

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН АВТОМОБІЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ

Анотація. Для навчальної дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» у середовищах SolidWorks Simulation і Ansys Workbench сформовані основні принципи та положення автоматизованого проектування в області комп'ютерного моделювання агрегатів, вузлів і деталей транспортних засобів, а також пристосувань для їх ремонту (піднімачів, домкратів, стендів, знімачів тощо). Основна увага приділена теорії й практичному використанню методів скінченних елементів та набуття навичок у проектуванні та розрахунках деталей автомобільного транспорту. Визначені обов'язкові елементи досліджень у SolidWorks та практичні навички моделювання різних режимів навантажень дорожніх та спеціальних транспортних засобів у Ansys Workbench. Для подовження ресурсу роботи конструктивних елементів і деталей автомобільного транспорту визначені методи їх відновлення та підвищення зносостійкості.

Ключові слова: автомобільний транспорт, комп'ютерне моделювання, SolidWorks Simulation, Ansys Workbench, методика.

Навчальна дисципліна «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» є обов'язковою складовою фахової підготовки здобувачів вищої освіти для спец. 274 «Автомобільний транспорт» (бакалавр). Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміло використовувати понятійний апарат з фаху; розуміти структуру й динаміку технологічних процесів (ТП) автотранспортних підприємств; уміти використовувати чисельні методи розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла; працювати з пакетом прикладних програм для плоского й твердотільного моделювання SolidWorks; володіти інженерними розрахунками твердотільних моделей на міцність у машинобудуванні (SolidWorks Simulation і Ansys Workbench).

Основна увага приділяється теорії й практичному використанню методів скінченних елементів (МСЕ) та набуття навичок у проектуванні та розрахунках

деталей і вузлів автомобільного транспорту (АТ), а також пристосувань для їх ремонту.

Мета дисципліни: формування сучасних уявлень і практичних навичок з використання методів комп'ютерного проєктування деталей, вузлів та агрегатів транспортних засобів з наступною імітацією їх натурних випробувань у розрахункових середовищах МСЕ; дати уявлення про основи чисельних методів розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла, а також про алгоритми та особливості їх чисельної реалізації; навчити застосовувати наближені методи для вирішення конкретних задач, які виникають у науково-технічній практиці; оволодіти навичками використання систем автоматизованого проєктування (САПР) в області ТП автотранспортних підприємств.

Для навчальної дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств АТ» необхідно сформулювати основні принципи та положення автоматизованого проєктування в області комп'ютерного моделювання деталей, вузлів та агрегатів транспортних засобів, а також імітації різних режимів їх натурних випробувань та умов експлуатації у середовищах SolidWorks Simulation і Ansys Workbench.

Обов'язковими елементами досліджень у SolidWorks Simulation є [1, 2]: вибір додатку SolidWorks Simulation та кроків роботи у ньому [3]; призначення виду дослідження (статичний аналіз) моделі; обрання матеріалу деталі з бібліотеки матеріалів SolidWorks; вибір кріплення деталі; прикладення навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі; створення сітки МСЕ; вплив якості сітки на точність розрахунків (рис. 1 – [4]);

