

УДК 514.18; 621.869

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ МЕХАНІЗМУ ПІДВІСКИ ТЯГОВОЇ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРІВ

Рагулін В.М.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна)*

При дорожньо-будівельних роботах виконуються значні об'єми земляних робіт. Для багатьох технологічних операцій використовується комплект землерийних і дорожніх машин. Основною машиною – є автогрейдер, який призначений для профілювання поверхні, переміщення і розрівнювання будівельних матеріалів та ґрунту.

Ефективність роботи автогрейдера визначається таким критерієм як продуктивність. Ведуться розробки нових конструктивних варіантів навісного обладнання для автогрейдерів, що дозволить зменшити необхідне число проходів по будівельній ділянці. У свою чергу додаткові робочі органи спрямовані на збільшення універсальності машини, але при конструюванні не враховують зміни зусиль, що діють на механізми і машину в цілому з боку ґрунту та перерозподіл внутрішньої нерівномірної навантаженості гідроциліндрів підвіски тягової рами, яка має асиметричне виконання, внаслідок зміни геометрії робочого обладнання у процесі роботи.

В статті розглянуте одне з питань у напрямку вирішення актуальної наукової проблеми підвищення ефективності роботи виконавчого обладнання на прикладі автогрейдерів шляхом стабілізації режиму навантаження механізму підвіски тягової рами за рахунок модернізації робочого обладнання додатковим елементом підвіски тягової рами, що покращить ефективність роботи машини за рахунок зменшення асиметричності навантаження гідроциліндрів робочого обладнання автогрейдерів та збільшення використання машини за часом у зміну.

Використання Autodesk Inventor дало можливість визначити початкові дані для математичного визначення діючих зусиль в гідроциліндрах механізму підвіски тягової рами запропонованої конструкції. Проведені дослідження дозволили підтвердити працездатність конструкторського рішення.

Ключові слова: автогрейдер, робоче обладнання, механізм підвіски тягової рами, комп'ютерне моделювання.

Постановка проблеми. На даний час проектування автогрейдера не можливе без використання комп'ютерного моделювання. Існуючий комплекс програм дозволяє виконувати дослідження як кінематики руху, так і навантаження елементів механізму підвіски тягової рами. У попередніх публікаціях [1-3] розглядалось використання комп'ютерного моделювання елементів існуючої та модернізованої підвіски тягової рами з робочим обладнанням, а саме використання Autodesk Inventor для побудови тривимірної моделі та аналізу зміни траєкторії руху гідроциліндрів підйому-опускання тягової рами та гідроциліндру виносення тягової рами у бік. Віртуальні експериментальні дослідження дозволяють отримати необхідні вихідні данні для аналізу навантаженості запропонованої підвіски тягової рами автогрейдерів (рис. 1), використовуючи алгоритм розрахунків навантаженості елементів підвіски тягової рами [4].

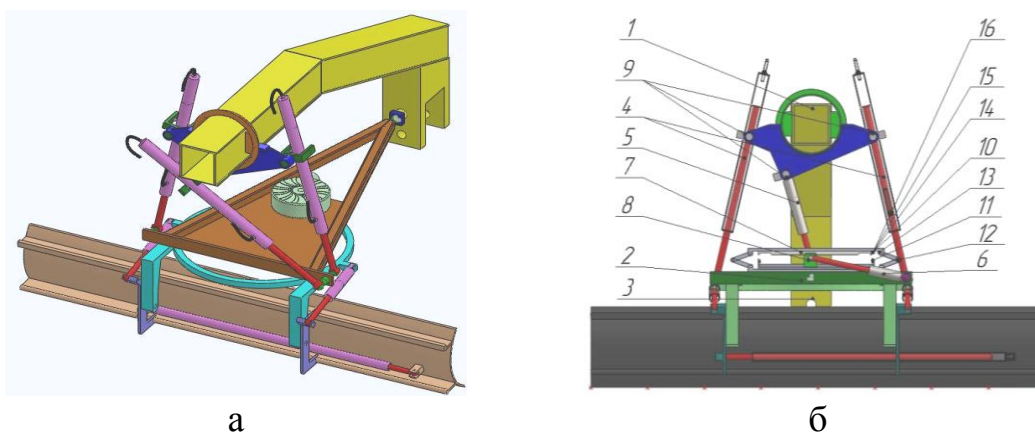


Рис. 1. Віртуальна модель робочого обладнання автогрейдерів:
а – існуюча; б – модернізована

