

**Секція 8. Поєднання навчання і досліджень під час реалізації
сучасних освітніх програм підготовки фахівців**

**Rudyk Oleksandr Yuhymovych
Shevchuk Vitaly Mykolayovych
Danyuk Dmytro Serhiyovych
Soroka Ilya Hryhorovych**

**COMBINATION OF EDUCATION AND RESEARCH BASED ON
USING CAD/CAE SYSTEM SOLIDWORKS**

High-quality higher technical education today is no longer possible without the use of modern systems of automated design, computer modelling and engineering analysis. One of the most powerful such systems is SolidWorks, which is widely used at machine-building enterprises around the world in various industries [1].

Today, SolidWorks is actually an industrial standard in many countries and is widely used by leading industrial enterprises of Ukraine to design parts, assemblies and machines of any complexity and purpose. The SolidWorks system is also used all over the world for the training of specialists at universities in the study of the disciplines of the engineering cycle - from computer modelling tasks to engineering analysis in various directions, including calculations for strength, stability, stiffness, kinematics and dynamics of technical systems, etc. [2, 3].

The SOLIDWORKS centre of Khmelnytskyi national university (<http://solidworks.com.ua>) is the largest among higher education institutions of Ukraine according to the results of its work, and the SolidWorks automated design system itself is implemented at the faculty of engineering, transport and architecture as part of the comprehensive computer training of students of technical specialties within a number of academic disciplines [4, 5].

When designing structures that work under mechanical load conditions, there is a need to predict physical and mechanical characteristics and quality indicators in a three-dimensional aspect. One of the most effective numerical methods of project calculations is the finite element method implemented in the SolidWorks application – SolidWorks Simulation. Its characteristic feature is a direct transition from a continuous object to a discrete object through the approximation of the geometry of the object under study [6, 7].

Thus, the authors of [8] designed a stand for repairing car gearboxes, which is designed to facilitate the work of technical personnel in the process of disassembling, repairing and assembling gearboxes, create better working conditions and increase work efficiency. At the same time, the following were considered:

- capabilities and features of SolidWorks from the point of view of preparing models for engineering analysis, in particular, for strength calculations;
- the purpose of the CAE component of the system – SolidWorks Simulation and the main aspects of the analysis.

As part of the work, a solid-state model of the stand bushing was built and its stress-strain state was simulated (the material of the bushing is C45E steel). It was established that its minimum margin of strength is $n_{\min} = 4.102e+02$, which is much more than the permissible $[n_{\min}] = 5$. Therefore, the purpose of this study is the possibility of replacing steel 45 with cheaper and more accessible steel of st. 3 (fig. 1).

Имя:	1.1191 (C45E)	Имя:	Сталь 3 ГОСТ 535-88
Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
Предел текучести:	5,65e+08 N/m ²	Предел текучести:	2,25e+08 N/m ²
Предел прочности при растяжении:	7,5e+08 N/m ²	Предел прочности при растяжении:	4,4e+08 N/m ²
Модуль упругости:	2,1e+11 N/m ²	Модуль упругости:	2,05e+11 N/m ²
Коэффициент Пуассона:	0,28	Коэффициент Пуассона:	0,29
Массовая плотность:	7 800 kg/m ³	Массовая плотность:	7 830 kg/m ³
Модуль сдвига:	7,9e+10 N/m ²	Модуль сдвига:	7,9e+10 N/m ²
Коэффициент теплового расширения:	1,1e-05 /Kelvin	Коэффициент теплового расширения:	1,16e-05 /Kelvin

a

b

Fig. 1. Properties of C45E steels (a) and Art. 3 (b)

By repeated calculations in SolidWorks Simulation [9]:

- divided the bushing model into finite elements (4 Jacobian points, element size 3.13452 mm, tolerance 0.156726 mm, mesh quality high, number of nodes 24147, total elements 14483, maximum aspect ratio 16.133);
- built a matrix of its rigidity;
- carried out the synthesis of the finite elements of its model;
- solved the resulting system of algebraic equations;
- determined the components of the stress-strain state (table 1, fig. 2).

Table 1

The results of the study of the bushing model

Steel	Tension Von Mises (max.), σ , MPa	The resulting displacement URES (max.), h , mm	Equivalent strain ESTRN (max.), δ , mm	Margin of durability FOS (min.), n_{\min}
45	1,377e+06N/m ² Node 688	1,985e-05 Node 1885	2,822e-06 Element 5273	4,102e+02 Node 688
Ст.3	1,387e+06N/m ² Node 688	2,020e-05 Node 1885	2,926e-06 Element 5273	1,622e+02 Node 688

