

УДК 629.113

Рудик Олександр,

<https://orcid.org/0000-0002-6937-1366>

кандидат технічних наук, доцент,

Каплун Павло,

доктор технічних наук, професор,

Гончар Володимир

кандидат технічних наук, доцент,

Хмельницький національний університет,

м. Хмельницький, Україна

yuhymovych@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ

***Анотація:** Розглядається застосування системи автоматизованого проектування SolidWorks та її додатку SolidWorks Simulation, призначеного для розв'язування задач механіки деформованого твердого тіла за допомогою методу скінченних елементів, для міцнісного розрахунку однієї з деталей знімача підшипників – гвинта (визначення максимальної сили, яку можна до нього прикласти).*

***Ключові слова:** SolidWorks Simulation, знімач підшипників, гвинт.*

***Annotation:** Examined the use of SolidWorks computer-aided design system and its application SolidWorks Simulation, designed to solve the problems of mechanics of deformed solids using the finite element method, for the strength calculation of one of the parts of the bearing stripper – the screw (determining the maximum force that can be applied to it).*

***Key words:** SolidWorks Simulation, bearing stripper, screw.*

Підготовка висококваліфікованого фахівця є головною метою, яка стоїть перед системою освіти. Для її досягнення постійно удосконалюються освітні методики, програми й підходи до навчального процесу.

На сьогодні статус держави визначається її освітнім потенціалом і рівнем розвитку науки, а статус кожної людини – рівнем її освіти який дозволяє їй існувати в інформаційному просторі високих технологій.

Серед таких технологій необхідно відзначити автоматизоване проектування, яке є найважливішою умовою успішної професійної діяльності інженерно-технічного працівника. Вітчизняна промисловість відчуває потребу у висококваліфікованих інженерних кадрах, здатних забезпечити її конкурентоспроможність.

В останні десятиліття в автомобілебудуванні виключальною допомогою стали висока якість та швидкість відновлення номенклатури виробів. Їх виконання можливо без впровадження CAD/CAM/CAE технологій (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering) – систем автоматизованого проектування технічних об'єктів (САПР), технологій їх обробки та інженерного аналізу [1].

Тобто, вирішення проблем автоматизації проектування за допомогою електронно-обчислювальних машин ґрунтується на системному підході – створенні й упровадженні САПР. Вони вирішують усього комплекс задач: від аналізу завдання до розробки повного обсягу конструкторської й технологічної документації.

САПР використовують засоби машинної графіки з установленням спеціального програмного забезпечення, яке необхідно для розв'язку аналітичних, кваліфікаційних, економічних, ергономічних, простих та інших задач. Так, досвід використання САПР в автомобільній промисловості дозволив скоротити витрати часу на розробку нових моделей автомобілів на 50 %. [1].

Але універсальної САПР не існує. У зв'язку з різною складністю програмних продуктів конфігурації можуть варіюватися дуже сильно [2]. Одним з оптимальних рішень є SolidWorks (SW). Вона базується на параметричній

об'єктно-орієнтованій методології. Це дозволяє створювати 3D-модель з 2D-основою при використанні простих й ефективних інструментів.

SW є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу у відносності з концепцією CALS-технологій (Continuous Acquisition and Life Cycle Support), включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками та створення інтерактивної документації [3].

SW призначена для розв'язування наступних задач: гібридне параметричне моделювання, прослідування деталей, складана і виробів з урахуванням специфіки виготовлення (листовий матеріал, пресо-форми й штами, зварні конструкції); експрес-аналіз (масово-інструйльні характеристики, міцність і жорсткість); імпорту/експорту геометричних моделей, API SDK, оформлення креслень по ЕСКД [3].

SW Simulation [3] – додаток до SW, призначений для розв'язування задач механіки деформованого твердого тіла методом скінченних елементів (чисельного моделювання). Це програмне забезпечення для розрахунку на статичну міцність і стійкість, визначення власних частот, оптимізації форми деталей і складаних у лінійній постановці, аналізу штовха й поведінки конструкції при падінні. Програма використовує геометричну модель деталі або складаних SW для формування розрахункової моделі. Інтеграція з SW дає можливість мінімізувати операції, зв'язані зі специфічними особливостями скінченно-елементної апроксимації.