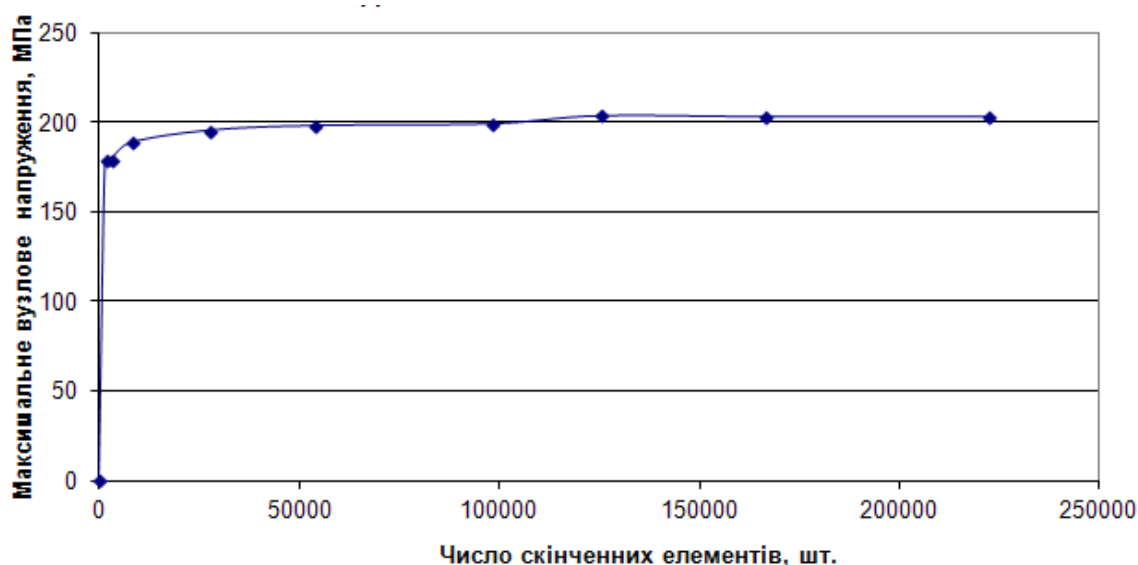


Рисунок 1 – Залежність вузлового напруження від числа скінченних елементів моделі

– можливість заміни матеріалу деталі (рис. 2 - [5]);

Результати дослідження вал-шестерні

Сталь	Напруження (макс.), МПа	Переміщення (макс.), мм	Деформація (макс.), мм	Запас міцн. (мінім.)
12Х14Г14Н	89.9025	0.0713178	0.000333314	3.05887
20	89.670	0.071990	0.00030610	2.7880

Рисунок 2 – Результати заміни матеріалу деталі

– економія матеріалу деталі на основі аналізу напруженого стану її моделі (рис. 3 – [6]);

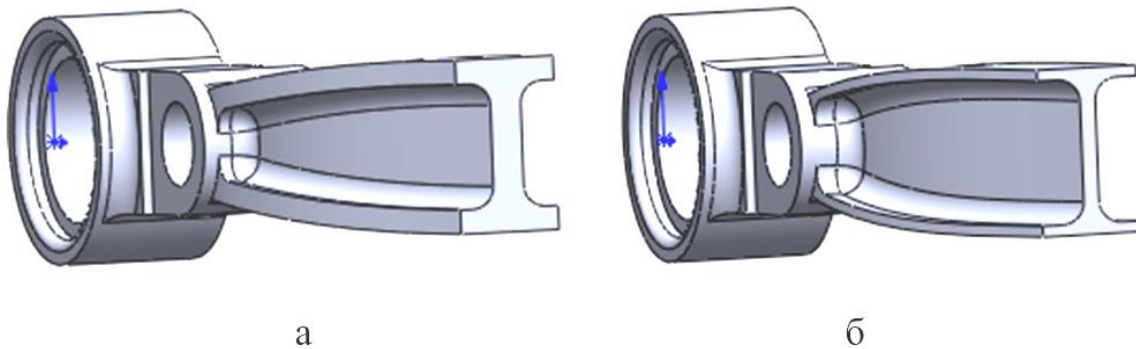


Рисунок 3 – Деталь до (а) і після (б) оптимізації

– зондування напружень у критичних точках деталі (рис. 4 – [7]);