На рис. 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комп'ютерне моделювання забезпечує зменшення фінансових і часових витрат на етапі проектування.

У роботах [5, 6] запропоновано методику моделювання окремих вузлів механізму підвіски тягової рами автогрейдерів, їх складання в єдиний механізм із завданням можливих рухів елементів конструкції,

а також виконано дослідження руху гідроциліндрів, які входять до конструкції даного механізму, використовуючи пакет Autodesk Inventor.

Використаний математичний апарат [4] дозволив визначити кінематичні, статичні та динамічні навантаження, що виникають під час виконання технологічних операцій.

Задаючи швидкості висунення штоків гідроциліндрів і граничні умови, регламентованих положенням в конструкції механізму підвіски тягової рами і довжини штоків, були отримані дані зміни кутів нахилу гідроциліндрів відносно двох площин (в повздовж машини – вісь x та в поперек – вісь y) для кожного з'єднання. Прототипом був обраний автогрейдер ДЗк-251 (рис. 2).



Рис. 2. Автогрейдер середнього класу ДЗк-251

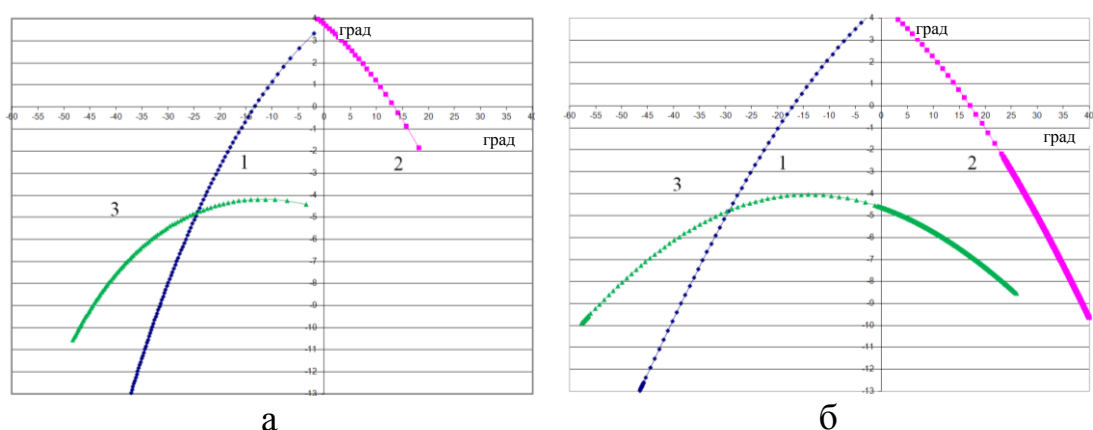
Грунтуючись на даних теоретичних, експериментальних та віртуальних дослідженнях, якими встановили і підтвердили асиметричність і нерівномірність навантаження гідроциліндрів підвіски тягової рами автогрейдерів, було застосовано додатковий механізм, на який отримано патент [7]. Цей механізм дозволяє збільшити технологічні можливості машини, знизити асиметричність навантаження на гідроциліндри управління тягової рами за рахунок доповнення пристроєм, який дозволяє змінювати місце кріплення штока гідроциліндра виносу тягової рами убік.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження навантаженості гідроциліндрів модернізованого механізму управління робочим обладнанням автогрейдера при виконання технологічних операцій методом комп'ютерного моделювання.