Як приклад, за допомогою SW Simulation в [4, 7] досліджувалась придатність однієї з деталей змінної підшипникової – скоби. Але змінюючи вихідні дані через недостатню міцність (стійкість) інших його деталей – гайки і штифти, це стало темою експериментів [5, 6]. Наявність інших деталей у змінній комплекті продовження розпочатих розвіток щодо забезпечення його придатності: визначення максимальної сили, яку можна прикласти до гвинта (рис. 1 – поз. 3 на рис. 1 [4]) при заданому мінімальному (допустимому) коефіцієнті запаса міцності $[n_T] = 3$ [4].

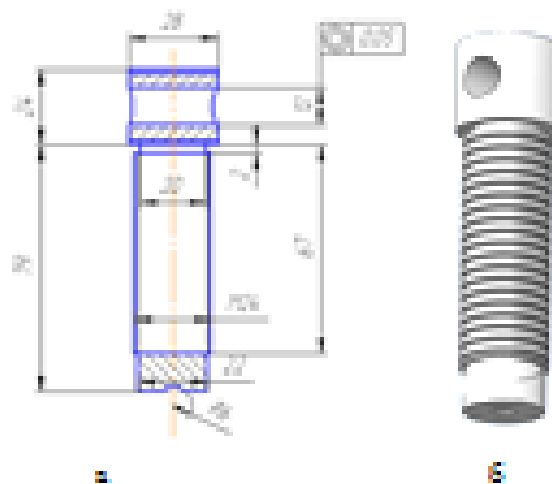


Рисунок 1 – Креслення гвинта змінача підшипникова (а) та його 3D-модель (б)

Після створення у SW просторової моделі гвинта вибирається з бібліотеки матеріал, з якого він виготовлений (сталь 45 ГОСТ 935-88 – рис. 2, а).

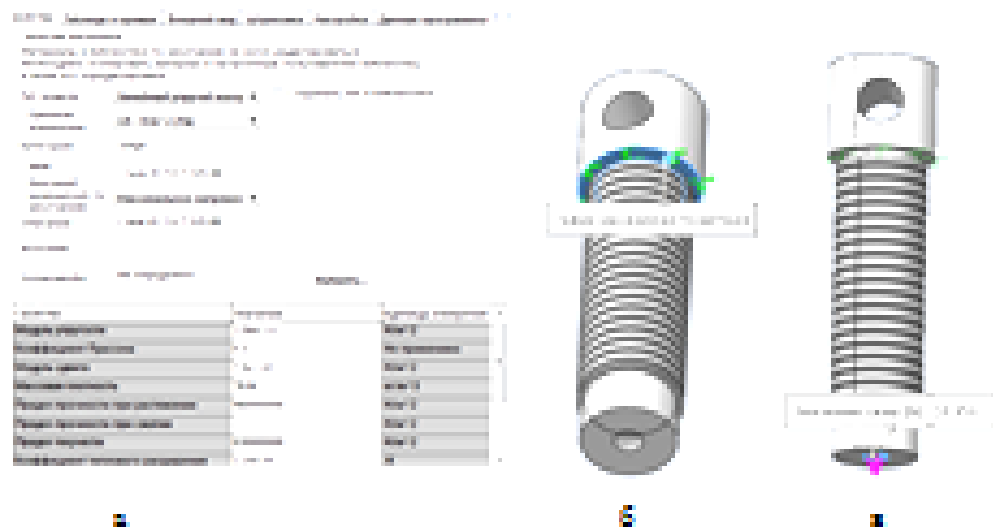


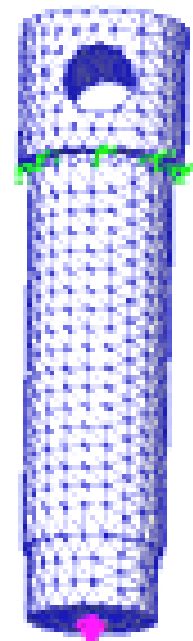
Рисунок 2 – Прозначення матеріалу гвинта (а), дефініція його шари (б) та прокладання кільцями (в)

Для проведення статичного аналізу гвинта до його твердотільної моделі застосовується програмний модуль SW Simulation: вибирається місце закріплення гвинта (рис. 2, б) та прикладається до нього зовнішнє навантаження (рис. 2, в – осьова сила 10950 Н), яке сприймається отвором під куляку радіусом R6 (див. рис. 1, а).