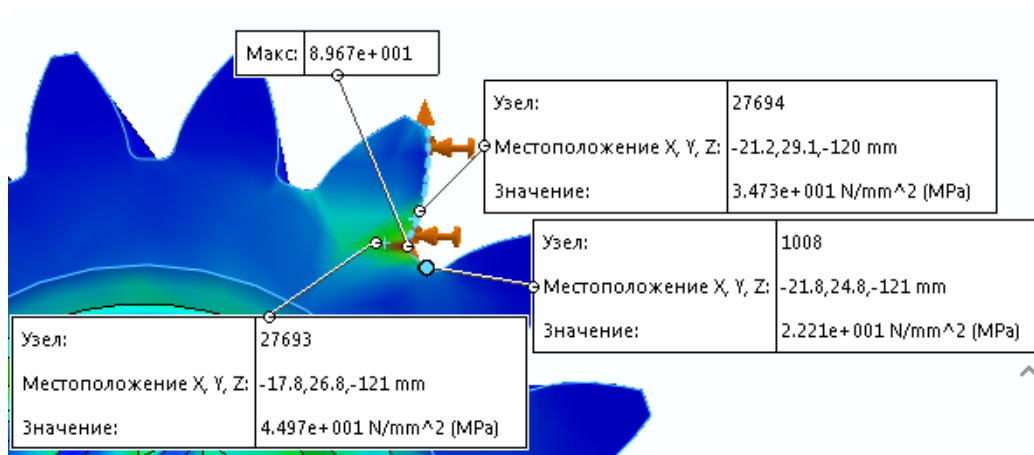


Рисунок 4 – Зондування напружень у небезпечному перерізі поблизу їх максимальних значень

– можлива втрата стійкості деталі (рис. 5 – [8]);

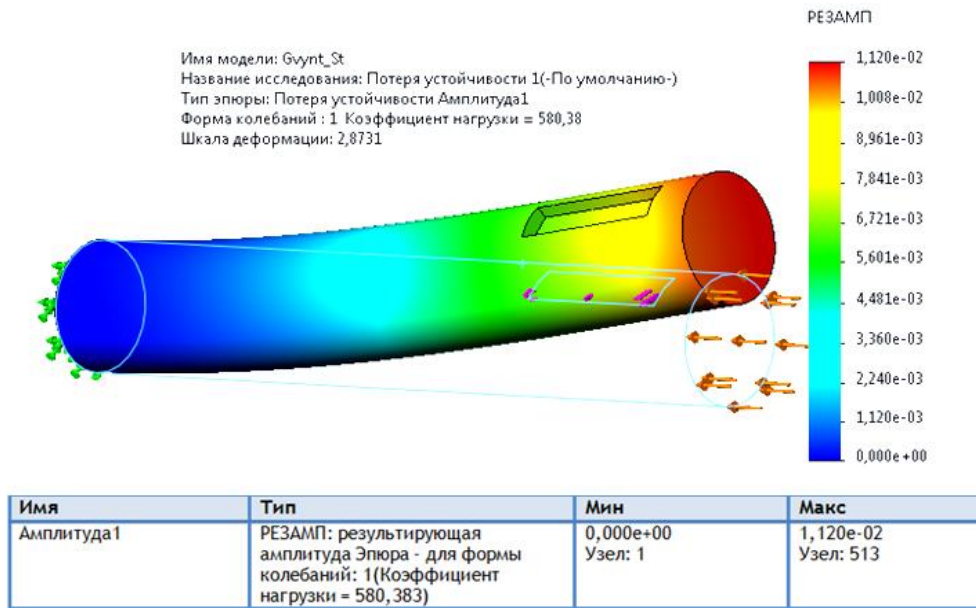


Рисунок 5 – Результуюча амплітуда та запас міцності при втраті стійкості

– максимальне навантаження, яке може витримати змодельована деталь без руйнування, при заданому коефіцієнті запасу міцності [9];

– вплив кріплень деталей на їх працездатність (рис. 6 – [10]);