Поставлена мета може бути досягнута за рахунок вирішення наступних завдань: отримати вихідні дані для математичного визначення навантаженості гідроциліндрів механізму підвіски тягової рами на основі параметричних графіків траєкторій руху

гідроциліндрів та виконати аналіз результатів при виконанні штатних технологічних операцій.

Основна частина. Варійованими параметрами були прийняті поворот навколо осей шарніру кріплення до тягової рами, зміни ходу штоку допоміжного гідроциліндру для зміщення кріплення до тягової рами, гідроциліндру виносу рами. Згідно з програмою досліджень нами були прийняті, як реєстровані, значення кутів повороту трьох гідроциліндрів у двох площинах (вздовж та поперек машини). На рис. 3 відображено поворот тягової рами автогрейдера навколо осі x (вздовж машини) існуючого механізму підвіски тягової рами (рис. 3, а) та з використанням додаткового пристрою (рис. 3, б).



1 – правий гідроциліндр, 2 – лівий гідроциліндр,
3 – гідроциліндр виносу рами

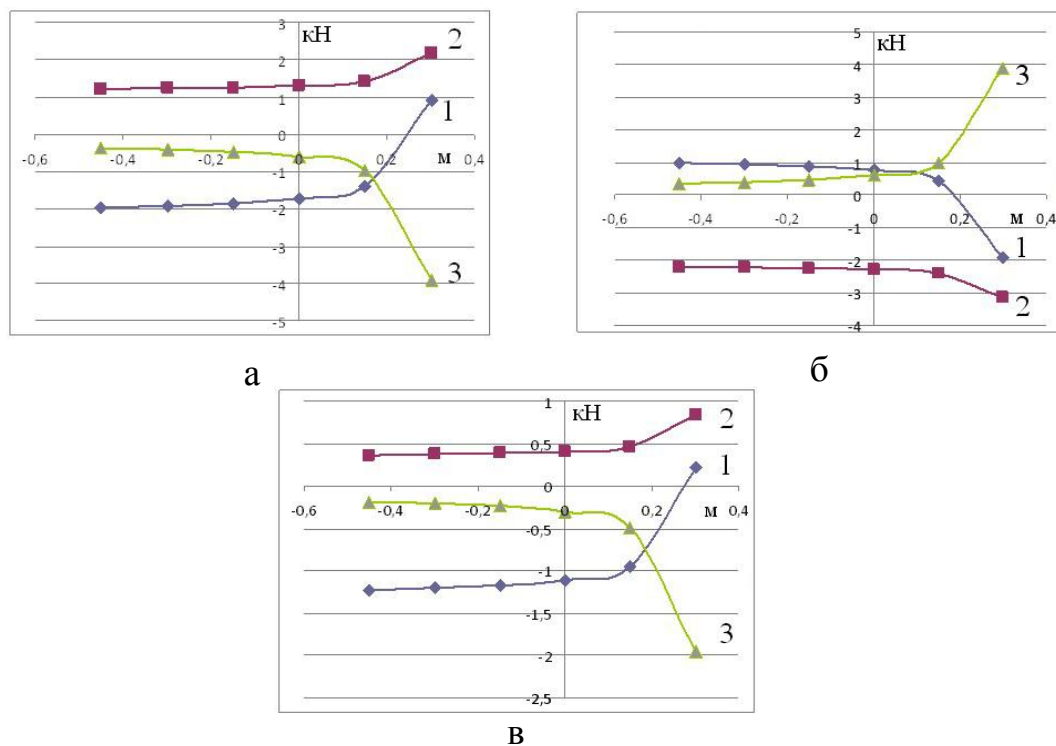
Рис. 3. Зміни кутів гідроциліндрів при повороті тягової рами:
а – існуючий механізм; б – модернізований механізм

Більший діапазон повороту кутів відносно вертикальної осі відповідає зміні в поперечній площині, менший – вздовжній. при нахилу гідроциліндрів траєкторії руху їх верхньої точки гідроциліндрів зображено на графіку, а точка кріплення штоку до тягової рами слід приймати у центрі координат на графіках.

