



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

---

Кафедра «Локомотиви»

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт,  
курсowego та дипломного проектування

Укладачі: М. І. Капіца  
Я. Калівода  
Л. О. Недужа  
О. Б. Очкасов  
Д. В. Черняєв

*Для студентів усіх форм навчання  
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»*

Дніпро – 2018

УДК 656.2:004.383.4

Укладачі:

д-р техн. наук, проф. *Михайло Іванович Капіца*  
канд. техн. наук, доц. *Ян Калівода*  
канд. техн. наук, доц. *Лариса Олександрівна Недужа*  
канд. техн. наук, доц. *Олександр Борисович Очкасов*  
асистент *Дмитро Вікторович Черняєв*

Рецензенти:

канд. техн. наук, доц. *О. В. Карпович* (ДНУ ім. О. Гончара),  
д-р техн. наук, доц. *В. В. Артемчук* (ДНУЗТ)

Рекомендовано до друку МКФ М (протокол № 6 від 07.03.2018).  
Зареєстровано НМВ ДНУЗТ (реєстр. № 350а від 03.05.2018)

**Комп'ютерне** моделювання залізничних транспортних засобів [Текст] : метод. вказівки до виконання практичних робіт, курсового та дипломного проектування / уклад.: М. І. Капіца, Я. Калівода, Л. О. Недужа, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – 59 с.

У методичних вказівках наведено коротку характеристику та приклади використання найбільш поширених комп'ютерних програм для тривимірного моделювання й розрахунку залізничних транспортних засобів і їх вузлів. Укладені з метою поглибленого засвоєння студентами дисциплін «Теорія та конструкція локомотивів», «САПР в локомотивному господарстві», «Математичні методи та моделі в спеціальних задачах», розвитку навичок виконання інженерних розрахунків; допомагають скоротити час на виконання розрахунково-графічних і курсових робіт. Можуть бути використані для самостійної роботи з вивчення засобів комп'ютерного моделювання.

Для студентів усіх форм навчання спеціальності 273 «Залізничний транспорт» спеціалізацій «Локомотиви та локомотивне господарство» і «Експлуатація високошвидкісного залізничного транспорту».

Іл. 77. Табл. 1. Бібліогр.: 13 назв.

© Капіца М. І. та ін., укладання, 2018

© Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, редагування, оригінал-макет, 2018

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ AUTODESK INVENTOR .....	5
1.1. Створення та аналіз тривимірних моделей складних систем.....	6
1.2. Приклади побудови моделей вузлів гідравлічної передачі в середовищі Autodesk Inventor .....	7
2. МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ ОПОРНО-РАМНОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ В AUTODESK INVENTOR .....	11
3. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АРМ WINMACHINE.....	22
4. РОЗРАХУНОК ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ ВАГОНА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ АРМ WINMACHINE.....	29
5. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ SIMPASC .....	39
6. МОДЕЛЮВАННЯ ДВОСТУПІНЧАСТОЇ СИСТЕМИ ВАГОНА В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ SIMPASC.....	43
7. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНІЗМУ ДИЗЕЛЯ В AUTODESK INVENTOR.....	51
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	59

## ВСТУП

У сучасних умовах неможливо виконати дослідження чи аналіз елементів конструкції залізничного транспорту (під час проектування, виготовлення, визначення максимального ресурсу тощо) без використання комп'ютерних програм. Комп'ютерне моделювання дозволяє дослідити поведінку транспортного засобу, обрати принцип дії, розробити ескізний і технічний проекти, оптимізувати їх, підготувати конструкторську документацію, а також іншу інформацію для виробництва із застосуванням автоматизованих технологій. У ході проектування, розробки та міцнісного аналізу елементів машин і різноманітних типів їх з'єднань сучасні комп'ютерні програми дозволяють максимально точно та швидко знайти найбільш небезпечні перерізи в конструкціях та їх елементах.

Методичні вказівки надають студентам можливість розглянути елементи конструкції рухомого складу зсередини й побачити розподіл виникаючих внутрішніх силових факторів, дослідити процеси, які неможливо спостерігати під час роботи рухомого складу. Можна подати отримані результати досліджень з використанням епюр різноманітних силових чинників на тривимірній моделі окремого механізму або всієї конструкції в цілому, виконати аналіз загальних властивостей (таких як маса, переміщення, максимальні напруження), побудувати графіки сил, переміщень та прискорень, які діють в об'єкті досліджень.