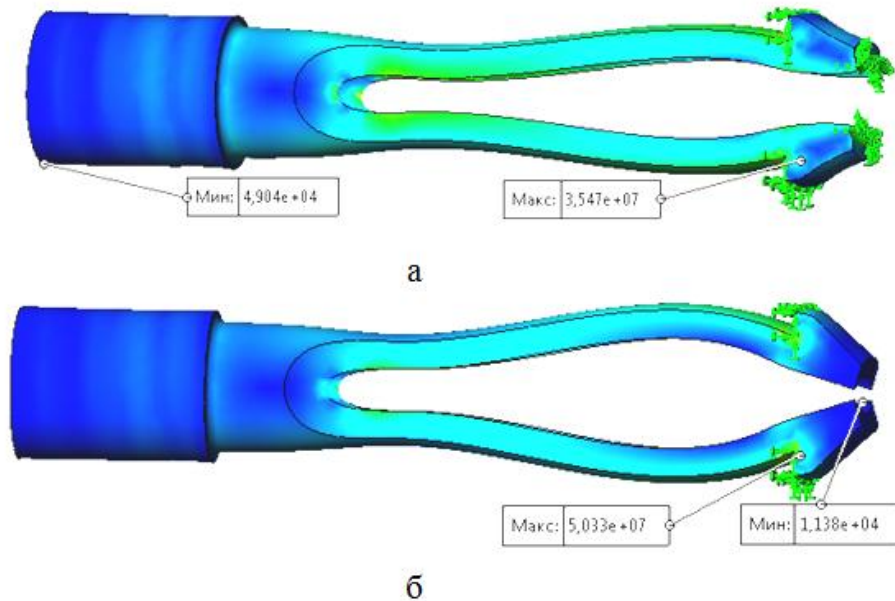


Рисунок 6 – Епюри розподілу сумарних напружень деталі:
 а – із закріпленою кромкою захвату; б – без її закріплення

– вплив удару на стійкість деталей колісних машин (рис. 7 – [11]);

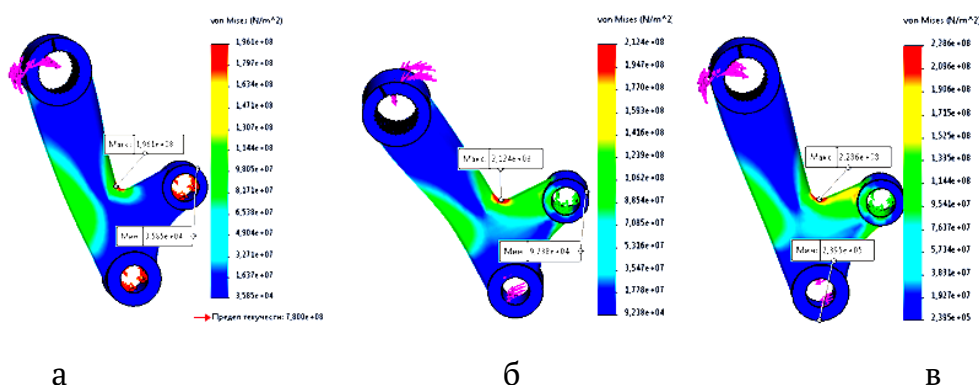


Рисунок 7 – Розподіл еквівалентних напружень у моделі рульової сошки
а – поворот на місці; б – удар лівим колесом; в – удар правим колесом)

Метою індивідуального завдання дисципліни є здобуття практичних навичок з особливостей моделювання різних режимів навантажень дорожніх та спеціальних транспортних засобів, а також їх складових, з наступним аналізом напружено-деформованого стану, термічних навантажень, аеродинаміки, теплопередачі, конвекції, тертя, тощо. Завдання полягає у моделюванні напружено-деформованого стану каркасних елементів транспортних засобів у середовищі Ansys Workbench: засвоєння методики оцінки міцності каркасу кузова міського автобуса при статичних випробуваннях у режим «згинання» та «кручення».

