

к. т. н., доцент **Рагулін В.М.**,
ragulinrvn@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2083-4937

к. т. н., доцент **Ярижко О.В.**,
yaryzko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6398-8472

к. т. н., доцент **Назарько О.О.**,
olganazamail@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3496-8533

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ТА ЗАСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Удосконалення навчального процесу, підвищення якості освіти у інженерній галузі та ефективне використання технічних методів та засобів під час проектування та модернізації будівельної техніки з використанням комп'ютерного програмного забезпечення є найактуальнішою сучасною задачею.

Акцент в освіті, котрий переноситься на самостійну роботу студента без зміни підходів та методів викладання дисциплін, а саме спеціалізованих предметів негативно впливає на якість підготовки майбутнього спеціаліста. Тим паче у такий скрутний час, коли повністю доводиться переходити на дистанційну форму навчання вкрай необхідно змінювати підхід до навчання, особливо на старших курсах.

Створення складних комплексів машин супроводжується значною кількістю проміжних задач. Це у значній мірі пов'язане з використанням на різних технологічних операціях та з різноманітним змінним робочим обладнанням усього комплексу будівельної техніки задіяної на реконструкції, будівництві, модернізації будівель, доріг, концентрованих об'єктів тощо.

Сучасні темпи дорожнього будівництва диктують високі вимоги до техніки, одним з важливих параметрів якої є коефіцієнт використання машини за часом. При виконанні технологічних операцій навантаження від ґрунту передається через основний робочий орган машини до всіх елементів механізму підвіски робочого обладнання.

Застосування програмних комплексів дає можливість попереднього перегляду будь-якої діяльності в ході моделювання, дозволяє перевірити на безпеку, зменшити вартість, а іноді і знайти нові шляхи реалізації, не проводячи дорогих випробувань. Для цього необхідно попередньо змоделювати вузол, агрегат, модуль, котрий буде взаємодіяти у складній системі «ґрунт-вузол-машина».

Застосування моделювання дозволить оцінити зовнішній вигляд готового виробу та його конструктивні елементи. На даний момент розробка об'єктів будь-якого виду неможливе без створення 3D моделі. Такий процес дозво-

литель проаналізувати точність роботи всіх вузлів, які взаємодіятимуть при встановленні на проектувану, або вже існуючу машину.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання; будівельні машини; проектування; робоче обладнання; програмний продукт.

Постановка проблеми. Сучасному проектуванню та модернізації машин будівельного спрямування притаманні такі етапи, як обмежений час, нестійкий характер комплектації проекрованої машини, невідповідність у повній мірі технологічних можливостей підприємства виробника, апріорні недостовірні відомості про конкуруючих виробників тощо [1].

Актуальність роботи полягає у використанні комп'ютерного моделювання як засобу удосконалення та модернізації робочого обладнання будівельних та дорожніх машин на різних етапах життєвого циклу та при викладанні спеціалізованих дисциплін машинобудівної галузі.

Використання сучасних CAD і CAM - систем для вирішення даних питань ставить серйозне завдання по підготовці кадрів, котрі зможуть поєднати багаторічний досвід та наявні технології з вмінням їх правильного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі фізичного моделювання робочих процесів на прикладі робочого обладнання землерийних машин були закладені основи комп'ютерного моделювання. Фізичне моделювання було відображене у роботах В.І. Баловнева, у яких було виконано великий обсяг робіт на фізичних моделях, розроблені критерії подібності [2]. В Україні цей напрямок розвивається під керівництвом професора Хмари Л.А. та Кириченко І.Г., під керівництвом яких виконувалися експериментальні дослідження у ґрунтовому каналі та навчальному полігоні закладів освіти, у яких вони ведуть свою наукову діяльність [3, 4]. З розвитком обчислювальної техніки та програмних продуктів цей напрямок було підхоплено іншими дослідниками, роботи яких направлені на вдосконалення та оптимізацію конструкцій робочого обладнання машин будівельного спрямування в залежності від поставлених задач [5–9].

