

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ РОБОЧОЇ ПЛАТФОРМИ МОБІЛЬНОГО ПІДЙОМНИКА

Кириченко І. Г., Рєзніков О. О., Черніков О. В., Книшенко А. О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Робота є продовженням досліджень у царині вивчення закономірностей функціонування мобільних підйомників із робочими платформами (МПП), визначення кінематичних характеристик обладнання під час виконання тих чи інших технологічних операцій та їхнього впливу на коливальні процеси. Основною метою статті є зіставлення результатів досліджень, що виконані на комп'ютерних моделях і на натурному зразку машини. Одним із розв'язаних завдань є розроблення комп'ютерної моделі МПП, що дає змогу адекватно моделювати режими навантаження машини та досліджувати вплив режимів роботи на коливальні явища, які спостерігаються під час виконання технологічних процесів.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, мобільний підйомник, робоча платформа, коливальні процеси, Autodesk Inventor.

Вступ

Мобільні підйомники з робочими платформами (МПП) широко використовуються під час будівництва, утримання автомобільних доріг та реконструкції мостових споруд. Тенденції розвитку сучасних підйомників указують на те, що значна кількість виробників відмовляються від класичної конструкції машин та переходять на випуск мобільних підйомників, конструкція яких не передбачає аутригерів та кабін з органами керування. Водночас керування машиною здійснюється безпосередньо з робочої платформи під час виконання всіх технологічних операцій, зокрема й транспортного режиму. Відповідно, для цих машин важливим є забезпечення стійкості та зменшення коливань як у робочому положенні, так і в транспортному.

Аналіз публікацій

Експериментальне дослідження коливальних режимів МПП було проведено авторами цієї статті та подано в роботах [1–3].

Питання визначення стійкості МПП розглянуті в публікаціях [4–5]. Детально проаналізовані причини виникнення аварійних ситуацій підйомно-транспортних машин у працях [6–8].

У роботі [9] подані результати моделювання стендового підйомника Autodesk Inventor і визначені напруги в металокопункції за допомогою програмного пакету ANSYS. Комп'ютерна модель, запропонована в [10], дала змогу отримати просторові

зони обслуговування робочого обладнання із заданими геометричними параметрами.

Один із сучасних прикладів такого обладнання наведений на рис. 1.



Рис. 1. Стріловий підйомник

Мета та постановка завдання

Мета цієї роботи полягає в розробленні відповідної комп'ютерної моделі МПП та дослідженні впливу параметрів мобільного підйомника й особливостей роботи машини на коливальні процеси, а також зіставлення цих результатів з експериментальними результатами, отриманими на стендовому устаткуванні.

Основна частина

Для проведення досліджень коливальних процесів робочої платформи мобільного підйомника насамперед було створено цифрову модель машини з використанням доступних креслеників та реального механізму, що є на дослідницькому полігоні ХНАДУ (рис. 2).



Рис. 2. Натурний зразок МПРП на полігоні ХНАДУ

Для створення моделі були дещо спрощені форми та елементи конструкції, що не вплинуло на досліджувані параметри. Створена в середовищі «Складання» модель була передана в середовище «Динамічного моделювання» [9], де на всі рухомі елементи були накладені залежності обертання, призматичного та/або циліндричного руху, 3D-контакти тощо. Отримана тривимірна модель наведена на рис. 3.

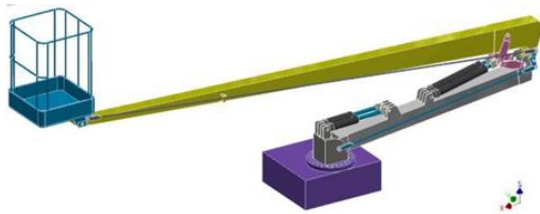


Рис. 3. Тривимірна комп'ютерна модель МПРП

Наступним етапом роботи стало моделювання коливальних процесів робочої платформи мобільного підйомника. Для цього закон руху елементів конструкції був заданий з використанням можливостей середовища динамічного моделювання.

Вихідні та кінцеві показники робочого процесу, режими навантаження та робочі параметри машини задавалися відповідно до параметрів експериментальних досліджень, які було проведено раніше [1–3].