Аналіз графіків показав, що діапазон зміни кутів повороту гідроциліндрів відносно вертикальної осі відповідає зміні в поперечній площині, менший – вздовжній, а саме в діапазонах від -5° до -45° у поперечному і від $+4^{\circ}$ до -13° у вздовжньому напрямках для правого гідроциліндра. Положення лівого гідроциліндра змінюється від $+5^{\circ}$ до $+40^{\circ}$ у поперечному і від $+4^{\circ}$ до -10° у вздовжньому напрямі, а для гідроциліндра виносу рами убік – діапазони від $+25^{\circ}$ до -58° у поперечному і від -9° до -10° вздовжньому напрямі. Знак указує положення щодо вертикальної осі, за позитивний напрям умовно приймаємо зміну вперед та праву сторону від вертикалі.

Використовуючи отримані дані комп'ютерного моделювання для математичних розрахунків у матричній формі у пакеті Math LAB

отримуємо залежності зусиль у гідроциліндрах в залежності від прикладення зовнішнього навантаження на ріжучу кромку відвалу та зміщення додаткового гідроциліндру механізму підвіски тягової рами (рис. 4).



1 – правий гідроциліндр, 2 – лівий гідроциліндр,
3 – гідроциліндр виносу рами

Рис. 4. Зміна зусиль у виконавчих гідроциліндрах в залежності від точки прикладення: а – крайнє ліве; б – крайнє праве; в – проміжне

У розрахунках використовуємо метод, при якому зовнішні зусилля проєкціюємо на відповідні осі x , y , z , а в якості величини зовнішнього навантаження приймаємо дію від одиничного навантаження (в 1 кН). Даний метод дозволяє отримати зусилля вздовж осі гідроциліндру при варіюванні співвідношень проєкцій дії зовнішнього навантаження на відвал у заданій точці. На графіках відображена зміна зусилля при заглибленні відвалу у ґрунт у момент стопоріння машини ($x=0$, $y=0$, $z=1$) від зміни положення гідроциліндру виносу тягової рами. Геометричне розташування відвалу має наступні характеристики: у плані повернутий на 30^0 правим краєм вперед.

З даних видно, що зміщення ліворуч кріплення штоку гідроциліндру виносу тягової рами, зменшує розбіг значень за напрямом та величиною (у 2 – 4 рази) між гідроциліндрами. Перехід через нульове значення свідчить про зміну напрямку дії зусилля.

Висновки. Тривимірна комп'ютерна модель механізму підвіски тягової рами автогрейдера дає змогу отримати графіки зміни

кінематики руху елементів підвіски, визначити характер їх руху та отримати необхідні дані для математичного розрахунку дії зусиль у виконавчих гідроциліндрах за відповідною методикою.

Зміна місця кріплення штоку гідроциліндру виносу тягової рами автогрейдера дозволяє зменшити асиметричність конструкції механізму підвіски тягової рами, що в свою чергу дозволяє зменшити різницю перерозподілу зусиль у виконавчих гідроциліндрах.

Стабілізація режиму навантаження механізму підвіски тягової рами за рахунок модернізації механізму робочого обладнання додатковим елементом підвіски дозволяє зменшити асиметричність конструкції і навантаженість, та підвищити ефективність роботи і продуктивність автогрейдерів шляхом збільшення використання машини за часом у зміну.