Формулювання цілей статті. На основі вищевикладеного виникає потреба у більш детальному розгляді подання матеріалів спеціалізованих дисциплін для майбутніх інженерів та конструкторів будівельної галузі. Слід приділити більше часу на вивчення процесів моделювання робочого обладнання, яке може мати дуже багату лінійку змінних варіантів на одну й ту саму базову машину. Перевагою тривимірного проектування є використання його результатів у наступних етапах виготовлення та модернізації конструкцій.

Основна частина. Одним з перших етапів підготовки матеріалів для проведення занять є аналіз ринку спеціалізованої техніки, котра використовується на території нашої держави та за її кордонами, а також існуючих методик розрахунків робочого обладнання. На даному етапі підготовки

вже розроблено деяку кількість тривимірних моделей машин та робочих обладнань з подальшим збільшенням даного віртуального парку.

Одним з об'єктів дослідження землерийної машини була обрана система підвіски грейдерним відвалом автогрейдера [5]. Як прототип вивчається автогрейдер ДЗк-251 який виготовлявся в Україні (рис. 1). У існуючих методиках проектування традиційно розглядаються розрахункові положення, що відповідають найбільш несприятливому навантаженню.



Рис.1 Автогрейдер середнього класу ДЗк-251

Також в основу більшості методик покладено плоскі розрахункові схеми, що пропонують прикладати зовнішні навантаження тільки в площині поздовжніх осей гідроциліндрів, що управляють. На відміну від цього існуючі конструкції робочого обладнання автогрейдера є просторовими та асиметричними, забезпечуючи тим самим практично будь-яке положення відвалу в просторі. Зазначені зауваження заперечують існуючі складнощі в аналізі навантаженості гідроприводу управління основним відвалом автогрейдера.

Для вирішення цієї проблеми та більш детального розгляду були створені тривимірні комп'ютерні моделі існуючої (рис. 2, а) та модернізованої (рис. 2, б) системи робочого обладнання, а саме тягової рами автогрейдера [5, 7].

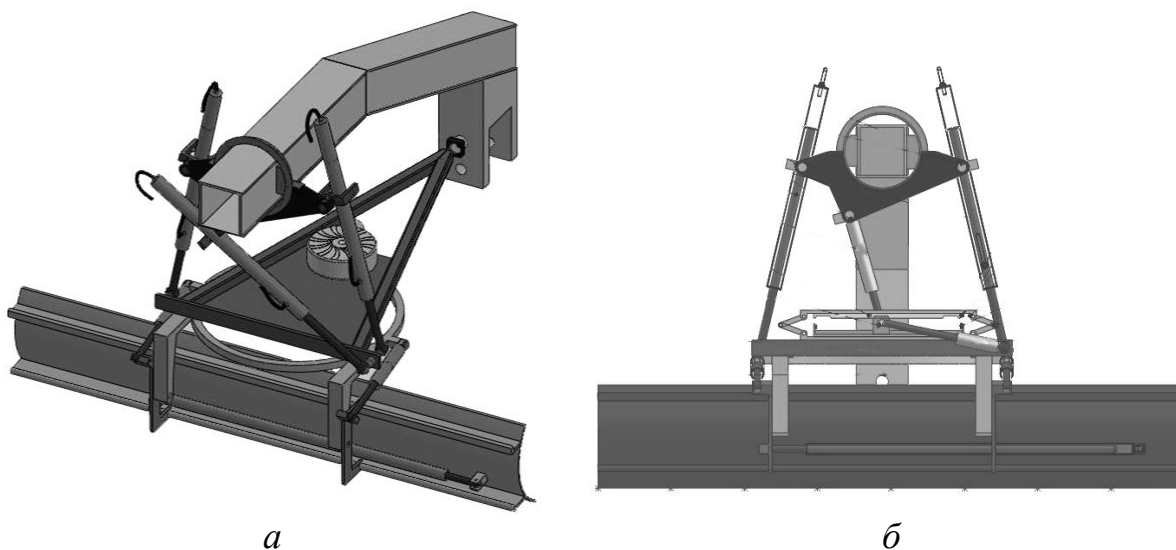


Рис. 2 Тривимірна модель робочого обладнання автогрейдера:
а – існуюча; б – модернізована