Для можливості порівняння отриманих експериментальних даних із результатами комп'ютерного моделювання прийнято рішення змоделювати режими, що виникають в МПРП під час виконання робочих операцій і характеризуються впливом виражених динамічних навантажень.

Параметри режимів, що моделювалися, наведені на рис. 4. Зокрема під час моделювання було враховано масу вантажу, який розміщений у робочій платформі (35; 70; 105 кг), та кути нахилу верхньої та нижньої секцій стріли підйомника (15°; 30°; 45°).

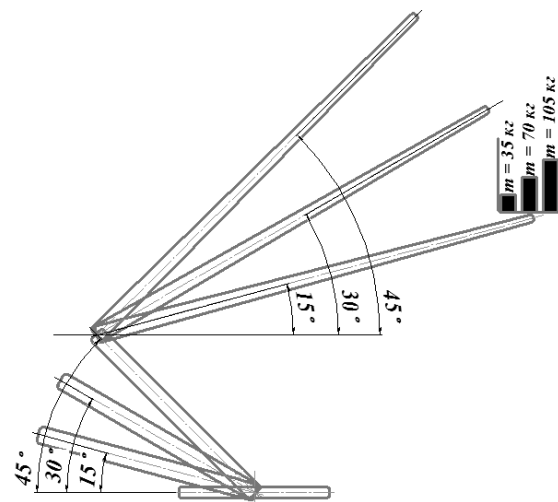


Рис. 4. Параметри режимів, що моделювалися в програмному середовищі Autodesk Inventor

Оскільки в раніше проведених дослідженнях [4] було визначено зони появи максимальних коливань під час виконання робочих операцій, аналіз коливальних процесів, що спостерігаються в підйомнику, проводився за прискореннями, що виникають у точці кріплення робочої платформи до стріли вздовж вертикальної осі. Водночас необхідно зазначити, що прискорення в інших точках стріли МПРП значно менші за амплітудою коливань. Унаслідок проведених розрахунків було отримано залежності зміни прискорень уздовж вертикальної осі в точці кріплення робочої платформи до стріли. Порівняльний аналіз отриманих розрахункових та експериментальних результатів свідчить про адекватність розробленої комп'ютерної моделі. (рис. 5).

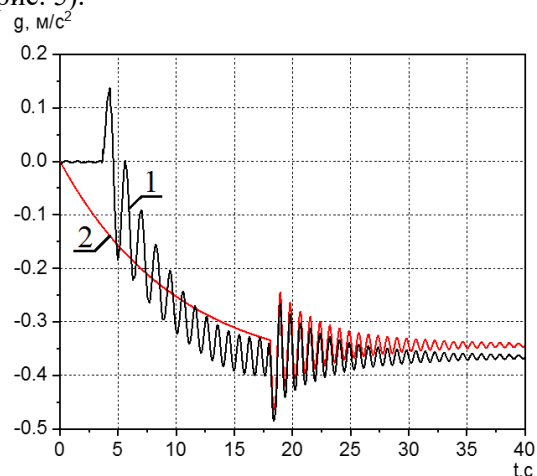


Рис. 5. Порівняльний аналіз отриманих розрахункових та експериментальних даних: 1 – експериментальні дані; 2 – результати комп'ютерного моделювання

Висновки

У роботі запропонований можливий шлях дослідження впливу параметрів мобільного підйомника та особливостей робочого процесу машини на коливальні процеси, що виникають під час робочих операцій, за допомогою комп'ютерного моделювання. Також проведено порівняльний аналіз отриманих результатів моделювання коливальних процесів, що виникають під час виконання робочих операцій, із результатами експериментальних досліджень, що свідчить про адекватність розробленої комп'ютерної моделі.

Крім того, розроблена модель буде корисною для визначення зон досяжності обраного обладнання в процесі проведення монтажних робіт під час будівництва або обслуговування будівель, виконання завдань у комунальному господарстві, обслуговування інфраструктурних об'єктів дорожнього будівництва тощо. У статті запропонований можливий шлях дослідження впливу параметрів мобільного підйомника та особливостей управління робочим обладнанням на кінематичні та силові характеристики, що обумовлюють коливальні процеси в металоконструкціях під час виконання технологічних операцій. Розроблена комп'ютерна модель і зіставлення результатів з експериментальними результатами, що отримані на стендовому обладнанні, дають змогу прогнозувати режими навантаження в проектуванні машин подібного конструктивного виконання.