Студенти в результаті виконання індивідуального завдання [12]:

– досліджують особливості формування крайових умов імітації натурних випробувань; набувають досвіду роботи з гібридними моделями, представленими стрижневими (beam) та оболонковими (shell) елементами, експериментують з функціоналом Ansys Workbench при їх імпорті та обробці; отримують практичні навички з формування сітки скінченних елементів, досліджуючи особливості розбиття моделі; проводять розрахунки на режим кручення (рис. 8); проводять розрахунки на згинання (рис. 9-10); аналізують отримані результати, встановлюють закономірності та залежності показників.

До особливості освітньо-професійної програми «Автомобільний транспорт» також відносять можливість отримати поглиблену професійну підготовку з аналізу причин виходу з ладу конструктивних елементів і деталей автомобільного транспорту та розробку прогресивних технологій їх технічного

обслуговування, ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості з метою подовження ресурсу роботи.

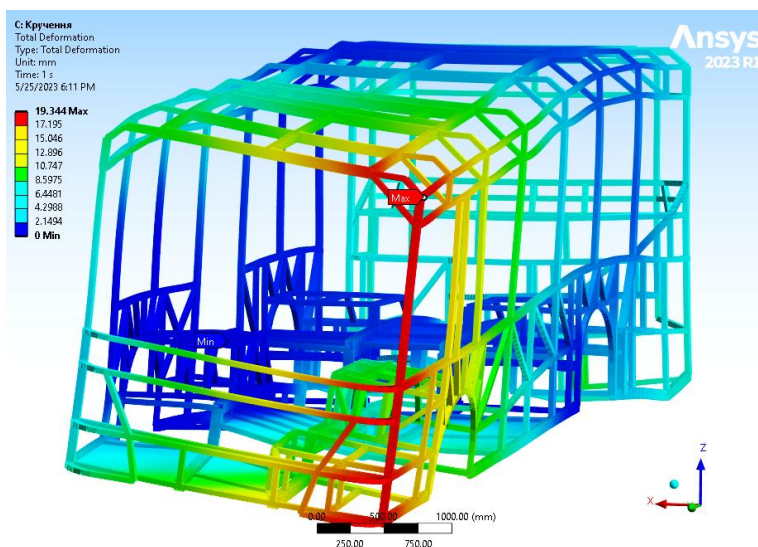


Рисунок 8 – Карта деформацій моделі каркасу кузова автобуса при крученні

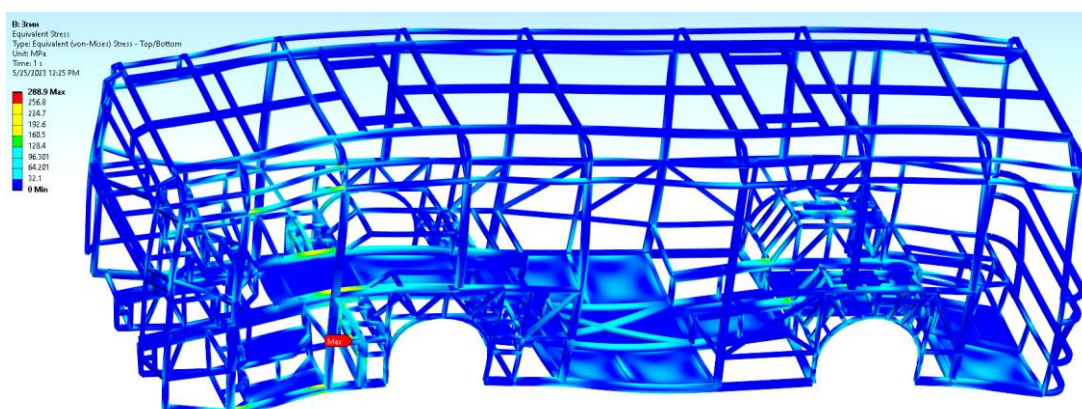


Рисунок 9 – Карта напружень каркасу кузова автобуса при згинанні

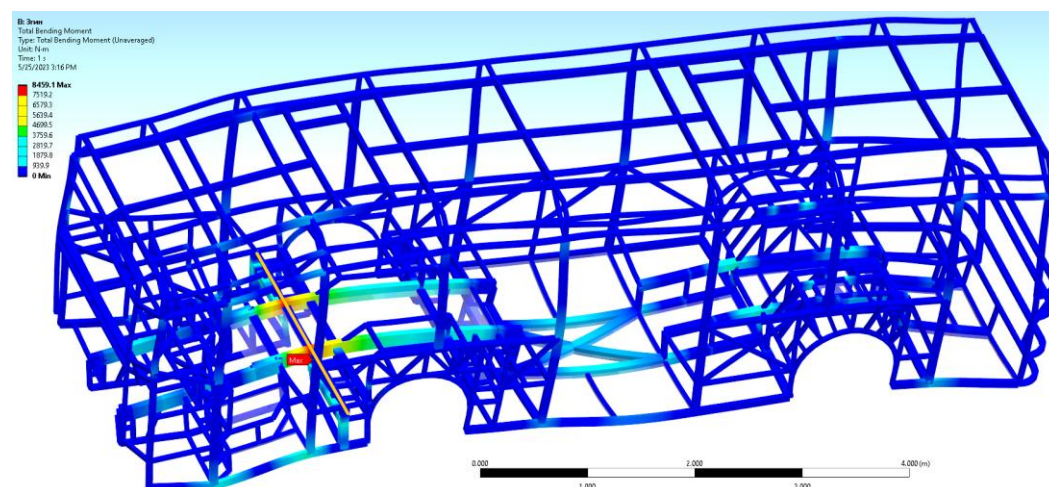


Рисунок 10 – Карта моментів згинання каркасу кузова автобуса

Отже, впровадження інформаційних технологій у вивчення розглянутої дисципліни: професіонально орієнтує слухачів; дає ґрунтовну підготовку за фахом, яка пов'язана із спадкоємністю у викладанні; активізує науково-дослідницьку діяльність, підвищуючи гарантії працевлаштування випускників.