Для розгляду питань з об'єктів дослідження підйомних машин була обрана система робочої платформи автогідропідйомника представленого на навчальному полігоні ХНАДУ (рис. 3, а). Згідно з проведеними раніше дослідженням встановлено, що для оцінки ефективності використання будівельної техніки може бути використана система показників ефективності, але основним з них є оцінка його стійкості проти перекидання. Це пов'язано з тим, що зі збільшенням висоти підйому платформи і вильоту стрілового обладнання, зменшується їх стійкість, що, в свою чергу, знижує ефективність застосування даної техніки. Тривимірна комп'ютерна модель даної робочої платформи наведена на рисунку 3, б [6].

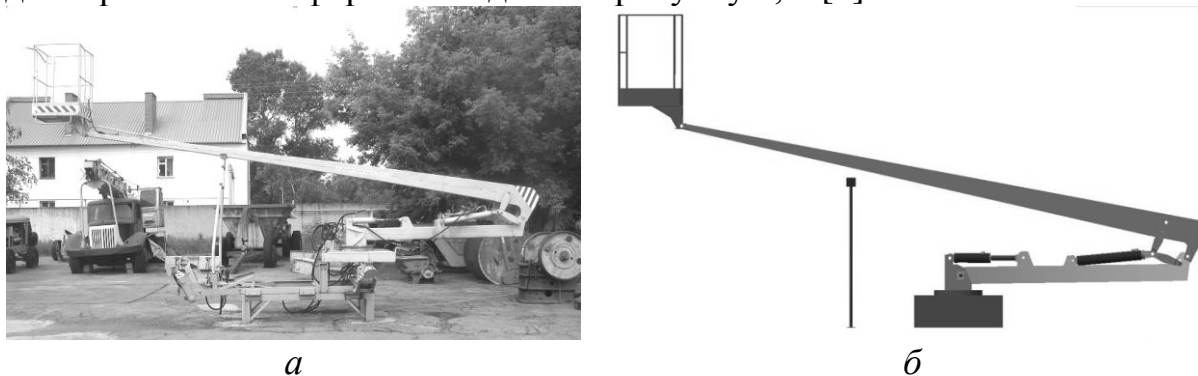


Рис. 3 Система робочої платформи автогідропідйомника :
а – існуючий прототип; б – тривимірна модель

В області транспортуючої техніки був розглянутий один з сучасних телескопічних навантажувачів (рис. 4, а). Такі навантажувачі є унікальними та відрізняються від інших машин для вантажних і транспортних робіт. Телескопічні навантажувачі на відміну від фронтальних навантажувачів мають велику висоту розвантаження і підвищене число операцій. Від вилкових навантажувачів вони відрізняються зручнішою подачею вантажу і висотою підйому. Представлена розробка тривимірної моделі конструкції стріли навантажувача з подвійним телескопом (рис. 4, б).

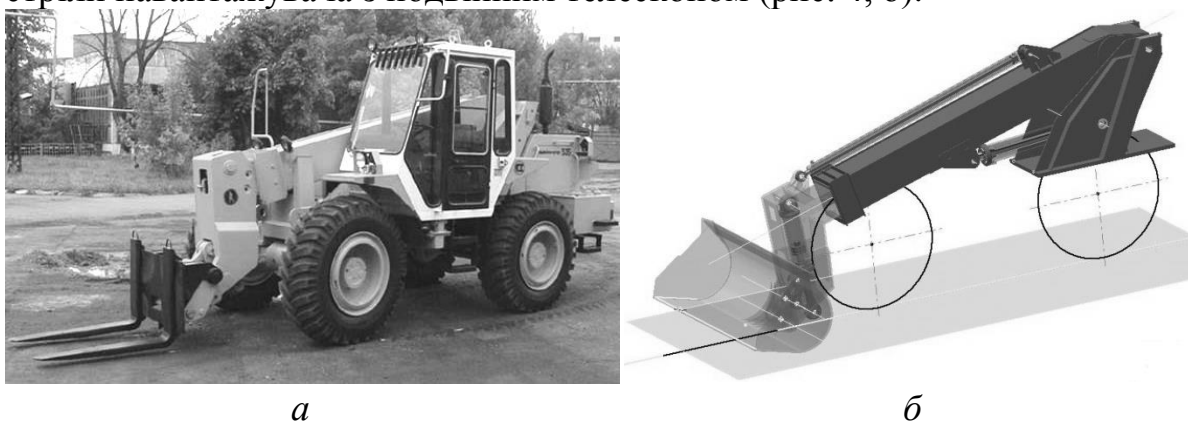


Рис. 4 Телескопічний навантажувач :
а – Амкодор 535; б – тривимірна модель робочого обладнання