Розроблена модель може впроваджуватись на підприємствах, що проектують та експлуатують МПРП для оптимально вибору класу машини залежно від режимів роботи та навантаження, а також для налаштування пропорційного гідравлічного механізму керування робочим обладнанням.

Література

1. Резніков О. О. Експериментальне дослідження коливальних процесів, що відбуваються під час роботи в мобільних підйомниках з робочими платформами. *Інженерія природокористування*. 2021. № 2. С. 54–59.
2. Experimental study of the influence of a combination of operating parameters of a mobile lift on oscillatory processes occurring after locking the working platform / I. Kyrychenko et al. *Heavy machinery HM 2021: Proceedings of X International Conference "Heavy Machinery-HM 2021"*, Vrnjačka Banja, 23–25 June 2021. Kraljevo: Faculty of mechanical and civil engineering kraljevo university of Kragujevac, 2021. P. A1–A12.

3. Research of the influence of the operating Parameters of a mobile lift on the oscillatory processes occurring during the work operation / I. Kyrychenko et al. *Fluid Power, Maribor*. P. 169–178. Doi:10.18690/978-961-286-513-9.
4. Метод визначення стійкості мобільних підйомників з робочими платформами в транспортному положенні / І. Г. Кириченко та ін. *Підйомно-транспортна техніка*. 2021. № 2 (66). С. 20–29.
5. Дослідження коефіцієнта збільшення площі опорної поверхні після розгортання мобільного підйомника / І. Г. Кириченко та ін. *Вісник ХНАДУ: зб. наук. праць*. 2021. Вип. 95. С. 26–31.
6. Михеев В. А., Власов В. Т. Анализ причин аварий башенного строительного крана БК-1000. *Захист металургійних машин від поломки: зб. наук. праць / ПДТУ*. Маріуполь, 2008. Вип. 10. С. 211–214.
7. Анализ причины падіння баштового крана КБ-674А / М. П. Колісник та ін. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2016. Вып. 88. С. 185–193.
8. Арискин М. В. Гарькин И. Н. Анализ причин падения башенного крана на основе построения модели в SCAD 11.5. *Фундаментальные исследования*. 2016. Вип. № 10 (2). С. 52–57.
9. Особливості комп'ютерного моделювання та дослідження режимів роботи елементів піднімальної платформи / І. Г. Кириченко та ін. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2021. Вип. 95. С. 143–148.
10. Черніков О., Резніков О., Момотов А. Визначення зон обслуговування автогідропідйомників за їх комп'ютерними моделями. *Сучасні проблеми моделювання*. 2022. № 23. С. 183–190.

References

1. Reznikov O. O. Experimental study of oscillatory processes occurring during work in mobile lifts with working platforms. *Engineering of environmental management*. 2021, no. 2, pp. 54–59.
2. Experimental study of the influence of a combination of operating parameters of a mobile lift on oscillatory processes occurring after locking the working platform / I. Kyrychenko, O. Reznikov, D. Klets, A. Kholodov. *Heavy machinery HM 2021: Proceedings of X International Conference "Heavy Machinery-HM 2021"*, Vrnjačka Banja, 23–25 June 2021. Kraljevo: Faculty of mechanical and civil engineering kraljevo university of Kragujevac, 2021, pp. A1–A12.
3. Research of the influence of the operating Parameters of a mobile lift on the oscillatory processes occurring during the work operation / I. Kyrychenko, O. Reznikov, D. Klets, A. Kholodov, P. Yehorov, O. Olieinikova. *Fluid*