Вивчення дисципліни і виконання індивідуального завдання сприяє поглибленню та розширенню фахових компетентностей, зокрема, таких здатностей як: складати, оформлювати й оперувати технічною документацією ТП на підприємствах АТ; застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач АТ; визначати основні механізми зношування деталей та агрегатів систем автомобіля; розробляти інженерні заходи з підвищення ресурсу деталей автомобіля за критерієм зношування; проводити розрахункову та експериментальну оцінку технологічних, конструкторських та експлуатаційних заходів підвищення зносостійкості деталей автомобіля.

ЛИТЕРАТУРА / ЛІТЕРАТУРА

1. Диха О. В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки “Автомобільний транспорт” / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 102 с.
2. Псьол Сергій. Застосування комп'ютерного моделювання для розрахунків автомобільного транспорту / Сергій Псьол, Олександр Диха, Олександр Рудик, Костянтин Голенко // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки / гол. ред. О. В. Діденко. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2023. № 1(32). – С. 148-170.
3. Рудик О. Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35.
4. Трасковецька Л. М. Математичне моделювання працездатності деталей методом скінченних елементів / Л. М. Трасковецька, О. Ю. Рудик, О. В. Бірюков // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 19 квітня 2019 р. – Одеса: ОНУ. – С. 96-97.
5. Рудик О. Ю. Дослідження можливості заміни матеріалу деталі автомобіля за допомогою SolidWorks Simulation / О. Ю. Рудик, А. А. Тарашевський // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ре-

сурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононец, В. О. Балюк. – Полтава : КУЕП ПДАА, 2020. – С. 100-102.

6. Rudyk O. Yu. Optimization of the steering bipod of the vehicle / O. Yu. Rudyk, V. V. Gerega, N. R. Tymchenko // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 7th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. – Pp. 187-192.