Окрім вищезгаданих моделей робочого обладнання у матеріалах дисциплін використовуються створені тривимірні моделі тягової рами напів-

причіпного скрепера [9], екскаватора, мостового крану тощо. У подальших роботах будуть виконані кінематичні розрахунки, розрахунки напруженості та оптимізаційні вдосконалення елементів конструкцій робочого обладнання.

Висновки та перспективи. В роботі запропонований один із шляхів використання сучасного комп'ютерного продукту як засобу у досягненні мети підготовки сучасних конкурентоспроможних спеціалістів у машинобудівній галузі, які на різних етапах проектування та модернізації конструкції робочого обладнання та машини загалом зможуть з високою точністю та малими витратами часу виконувати дослідження різного призначення та складності.

Література

1. *Хмара, Л.А.* Анализ тенденций и перспектив развития на Украине подъемно-транспортных, дорожно-строительных и землеройных машин / *Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение*; Вып. 46. Днепропетровск : ПГАСА, 2008, С. 5–8.
2. *Баловнев В.И.* Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин Москва : Высшая школа, 1981. 331 с.
3. *Баловнев В.И., Хмара Л.А.* Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. Москва : Транспорт, 1993. 382 с.
4. *Кириченко І. Г., Назаров Л.В., Нічке В.В., Демішкан В.Ф.* та ін. Наукові основи створення високоефективних землерійно-транспортних машин. Харків : ХНАДУ, 2003. 585 с.
5. *Шевченко В. О., Рагулін В. М., Ходирєв С.Я.* Дослідження навантаження модернізованого механізму підвіски тягової рами автогрейдера сімейства ДЗк-250 / *Вісник ХНАДУ*. 2019. Вып. 87. С. 18–23.
6. *Кириченко І.Г., Черніков О.В., Роговий А.С., Рагулін В.М., Рєзніков О.О., Табуров О.С.* Особливості комп'ютерного моделювання та дослідження режимів роботи елементів піднімальної платформи / *Вісник ХНАДУ*. 2021. Вып. 95. С. 143–148.
7. *Черников А.В., Рагулин В.Н.* Применение современных технологий компьютерного моделирования в исследовании подвески рабочего оборудования автогрейдера / *Сучасні проблеми моделювання: Збірник наукових праць*. Випуск 7. Мелітополь : МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. С. 172–178.
8. *Ярижко О.В., Штода В.С., Мешалкіна Т.С.* Результати оптимізації конструкції деталі за допомогою "генератор форм" / *Комп'ютерні технології і мехатроніка: зб. наук. пр. за матеріалами II Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків, ХНАДУ, 2020. С. 283–288 URL <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/3589/1/283-288.pdf> (дата звернення 22.05.2022 р.)

9. Ковалевський С.Г., Яришко О.В., Краснокутський В.М. Дослідження напружень в металоконструкції тягової рами напівпричіпного скрепера / Підйомно-транспортна техніка, Одеса, 2019. №2(61) С. 93-103