- Power, Maribor, pp. 169–178. Doi:10.18690/978-961-286-513-9.
4. A method for determining the stability of mobile sub-containers with working platforms in transport position / I. G. Kyrychenko, O. O. Reznikov, M. V. Rosenfeld, A. V. Momotov, M. A. Shalamov, I. R. Kokhan. *Lifting and transport technology*. 2021, no. 2 (66), pp. 20–29.
 5. Study of the coefficient of increase in the area of the support surface after deployment of the mobile lift / I. G. Kyrychenko, O. O. Reznikov, Yu. V. Rukavishnikov, A. O. Knyshenko. *Visn. Khnadu: coll. of science pr.* 2021, iss. 95, pp. 26–31.
 6. Mikheev V. A., Vlasov V. T. Analysis of the causes of accidents of the tower construction crane BK-1000. *Protection of metallurgical machines from breakdowns: zb. Scientific practice / PDTU. Mariupol*, 2008, vip. 10, pp. 211–214.
 7. Analysis of the cause of the fall of the KB-674A tower crane / M. P. Kolisnyk, G. V. Zayets, A. L. Chervonoshtan, D. V. Kalashnikov. *Construction, materials science, machine building*. 2016, issue 88, pp. 185–193.
 8. Ariskin M. V., Garkin I. N. Analysis of the causes of the fall of a tower crane based on the construction of a model in SCAD 11.5. *Fundamental research. Science and Technology and Virobnichiy Journal*. 2016, vip. 10 (2), pp. 52–57.
 9. Peculiarities of computer modeling and research of operating modes of elements of the lifting platform / I. G. Kyrychenko, O. V. Chernikov, A. S. Rogovii, V. M. Ragulin, O. O. Reznikov, O. S. Taburov. *Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Road University*. 2021, issue 95, pp. 143–148.
 10. Chernikov O., Reznikov O., Momotov A. Determining the service areas of hydraulic lifts based on their computer models. *Modern problems of modeling*, 2022, no. 23, pp. 183–190.

Кириченко Ігор Георгійович, д-р техн. наук, професор каф. будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. +380(67) 705-54-74, igk160450@gmail.com,

Резніков Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент каф. будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. +380(66) 657-81-41, ssr.sdm@gmail.com,

Черніков Олександр Вікторович, д-р техн. наук, професор каф. інженерної та комп'ютерної графіки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. +380(67) 578-23-12, cherni@khadi.kharkov.ua,

Книщенко Антон Олександрович, асп. кафедри будівельних і дорожніх машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. +380(99) 762-59-05, anton98899@gmail.com.

Research of Oscillation Processes of a Mobile Lift Working Platform

Annotation. Problem. The work is a continuation of research in the field of studying the regularities of the functioning of mobile lifts with working platforms (MLWP), determining the kinematic characteristics of the equipment during the execution of certain technological operations and their influence on oscillatory processes. **Goal.** The main goal of this work is to compare the results of research performed on computer models and on a full-scale model of the machine. **Methodology.** The purpose of this work was to develop a suitable computer model of MLWP and investigate the influence of the parameters of the mobile lift and the features of the machine's work process on the oscillatory processes, as well as to compare these results with experimental data obtained on bench equipment. One of the solved problems is the development of a computer model of MLWP, which allows to adequately simulate the load modes of the machine and conduct research on the influence of the operating modes on the oscillatory phenomena observed during the execution of technological processes. **Results.** Also, the developed model will be useful in determining the reach zones of the selected equipment during installation work in the time of construction or maintenance of buildings, when performing tasks in the communal economy, servicing infrastructure objects of road construction, etc. **Originality.** The paper proposes a possible way of researching the influence of the parameters of the mobile lift and the features of the management of the working equipment on the kinematic and power characteristics that determine the oscillating processes in metal structures during technological operations. **Practical value.** The developed computer model and the comparison of the results obtained with its help with experimental data obtained on bench equipment make it possible to predict load modes in the process of designing machines of a similar design.

Key words: computer modeling, mobile lift, working platform, oscillatory processes, Autodesk Inventor.

Kyrychenko Igor, professor, Doct. of Science, Department of construction and road machines, Kharkiv National Automobile and Highway University, tel. +380(67) 705-54-74, igk160450@gmail.com,

Reznikov Olexsandr, Cand. of Science, Docent, Department of construction and road machines, Kharkiv National Automobile and Highway University, tel. +380(66) 657-81-41, ssr.sdm@gmail.com,

Chernikov Olexsandr, professor, Doct. of Science, Department engineering and computer graphics, Kharkiv National Automobile and Highway University, tel. +380(67) 578-23-12, cherni@khadi.kharkov.ua,

Knishenko Anton, graduate student, Department of construction and road machines, Kharkiv National Automobile and Highway University, tel. +380(99) 762-59-05, anton98899@gmail.com.