У виданні розглянуто можливості програмних засобів тривимірного моделювання Autodesk Inventor, APM WinMachine, Simpack. Але практична та наукова діяльність сучасного фахівця не обмежується лише вказаними програмними засобами. Наведені приклади можуть бути реалізовані в інших програмних середовищах комп'ютерного моделювання, наприклад Solid Works, Ansys, Calculix, CATIA та інших.

Методичні вказівки сприяють поглибленому засвоєнню дисциплін «Теорія та конструкція локомотивів», «САПР в локомотивному господарстві», «Математичні методи та моделі в спеціальних задачах» тощо, допомагають розвитку навичок виконання інженерних розрахунків та дозволяють скоротити час на виконання розрахунково-графічних та курсових робіт (проектів). Можуть бути використані студентами всіх форм навчання спеціальності 273 «Залізничний транспорт» спеціалізацій «Локомотиви та локомотивне господарство» і «Експлуатація високошвидкісного залізничного транспорту» для самостійної роботи з вивчення засобів комп'ютерного моделювання.

Для поглибленого вивчення теоретичного матеріалу та набуття практичних навичок рекомендуємо скористатися літературою, яка наведена наприкінці методичних вказівок.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моделирование нерівномірності обертання колінчатого валу дизеля / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, О. Я. Децюра // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – № 31. – С. 18–25.
2. Володин, А. И. Моделирование рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания / А. И. Володин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Мямлін, С. В. Дослідження динаміки та міцності вантажних вагонів : навч. посібник / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець. – Д.: «Свідлер А.Л.». – 2018. – 257 с.
4. Зиновьев, Д. В. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016 / Д. В. Зиновьев. – М. : ДМК-Пресс, 2017. – 258 с.
5. Калівода, Я. Досвід експериментальних досліджень рухомого складу з використанням стендового обладнання / Я. Калівода, Л. Недужа // Вагонний парк. – 2017. – № 3–4. – С. 28–30.
6. Використання автоматизованих систем при проектуванні та випробуванні рухомого складу / Я. Калівода, Л. Недужа, О. Очкасов, Д. Черняєв // Матеріали 78-ї Міжнар. науково-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» / ДНУЗТ. – Дніпро, 2018. – С. 17–19.
7. Недужа, Л. О. Використання сучасного пакету програм при розв'язанні інженерних задач на залізничному транспорті / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Локомотив-інформ. – 2016. – № 5–6. – С. 42–44.
8. Недужа, Л. О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – Вип. 1 (73). – С. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457.
9. Функционал Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-inventor/podrobnoe-opisanie-autodesk-inventor>. – Заголовок с экрана (дата обращения 2.07.2018).
10. Multy-Body Simulation Softwear [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.simpack.com> – Заголовок с экрана (дата обращения 2.07.2018).
11. Kalivoda, J. Enhancing the scientific level of engineering training of railway transport professionals / J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – Вип. 6 (72). – С. 128–137. doi: 10.15802/stp2017/119050.
12. Kalivoda, J. Simulace aktivně řízených železničních dvojkolí s využitím propojení softwaru Simpack a Matlab-Simulink / J. Kalivoda // Technical Computing Prague 2008. Praha: Humusoft, 2008. pp. 1–8. Available online [http://www2.humusoft.cz/www/papers/tcp08/054\\_kalivoda.pdf](http://www2.humusoft.cz/www/papers/tcp08/054_kalivoda.pdf).
13. Neduzha, L. O. Application of APM WinMachine software for design and calculations in mechanical engineering / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – Вип. 2 (62). – С. 129–147. doi 10.15802/stp2016/67328.

