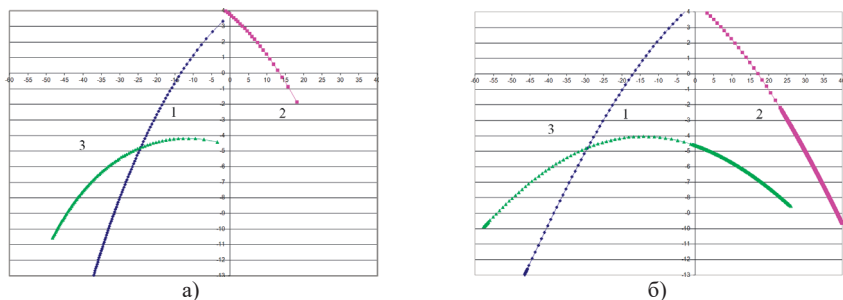


Рис. 2. Траєкторії руху при зміні ходу штоку гідроциліндру виноса тягової рами:

1- правий гідроциліндр, 2- лівий гідроциліндр, 3- гідроциліндр виноса рами

Наступна низка експериментів була пов'язана з визначенням зміни кутів нахилу гідроциліндрів при виконанні типових операцій. Більший діапазон зміни кутів повороту відносно вертикальної осі відповідає зміні в поперечній площині, менший – подовжньому, а саме в діапазонах від  $+12^{\circ}$  до  $-45^{\circ}$  у поперечному і від  $+4^{\circ}$  до  $-15^{\circ}$  у подовжньому напрямках для правого гідроциліндра, положення лівого гідроциліндра змінюється від  $+40^{\circ}$  до  $-5^{\circ}$  у поперечному і від  $+4^{\circ}$  до  $-10^{\circ}$  у подовжньому напрямі, а для

гідроциліндра винесення тягової рами убік – діапазони від  $+30^0$  до  $-62^0$  у поперечному і від  $-3^0$  до  $-11^0$  у подовжньому напрямі. Знак указує положення щодо вертикальної осі, за позитивний напрям умовно узятя зміна в вперед та праву сторону від вертикалі. З даних видно, що змінення положення точки кріплення штоку гідроциліндру виносу тягової рами значно зменшує розбіг значень між бортами, в одночасно не зменшуючи функціональність механізму робочого обладнання.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Завдяки створеній тривимірній комп'ютерній моделі автогрейдера можна легко одержати графіки зміни кінематики руху елементів та визначити характер їх руху з заданими вхідними даними. Завдяки описаному підходу можливе внесення змін до виготовлення конструкції машини у металі для забезпечення її конкурентоспроможності та збільшення продуктивності за рахунок збільшення використання машини за часом.

Це дає можливість говорити про те, що встановлення додаткового механізму керування робочим обладнанням не зменшує універсальність автогрейдера.

Запропонований механізм для управління робочим обладнанням дозволяє збільшити технологічні можливості машини, спростити управління тяговою рамою, проаналізувати кінематику руху елементів підвіски робочого обладнання та використати отримані данні асиметричної підвіски для подальшого дослідження.

## Література

1. Проектирование машин для земляных работ / Под ред. А.М. Холодова. – Харьков: Выща шк. Изд. при Харьк. ун-те, 1986. – 272 с.
2. *Хмара Л.А.* Машини для земляных работ: Навчальний посібник / Л.А. Хмара, С.В. Кравець, В.В. Нічке и др. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. 2010. – 557 с.
3. *Шевченко В.А.* Нагруженность гидропривода управления основным отвалом автогрейдера / В.А. Шевченко, В.Н. Розенфельд, В.Н. Рагулин // Проблемы розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів» матеріали міжнародна науково-практичної конференції, Кіровоград, 03 – 05 жовтня, 2013. – С. 151 – 156.
4. *В.С. Щербаков* Автоматизация эскизно-технического проектирования автогрейдера: монография / Щербаков В.С., Беляев Н.В., Беляев В.В. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 139 с.
5. *Кириченко И.Г.* Компьютерное и физическое моделирование строительных и дорожных машин / И.Г. Кириченко // Вестник ХНАДУ. – Вып. 65–66. – Харьков: ХНАДУ, 2014. – С. 16-20.
6. *Черніков О.В.* Використання можливостей параметричного моделювання пакету Inventor в наукових дослідженнях та навчальному

процесі / О.В. Черніков // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 80. – С. 98-102.

7. Рагулин В.Н. Характерные разновидности разрушений металлоконструкции и элементов гидропривода автогрейдеров / Рагулин В.Н. – Харьков: Вестник ХНАДУ. – Вип. 38. – 2007. – С. 273-275.

8. Черников А.В. Применение современных технологий компьютерного моделирования в исследовании подвески рабочего оборудования автогрейдера / А.В. Черников, В.Н. Рагулин // Сучасні проблеми моделювання: Збірник наукових праць. – Випуск 7. – Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. – С. 172-178.

9. Шевченко В.А. Анализ подвески рабочего оборудования автогрейдера методом компьютерного моделирования / В.А. Шевченко, В.Н. Рагулин // Вестник ХНАДУ. – Вип. 73. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – С. 234-238.

10 Пат. України 104145, МПК E02F 3/76, E02F 3/84. Пристрій для керування робочим обладнанням автогрейдера / Рагулін В.М., Шевченко В.О., Фатєєв Р.В.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2015 07491; заяв. 27.07.2015; публ. 12.01.2016, Бюл. №1.

## **АНАЛИЗ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПОДВЕСКИ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В.М. Рагулин, преп., Т.С. Мешалкина, студент, М.Р. Поджигатель, студент  
*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина*

*В работе рассмотрена методика исследования кинематики движения гидроцилиндров подвески рабочего оборудования автогрейдера с установленным дополнительным механизмом. Проведены эксперименты, которые учитывают изменения положения гидроцилиндров в пространстве, которые позволят в последующих исследованиях уменьшить асимметричную нагрузку для увеличения безотказной эксплуатации машины.*

## **ANALYSIS ROAD GRADERS MODERNIZED SUSPENSION OF WORKING EQUIPMENT WITH HELP OF COMPUTER MODELING**

V.M. Ragulin, ed., T.S. Meshalkin, student, M.R. Paliy, student  
*Kharkov National Automobile and Highway University*

In the paper the methodology for the study of the kinematics movement of the suspension's hydraulic cylinders of the road grader working equipment with the installed additional mechanism has been considered. Experiments were conducted to taking into account changes of the hydraulic cylinders position in space. It will allow to reduce the asymmetric load and increase the machine failure-free operation.