7. Рудик О. Ю. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану вал-шестерні головної передачі заднього моста автомобіля ГАЗ-53 / О. Ю. Рудик, В. В. Гончар // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононец, В. О. Балюк. – Полтава : КУЕП ПДАА, 2018. – С. 158-162.

8. Psol S. V. Using SolidWorks to ensure passability of automotive equipment / S. V. Psol, Y. Leshchak, O. Yu. Rudyk // Achievements and prospects of modern scientific research. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. Editorial EDULCP. – Buenos Aires, Argentina. 2021. – Pp. 140-146.

9. Rudyk O. Investigation of a universal puller of bearings with SolidWorks /O. Rudyk, P. Kaplun, V. Honchar // Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2022: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 18 травня 2022 р.) / Міністерство освіти і науки України, Український державний університет науки і технологій, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» та ін. – Дніпро : НМетАУ, 2022. – С. 248-251.

10. Псьол С. В. Вплив кріплень у SolidWorks Simulation на працездатність деталей / С. В. Псьол, О. Ю. Рудик, Б. В. Андрійчук // Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка : збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (22–23 лютого 2021 року, м. Полтава). – Полтава : ПУЕТ, 2021. – С. 88-91.

11. Psol S. V. Impact of blow on the stability of details of wheeled machines / S. V. Psol, S. Gramenko, O. Yu. Rudyk // The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. – London, United Kingdom. 2021. – Pp. 217-224.

12. Голенко К. Е. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: Методичні рекомендації до індивідуального завдання «Моделювання напружено-деформованого стану каркасних елементів»

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / К. Е. Голенко, О. Ю. Рудик. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 82 с.

REFERENCES

1. Dykha O. V. Modeling of technological processes of road transport enterprises: methodical instructions for laboratory work for students of the field of preparation for road transport / O. V Dykha, O. Yu. Rudyk // Khmel'nitsky : KhNU, 2018. – 102 p.
2. Serhiy Psol. Application of computer modeling for road transport calculations / Serhiy Psol, Oleksandr Dykha, Oleksandr Rudyk, Kostyantyn Golenko // Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Service of Ukraine. Series: pedagogical sciences / head. ed. O. V. Didenko. Khmelnytskyi : NADPSU Publishing House, 2023. No. 1(32). – P. 148-170.
3. Rudyk O. Yu. SolidWorks as an innovative means for studying the disciplines of automobile profile / O. Yu. Rudyk, O. V. Dykha // «System technologies» 3 (128) 2020.
4. Traskovetska L. M. Mathematical modeling of the performance of parts by the method of finite elements / L. M. Traskovetska, O. Yu. Rudyk, O. V. Biryukov // Informatics, information systems and technologies: abstracts of reports of the sixteenth all-Ukrainian conference of students and young scientists. Odesa, April 19, 2019. – Odesa: ONU. – P. 96-97.
5. Rudyk O. Yu. Study of the possibility of replacing the material of a car part using SolidWorks Simulation / O. Yu. Rudyk, A. A. Tarashevskyi // Materials of the 4th All-Ukrainian scientific and practical Internet conference "Resource-oriented learning in "3D": availability, dialogue, dynamics" / incl. N. V. Kononets, V. O. Balyuk. – Poltava : KUEP PDAA, 2020. – P. 100-102.
6. Rudyk O. Yu. Optimization of the steering bipod of the vehicle / O. Yu. Rudyk, V. V. Gerega, N. R. Tymchenko // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 7th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. – Pp. 187-192.
7. Rudyk O. Yu. Computer modeling of the stress-strain state of the gear shaft of the main drive of the rear axle of the GAZ-53 car / O. Yu. Rudyk, V. V. Gonchar // Proceedings of the II All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference "Resource-oriented learning in "3D": accessibility, dialogue, dynamics" / incl. N. V. Kononets, V. O. Balyuk. – Poltava : KUEP PDAA, 2018. – P. 158-162.
8. Psol S. V. Using SolidWorks to ensure passability of automotive equipment / S. V. Psol, Y. Leshchak, O. Yu. Rudyk // Achievements and prospects of modern sci-152

entific research. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. Editorial EDULCP. – Buenos Aires, Argentina. 2021. – Pp. 140-146.