## REFERENCES

1. Modelyuvannya nerivnomirnosti obertannya kolinchatogo valu dizelya / B. Є. Bodnar, O. B. Ochkasov, D. V. Chernyaev, O. Ya. Detsyura // Visnik Dnipropetr. nats. un-tu zalozn. transp. im. akad. V. Lazaryana. – 2010. – № 31. – S. 18–25.
2. Volodin, A. I. Modelirovanie rabochikh protsessov dvigateley vnutrennego sgora-niya / A. I. Volodin. – M. : Mashinostroenie, 1988. – 368 s.
3. Miamlin, S. V. Research of Dynamics and Strength of Freight Cars [Doslidzhennya dynamiki ta mitsnosti vantazhnykh vagoniv: navch. posib.] [Doslidzhennia dynamiky ta mitsnosti vantazhnykh vahoniv: navch. posib.] / S. V. Miamlin, L. O. Neduzha, A. O. Shvets. – D.: «Svidler A.L.». – 2018. – 257 s.
4. Zinovev, D. V. Osnovy proektirovaniya v Autodesk Inventor 2016 / D. V. Zinovev. – M.: DMK-Press, 2017. – 258 s.
5. Kalivoda, J. Experimental Research Experience with Rolling Stock Stand Equipment [Dosvid eksperimentalnykh doslidzhen rukhomogo skladu z vikoristanniam stendovogo obladnannya] [Dosvid eksperymentalnykh doslidzhen rukhomoho skladu z vykorystanniam stendovoho obladnannia] / J. Kalivoda, L. Neduzha // Car fleet [Vagonniy park]. – 2017. – Vol. 3-4. – P. 28–30.
6. Vikoristannya avtomatizovanykh sistem pri proektuvanni ta viprobuvanni rukhomogo skladu / J. Kalivoda, L. Neduzha, O. Ochkasov, D. Chernyaev // Materiali 78-i Mizhnar. nauково-prakt. konf. «Problemi ta perspektivi rozvitku zaloznichnogo transportu» / DNUZT. – Dnipro, 2018. – S. 17–19.
7. Neduzha, L. O. Vikoristannya suchasnogo paketu program pri rozv'yazanni inzhenernykh zadach na zaloznichnomu transporti [Vykorystannia suchasnoho paketu prohram pry rozv'iazanni inzhenernykh zadach na zaloznychnomu transporti] / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Lokomotiv-inform. – 2016. – Vol. 5-6. – P. 42–44.
8. Neduzha, L. O. Theoretical and Experimental Research of Strength Properties of Spine Beam of Freight Cars [Teoretychni ta eksperymentalni doslidzhennia mitsnisnykh yakostei khrebtovoi balky vantazhnoho vahona] [Teoretichni ta eksperymentalni doslidzhennia mitsnisnykh yakostey khrebtovoi balki vantazhnoho vagona] / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2018. – Vol. 1 (73). – P. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457.
9. Application of Software Tools in the Research of Vehicles [Zastosuvannya programnykh kompleksiv pri doslidzhenni stanu transportnykh zasobiv] [Zastosuvannia prohramnykh kompleksiv pry doslidzhenni stanu transportnykh zasobiv] / V. A. Tatarinova, J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Visnik sertifikatsii zaloznichnogo transportu. – 2018. – Vol. 04 (50). – P. 82–91.
10. Influence of Construction Axle Box of Freight Bogie on Loading Rollers Cassette Bearing [Vpliv konstruktsii buksovogo vuzla vantazhnoho vizka na navantazhenist roliv kasetnogo pidshipnika] / O. D. Zhakovskiy, O. A. Kirilchuk, L. O. Neduzha // Visnik sertifikatsii zaloznichnogo transportu. – 2018. – Vol. 05 (51). – P. 12–20.
11. Kalivoda, J. Enhancing the Scientific Level of Engineering Training of Railway Transport Professionals / J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Science and Transport Progress. – 2017. – Vol. 6 (72). – P. 128–137. doi: 10.15802/stp2017/119050.
12. Kalivoda, J. Research of Locomotive Mechanics Behavior / V. A. Tatarinova, J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Science and Transport Progress. – 2018. – Vol. 5 (77). – P. 104–114. doi: 10.15802/stp2018/148026.
13. Neduzha, L. O. Application of APM WinMachine software for design and calculations in mechanical engineering / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2016. – Vol. 2 (62). – P. 129–147. doi 10.15802/stp2016/67328.

Навчальне видання

**Капіца Михайло Іванович**  
**Калівода Ян**  
**Недужа Лариса Олександрівна**  
**Очкасов Олександр Борисович**  
**Черняєв Дмитро Вікторович**

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт,  
курсowego та дипломного проектування

Редактор *О. О. Котова*  
Комп'ютерна верстка *О. М. Гончаренко*

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк.3,49. Обл.-вид. арк. 3,51.  
Тираж 10 пр. Зам. № 82

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003  
Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010