Література

1. 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. – Вип. 7. – Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. – С. 172-178.
2. Шевченко В.А. Анализ подвески рабочего оборудования автогрейдера методом компьютерного моделирования / В.А. Шевченко, В.Н. Рагулин // Вестник ХНАДУ. – Вып. 73. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – С. 234-238.
3. Рагулін В.М. Аналіз модернізованої підвіски робочого обладнання автогрейдера з використанням комп'ютерного моделювання / В.М. Рагулін, Т.С. Мешалкіна, М.Р. Палій // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. – Випуск 94. – Київ, 2018. – С. 95-99.
4. 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.
5. Щербаков В.С. Автоматизация эскизно-технического проектирования автогрейдера: монография / В.С. Щербаков, Н.В. Беляев, В.В. Беляев – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 139 с.
6. 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.
7. Пат. України 104145, МПК E02F 3/76, E02F 3/84. Пристрій для керування робочим обладнанням автогрейдера / В.М. Рагулін,

В.О. Шевченко, Р.В. Фатеев; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № 01/2015 07491; заяв. 27.07.2015; публ. 12.01.2016, Бюл. №1.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ АНАЛИЗЕ МЕХАНИЗМА ПОДВЕСКИ ТЯГОВОЙ РАМЫ АВТОГРЕЙДЕРОВ

Рагулин В.Н.

При дорожно-строительных работах выполняются значительные объемы земляных работ. Для многих технологических операций используется комплект землеройных и дорожных машин. В качестве основной машины применяют автогрейдер, который предназначен для профилирования поверхности, перемещения и разравнивания строительных материалов.

Эффективность работы автогрейдера определяется таким критерием как производительность. Ведутся разработки новых конструктивных вариантов навесного оборудования для автогрейдеров, что позволит уменьшить необходимое число проходов по строительному участку. В свою очередь дополнительные рабочие органы направленные на увеличение универсальности машины, но при конструировании не учитывают изменения усилий, действуют механизмы и машину в целом со стороны почвы и перераспределение внутренней неравномерной нагруженности исполнительных гидроцилиндров подвески тяговой рамы, которая имеет асимметричное исполнение, вследствие изменения геометрии рабочего оборудования.

В статье рассматривается один из вопросов в направлении решения актуальной научной проблемы повышения эффективности работы исполнительного оборудования на примере автогрейдеров путем стабилизации режима нагрузки механизма подвески тяговой рамы за счет модернизации рабочего оборудования дополнительным элементом подвески тяговой рамы, улучшит эффективность работы машины за счет уменьшения асимметричности нагрузки исполнительных гидроцилиндров рабочего оборудования автогрейдеров и использования машины по времени в смену.

Использование Autodesk Inventor позволило определить исходные данные для математического определения действующих усилий в гидроцилиндрах механизма подвески тяговой рамы предлагаемой конструкции. Проведенные исследования позволили подтвердить работоспособность предложенного решения.

Ключевые слова: автогрейдер, рабочее оборудование, механизм

подвески тяговой рамы, компьютерное моделирование.

COMPUTER SIMULATION IN THE ANALYSIS OF THE MOTOR GRADERS TRACTION FRAME SUSPENSION MECHANISM

Ragulin V.

Road building includes significant volumes of earth-moving works. For many technological operations a set of earth-moving and road machines is used. The main machine is a motor grader, which is designed for surface profiling, moving and leveling building materials.

The efficiency of the motor grader is determined by such criteria as performance. New design options for attachments for motor graders are being developed, which will reduce the number of passes required for the construction site. In its turn, additional working mechanisms aimed at increasing the versatility of the machine, but in designing do not take into account changes in the forces, the mechanisms and the machine as a whole are on the soil side and the redistribution of the internal uneven loading of the executive hydraulic cylinders of the traction frame suspension, which has an asymmetric design due to changes in the geometry of the working equipment.

In this paper one of the issues in addressing to the actual scientific problem of improving the performance of earth moving equipment is considered by the example of motor graders by stabilizing the load mode of the traction frame suspension mechanism by upgrading the working equipment with an additional traction frame suspension element, improving the machine efficiency by reducing the asymmetry of the load of the working hydraulic cylinders equipment graders and use the machine on time per shift.

Autodesk Inventor made it possible to determine the initial data for the mathematical determination of the acting forces in the hydraulic cylinders of the traction frame suspension mechanism of the proposed design. Studies have allowed us to confirm the efficiency of the design solution.

Key words: motor grader, working equipment, traction frame suspension mechanism, computer simulation.