9. Rudyk O. Investigation of a universal puller of bearings with SolidWorks /O. Rudyk, P. Kaplun, V. Honchar // Information technologies in metallurgy and mechanical engineering. ITMM'2022: abstracts of reports of the international scientific and practical conference (Dnipro, May 18, 2022) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipropetrovsk National University named after O. Honchar, National Technical University "Dnipro Polytechnic" and others – Dnipro : NMetAU, 2022. - P. 248-251.

10. Psyol S. V. The influence of fasteners in SolidWorks Simulation on the performance of parts / S. V. Psyol, O. Yu. Rudyk, B. V. Andriyчук // Resource-oriented learning in "3D": accessibility, dialogue, dynamics: collection of theses reports of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference (February 22-23, 2021, Poltava). – Poltava : PUET, 2021. – P. 88-91.

11. Psol S. V. Impact of blow on the stability of details of wheeled machines / S. V. Psol, S. Gramenko, O. Yu. Rudyk // The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. – London, United Kingdom. 2021. – Pp. 217-224.

12. Golenko K. E. Modeling of technological processes of road transport enterprises: methodological recommendations for the individual task "Simulation of the stress-strain state of frame elements" for students of the first (bachelor's) level of higher education, specialty 274 "Automotive transport" / K. E. Golenko, O. Yu. Rudyk. – Khmelnytskyi : KhNU, 2023. – 82 p.

Received 12.03.2024.

Accepted 19.03.2024.

Innovative approaches in teaching automotive disciplines

For the educational discipline "Modeling of technological processes of road transport enterprises" in the SolidWorks Simulation and Ansys Workbench environments, the basic principles and provisions of automated design in the field of computer modeling of units, assemblies and parts of vehicles, as well as devices for their repair (lifts, jacks, stands, puller etc.). Complemented following program results: install specialized software, information and information-communication technologies to track object models and vehicle processes on automobile transport (AT), operational authorities of AT functions, construction engineering and technical and economic developments, development of design documentation and development of other AT tasks; find necessary information in scientific and technical literature, databases and other sources; analyze and evaluate this information; make effective decisions, analyze and compare alternative op-

tions taking into account goals and constraints, quality assurance issues, as well as technical, economic, legislative and other aspects; analyze the information obtained as a result of research, generalize, systematize and use it in professional activities; develop and implement technological processes, technological equipment and technological equipment, means of automation and mechanization in the process of operation, repair and maintenance of JSC facilities, their systems and elements; to analyze the technical-operational and technical-economic indicators of AS means, their systems and elements; apply mathematical and statistical methods for building and researching models of objects and processes of AT, calculating their characteristics, forecasting and solving other complex tasks of AT; to present the results of research and professional activities, to argue one's position. The main attention is paid to the theory and practical use of finite element methods and the acquisition of skills in the design and calculations of AT details. Mandatory elements of research in SolidWorks and practical skills of modeling various load modes of road and special vehicles in Ansys Workbench are defined. In order to extend the service life of structural elements and parts of AT, methods of their restoration and increase in wear resistance are defined.

Рудик Олександр Юхимович – доцент, кандидат технічних наук, кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет.

Диха Олександр Володимирович – професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет.

Голенко Костянтин Едуардович – викладач, кандидат технічних наук, кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет.

Rudyk Oleksandr Yuhymovych – associate professor, candidate of technical sciences, department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytsky national university.

Dykha Oleksandr Volodymyrovych – professor, doctor of technical sciences, head of the department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytsky national university.

Golenko Konstiantyn Eduardovych – teacher, candidate of technical sciences, department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytsky national university.