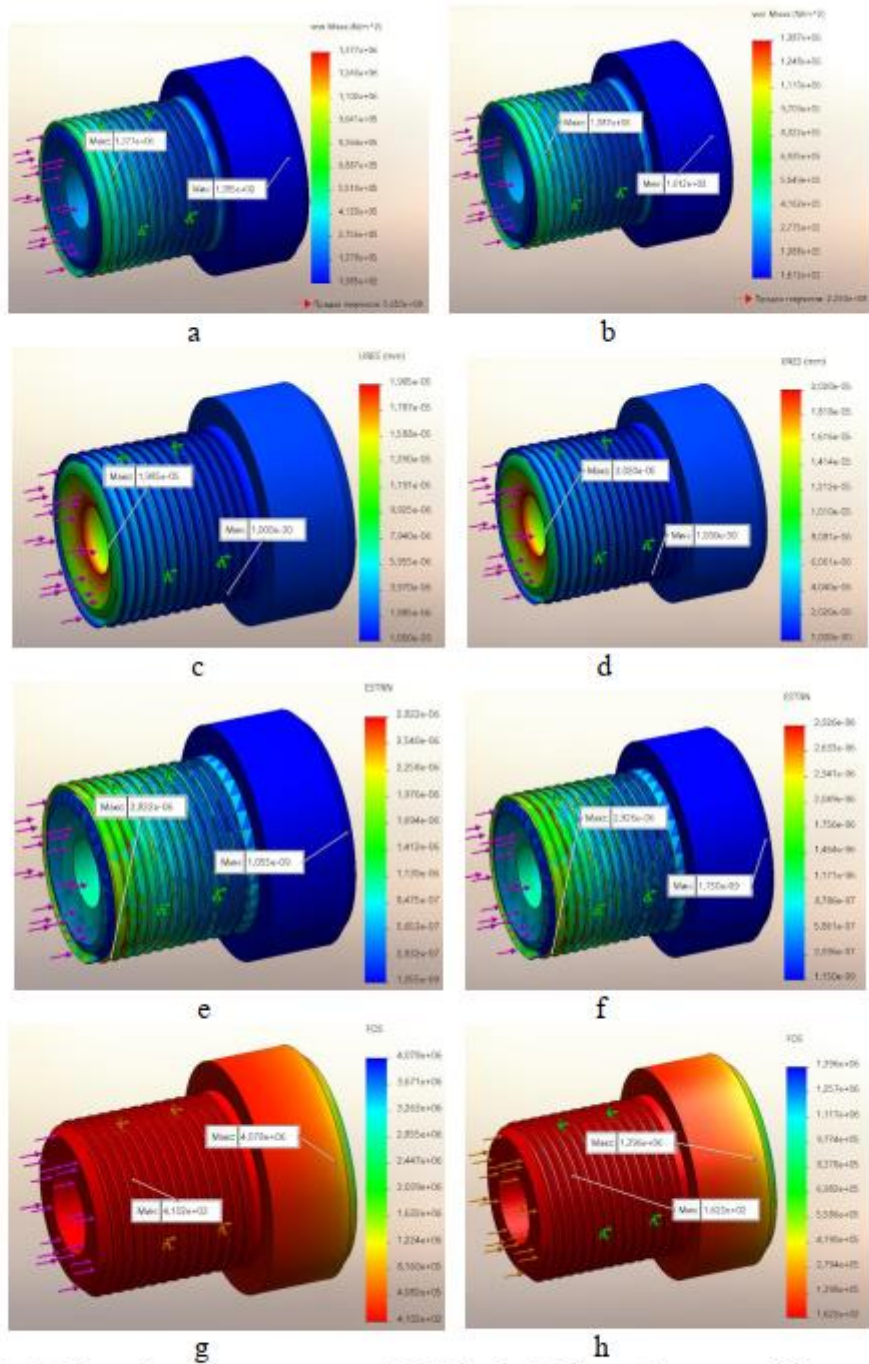


Fig. 2. Plots of maximum stresses VON (node 688), maximum resulting displacements URES (node 1885), maximum equivalent strains ESTRN (element

5273), minimum margin of strength FOS (node 688) of the sleeve model made of steel: a, c, e, g – 45; b, d, f, h – Art. 3

Since the minimum coefficient of safety margin for a bushing made of steel Art. 3 is $n_{\min} = 1.622e+02$, which is more than the permissible $[n_{\min}] = 5$, then its margin of strength is sufficient.

References

1. Міжнародна сертифікація SOLIDWORKS: 26 студентів університету отримали статус сертифікованих спеціалістів. URL: https://solidworks.khmmu.edu.ua/cswa_2023/
2. 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.
3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks у навчальному процесі / О. Ю. Рудик, Н. С. Маріїн, С. І. Ярошук // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. Полтава: КУЕП ПДАА, 2020. С. 96-100.
4. 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.
5. Rudyk O. Yu. The use of innovative technologies as a means of enhancing student learning / O. Yu. Rudyk, V. V. Korzun, A. A. Antonov // Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка: збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 22–23 лютого 2023 року). Полтава: ПУЕТ, 2023. С. 1068-1073.
6. Рудик О. Ю. Інноваційні підходи при викладанні дисциплін автомобільного спрямування / О. Ю. Рудик, О. В. Диха, К. Е. Голенко // «Системні технології» 2 (151) 2024 «System technologies». С. 144-154.
7. Rudyk O. Yu. Application of SolidWorks is for professional preparation of specialists / O. Yu. Rudyk, P. V. Karlysh, V. A. Gonchar // II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка»: збірник тез доповідей (електронне видання) (м. Полтава, 22–23 лютого 2022 року). Полтава: ПУЕТ, 2022. С. 140-146.
8. Рудик О. Ю. Дослідження працездатності стелю для ремонту коробок передач автомобілів КамАЗ-5320 / О. Ю. Рудик, А. А. Томусяк // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції. Черкаси: ЧНУ, 2021. С. 105-107.
9. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine, 2020. Pp. 249-253.

Андрєва Вікторія Іванівна

СИНЕРГІЯ НАВЧАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВаниХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА РОБОТОТЕХНІКИ: ПРОЄКТНО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ПІДХІД

У сучасному світі швидка еволюція технологій вимагає від майбутніх інженерів не лише володіння теоретичними знаннями, а й навичок проведення наукових досліджень, розробки та впровадження інновацій. Поєднання