References

1. Hmara, L.A. (2008) Analiz tendencij i perspektiv razvitiya na Ukraine pod"emno-transportnyh, dorozhno-stroitel'nyh i zemlerojnyh mashin // Sb. nauch. tr.: Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie; Vyp. 46. Dnepropetrovsk : PGASA, S. 5–8 [in Russian].
2. Balovnev V.I. (1981) Modelirovanie processov vzaimodejstviya so sredoj rabochih organov dorozhno-stroitel'nyh mashin M.: Vysshaya shkola, 331 s [in Russian].
3. Balovnev V.I., Hmara L.A. (1993) Intensifikaciya razrabotki gruntov v dorozhnom stroitel'stve. M.: Transport, 382 s [in Russian].
4. Kirichenko I. G., Nazarov L.V., Nichke V.V., Demishkan V.F. ta In. (2003) Naukovi osnovi stvorennya visokoefektivnih zemlerijno-transportnih mashin. Harkiv : HNADU, 585 s [in Ukrainian]
5. Shevchenko V. O., Ragulin V. M., Hodirev S.Ya. (2019) Doslidzhennya navantazhennya modernizovanogo mehanizmu pidviski tyagovoyi rami avtogrejdera simeystva DZk-250 // Visnik HNADU. Vip. 87. S. 18–23. [in Ukrainian]
6. Kirichenko I.G, Chernikov O.V., Rogoviy A.S., Ragulin V.M., Reznikov O.O., Taburov O.S. (2021) Osoblivosti komp'yuternogo modelyuvannya ta doslidzhennya rezhimiv roboti elementiv pidnimalnoyi platformi // Visnik HNADU. Vip. 95. S. 143–148 [in Ukrainian]
7. CHernikov A.V., Ragulin V.N. (2016) Primenenie sovremennyh tekhnologij komp'yuternogo modelirovaniya v issledovanii podveski rabocheho oborudovaniya avtogrejdera // Suchasni problemi modelyuvannya: Zbirnik naukovih prac'. Vipusk 7. Melitopol' : MDPU im. B. Hmel'nic'kogo, S. 172–178 [in Russian].
8. Yarizhko O.V., Shtoda V.S., Meshalkina T.S. (2020) Rezultati optimizatsiyi konstruktsiyi detali za dopomogoyu "Generator form"// komp'yuterni tehnologiyi i mehatronika : zb. nauk. pr. za materlalami II Mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi konferentsiyi. Harkiv, Hnadu, S. 283–288. URL <https://dSPACE.khadi.kharkov.ua/dSPACE/bitstream/123456789/3589/1/283-288.pdf> (data zvernennya 22.05.2022 p.) [in Ukrainian]
9. Kovalevskiy S.G., Yarizhko O.V., Krasnokutskiy V.M. (2019) doslidzhennya napruzhen v metalokonstruksiyi tyagovoyi rami napivprichipnogo skrepera // Pidyomno-transportna tehnik Odessa, #2(61) S. 93-103 [in Ukrainian]

Ph. D., assoc. prof **Vitaliy Ragulin**,
ragulinrvn@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2083-4937

Ph. D., assoc. prof **Oleksandr Yaryzhko**,
yaryzhko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6398-8472

Ph. D., assoc. prof **Olga Nazarko**,

COMPUTER MODELING AS A METHOD AND MEANS OF IMPROVING CONSTRUCTION MACHINES

The task of improving the educational process, improving the quality of education in the field of engineering and the effective use of technical methods and tools in the design and modernization of construction equipment using computer software is the most pressing modern task.

The emphasis in education, which is transferred to the independent work of the student without changing the approaches and methods of teaching disciplines, and even more so specialized subjects, has a negative impact on the quality of the future specialist. Especially in such a difficult time, when you have to completely switch to distance learning, it is extremely necessary to change the approach to learning, especially in senior courses.

The creation of complex complexes and machines is accompanied by a significant number of intermediate tasks. The use of the whole complex of construction equipment is mainly used in various technological operations and with the use of various replaceable work equipment.

Modern pace of road construction dictates high requirements for modern technology, one of the important parameters of which is the utilization rate of the machine over time. When performing technological operations, the load from the ground is transmitted through the main working body to all elements of the suspension mechanism of the working equipment.

The use of software allows you to preview any activity during the simulation allows you to check for security, reduce costs, and sometimes find new ways to implement, without conducting expensive tests. To do this, it is necessary to pre-model the node, unit, module, which will interact in a complex system.

The use of modeling will assess the appearance of the finished product and its structural elements. At the moment, the development of objects of any kind cannot but be accompanied by the creation of a 3D model. This process will allow you to analyze the accuracy of all components that will interact when installed on a designed or existing machine.

Key Words: computer modeling, construction machines, design, working equipment, software product.