Потім проводиться поділ моделі на елементи, з'єднані у вузлах: програмний аналіз скінченних елементів розглядає модель як сітку (рис. 3, а, б).

Сітка Деталізація	
Матеріал елемента	Сталь 1045 (1.71) (rod)
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Метод елемента розбиття	Стандартна сітка
Найкраще число елементів сітки	Висока
Величина елемента сітки	Висока
Товщина елемента сітки	4 товщ
Розмір елемента	1.50017 мм
Діаметр	0.179548 мм
Кількість сітки	Висока
Всього вузлів	11517
Всього елементів	7946
Максимальне співвідношення сторін	1.200
Процент елементів з співвідношенням сторін > 3	0.0
Процент елементів з співвідношенням сторін > 10	0
Процент елементаів з порожнечою	0
Макс. кількість елементів з порожнечою	0
Час для твердотільної сітки (h:m:s)	00:00:04

а



б

Рисунок 3 – Параметри сітки (а) та її відображення на твердому тілі (б)

Подальшім розрахункам активуються максимальні параметри статичного аналізу: напруження у гвинті, $\sigma = 2,766e+08 \text{ N/m}^2$ (вузол 2 – рис. 4, а); результуюче переміщення $k = 1,456e-02 \text{ мм}$ (вузол 2 – рис. 4, б); максимальна скалярна деформація $\delta = 8,683e-04$ (елемент 2070 – рис. 4, в). При цьому мінімальної величини міцності $\sigma_T = 3,000e+00$ (вузол 8621), що відповідає допустимому $[\sigma_T] = 3$.

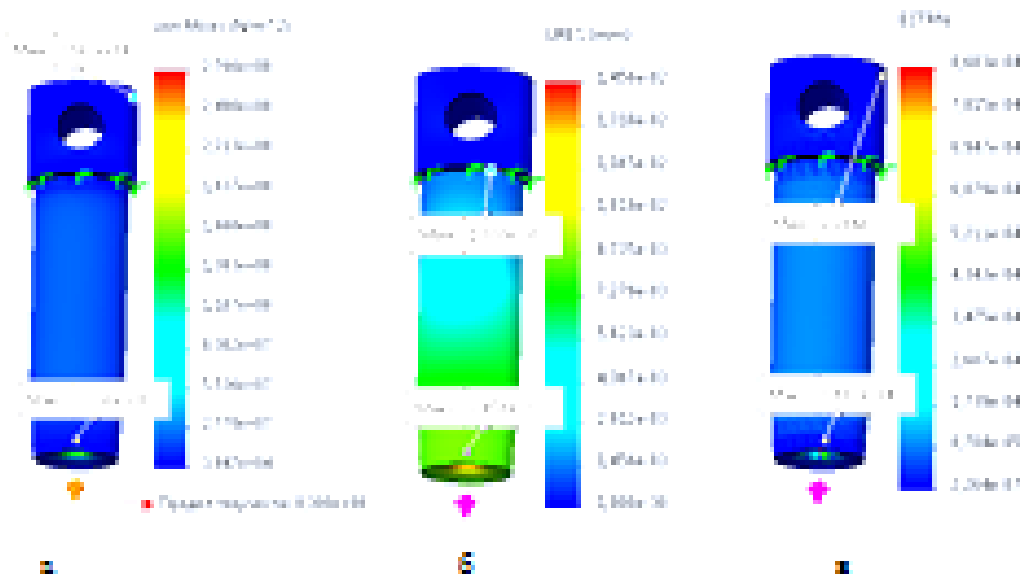


Рисунок 4 – Контурні графіки сумарних: напружень von Mises (а), переміщень LRES (б), еквівалентних деформацій ESTRN (в) гвинта

Таким чином, за допомогою CAD-системи SW та її додатку – CAE-системи SW Simulation, доводимо придатність чергової деталі досліджуваного з'являча підшипника – гвинта.

Отже, підготовку висококваліфікованих фахівців доцільно проводити з використанням CAD/CAE-системи SW: на етапі побудови 3-D моделі використати SW; потім, перейшовши до реальної конструкції, застосувати SW Simulation як інший додаток. Така організація роботи дозволить у процесі навчання побудувати модель конструкції на рівні нового рівня й підготувати слухачів до використання сучасних інструментаріїв інженера. Насиченість, зрозумілість суті поставленої задачі – це SW [8].

Список використаних джерел

1. Рудак Олександр. Підготовка висококваліфікованих фахівців автомобілебудування на базі застосування SolidWorks / О. Рудак, В. Писеліта // Актуальні проблеми в сфері освіти: збірник загальної середньої освіти – доумовіреної підготовки – збірник вищої освіти: зб. наук. праць авторів/ів

VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9 червня 2020 р., м. Київ, Національний міжвідомчий університет / наук. ред. Н.П. Мурашова. – К. : НАУ, 2020. – С. 130-135. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9297>

2. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar // Eurasian scientific congress. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Bansk Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. URL: <http://sci-conf.com.ua5-metod-dusudodaryu-mauchno-qsaktychskaryu-konferentsiya-susimian-scientific-congress-27-28-yun-yaryu-2020-goda-barcelona-irymaryu-ashiv/>

3. Борошок О.В. Застосування SolidWorks Simulation у навчальному процесі / О. В. Борошок, О. Ю. Рудак, В. С. Паска // Актуальні проблеми в сфері освіти: збірник загальної середньої освіти – доуніверситетська підготовка – збірник вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції, 18 жовтня 2019 р., м. Київ, Національний міжвідомчий університет / наук. ред. Н. П. Мурашова. – К. : НАУ, 2019. – С. 39-42. – Режим доступу: <http://not.nau.edu.ua/itap/sci/docs/conferences/aktualni-problmy/36Borok-Konferentsiya-2019.pdf>

4. Колісник В. В. Дослідження продуктивності змієвих підшипників / В. В. Колісник, Р. В. Рачок, О. Ю. Рудак // Сучасні та історичні проблеми фундаментальної та прикладної математичної підготовки у закладах вищої освіти: погляд здебувачів вищої освіти і молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2019. – С. 173-177. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8401>

5. Рудак О. Ю. Дослідження продуктивності гайок змієвих підшипників / О. Ю. Рудак, Р. А. Пугач // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2020. – С. 183-185. – Режим доступу:

<https://drive.google.com/ac/cupest-download&confir=93K&id=11jzfiE9XrONk-geZCOMKawcUP9Lag4aK>

6. Рудак О. Ю. Застосування інформаційних технологій для дослідження продуктивності таємного підземного / О. Ю. Рудак, П. В. Кашук, О. Я. Жарок // Інформація, інформаційні системи та технології: тематична доповідна міжнародної всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 24 квітня 2020 р. – Одеса: ОНУ. – С. 71-73. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9307>

7. Потанська Н. М. Використання SolidWorks Simulation для аналізу напруженого стану деталей / Н. М. Потанська, В. В. Сторожук, О. Ю. Рудак // Класичні та практичні аспекти спеціалізованої математичної підготовки у ЗВО: історичний та сучасний погляд молодих вчених і здобувачів вищої освіти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2021. – С. 172-175. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10284>

8. Рудак О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічного аналізу / О. Ю. Рудак, П. В. Кашук // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 2nd International scientific and practical co-symposium. SPC "Sci-conf.com.ua". – Kharkiv, Ukraine, 2020. – Pp. 249-253. – Режим доступу: <http://sci-conf.com.ua/file-methods-and-datas-of-science-practical-issues-and-development-prospects-20-21-yun-2020-goda-harkov-ukraine-ukr/>

Radyk Oleksandr, Ph.D., Associate Professor, Kaplan Pavlo, Doctor of engineering sciences, Professor, Gashar Volodymyr, Ph.D., Associate Professor, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

APPLICATION OF SOLIDWORKS FOR TRAINING HIGHLY QUALIFIED PROFESSIONALS