

Рудик Олександр 

кандидат технічних наук, доцент,
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

Каплун Павло 

доктор технічних наук, професор,
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

Гончар Володимир 

кандидат технічних наук, доцент,
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

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 допоможе 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 визначальними вимогами стали висока якість та оперативне відновлення номенклатури виробів. Їх виконання неможливе без впровадження CAD/CAM/CAE технологій (Computer Aided Desing/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineerin) – 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 увесь комплекс задач: від аналізу завдання до розробки повного обсягу конструкторської й технологічної документації.

САПР використовують засоби машинної графіки з установленням спеціального програмного забезпечення, яке необхідне для розв'язку аналітичних, кваліфікаційних, економічних, ергономічних, проектних 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]. Один

з оптимальних різновидів – SolidWorks (SW). Вона базується на параметричній об'єктно-орієнтованій методології. Це дозволяє отримати 3D-модель з 2D-ескізу при використанні простих й ефективних інструментів.

SW є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу у відповідності 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, проектування деталей, складань і виробів з урахуванням специфіки виготовлення (листовий матеріал, прес-форми й штампи, зварені конструкції); експрес-аналіз (масово-інерційні характеристики, міцність і кінематика); імпорт/експорт 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 розрахунків на статичну міцність і стійкість, виділення власних частот, оптимізації форми деталей і складань у лінійній постановці, аналізу втоми й поведінки конструкції при падінні. Програма використовує геометричну модель деталі або складання 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 досліджувалась працездатність однієї з деталей знімача підшипників – скоби [4, 7]. Але знімач може вийти з ладу через недостатню міцність (стійкість) інших його деталей – гайки і тяги, що стало темою експериментів [5, 6]. Наявність інших деталей у знімачі вимагає продовження розпочатих розвідок щодо забезпечення його працездатності: визначення максимальної сили, яку можна прикласти до гвинта

(рис. 1 – поз. 3 на рис. 1 [4]) при заданому мінімальному (допустимому) коефіцієнті запасу міцності $[n_T] = 3$ [4].

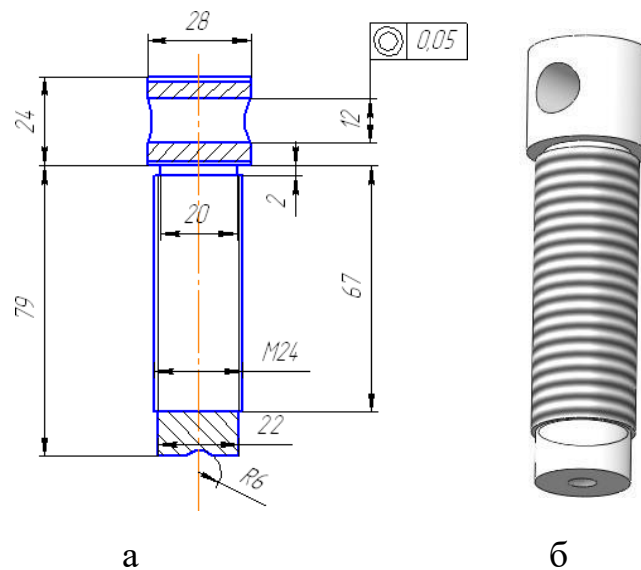


Рис. 1. Креслення гвинта знімача підшипників (а) та його 3D-модель (б)

Після створення у SW геометричної моделі гвинта вибирається з бібліотеки матеріал, з якого він виготовлений (сталь 45 ГОСТ 535-88 – рис. 2, а).

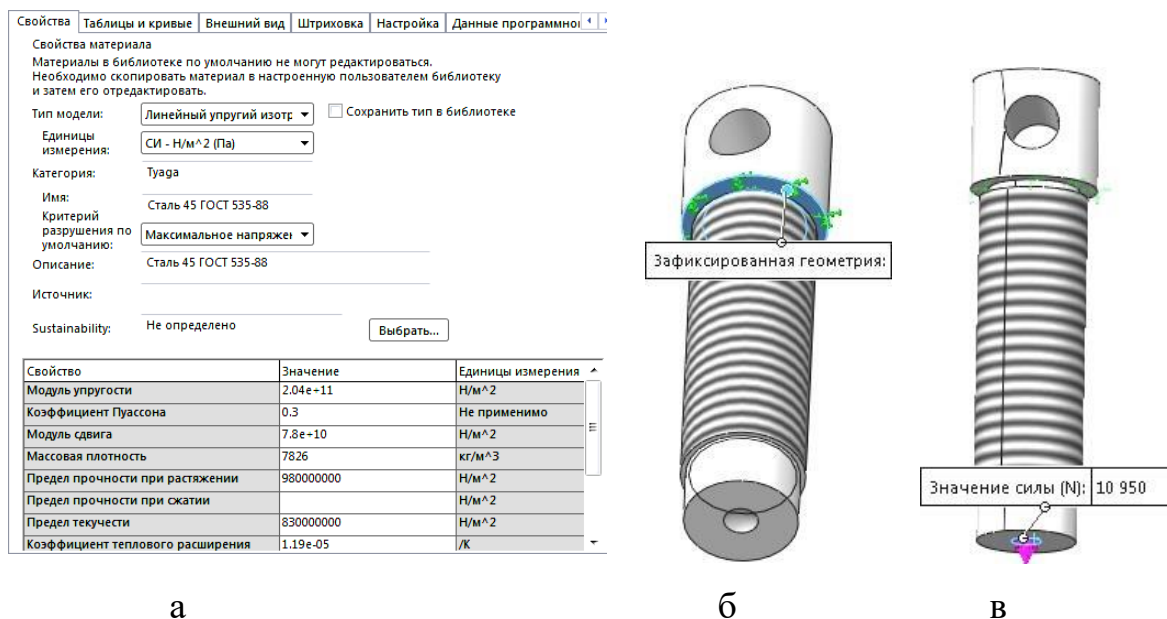


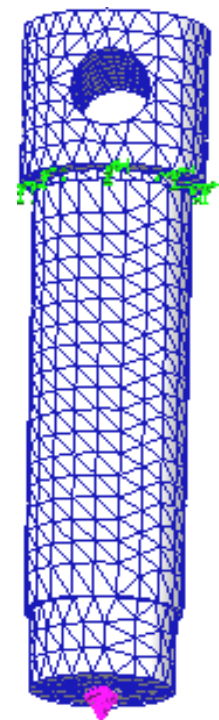
Рис. 2. Призначення матеріалу гвинта (а), дефініція його опори (б) та прикладення навантаження (в)

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 кульку радіусом R6 (див. рис. 1, а).

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

Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 1 (-По умол'
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана для сетки высокого качества	4 точек
Размер элемента	3,59097 mm
Допуск	0,179548 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	11937
Всего элементов	7646
Максимальное соотношение сторон	5,2601
Процент элементов с соотношением сторон < 3	98,7
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0
Процент искаженных элементов	0
Число искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:04

а



б

Рис. 3. Параметри сітки (а) та її відображення на твердому тілі (б)

Подальшими розрахунками встановлюються максимальні параметри статичного аналізу: напруження у гвинті, $\sigma = 2,766e+08 \text{ N/m}^2$ (вузол 2 – рис. 4, а); результуюче переміщення $h = 1,456e-02 \text{ мм}$ (вузол 2 – рис. 4, б); максимальна еквівалентна деформація $\delta = 8,683e-04$ (елемент 2070 – рис. 4, в). При цьому мінімальний запас міцності $n_T = 3,000e+00$ (вузол 8621), що відповідає допустимому $[n_T] = 3$.

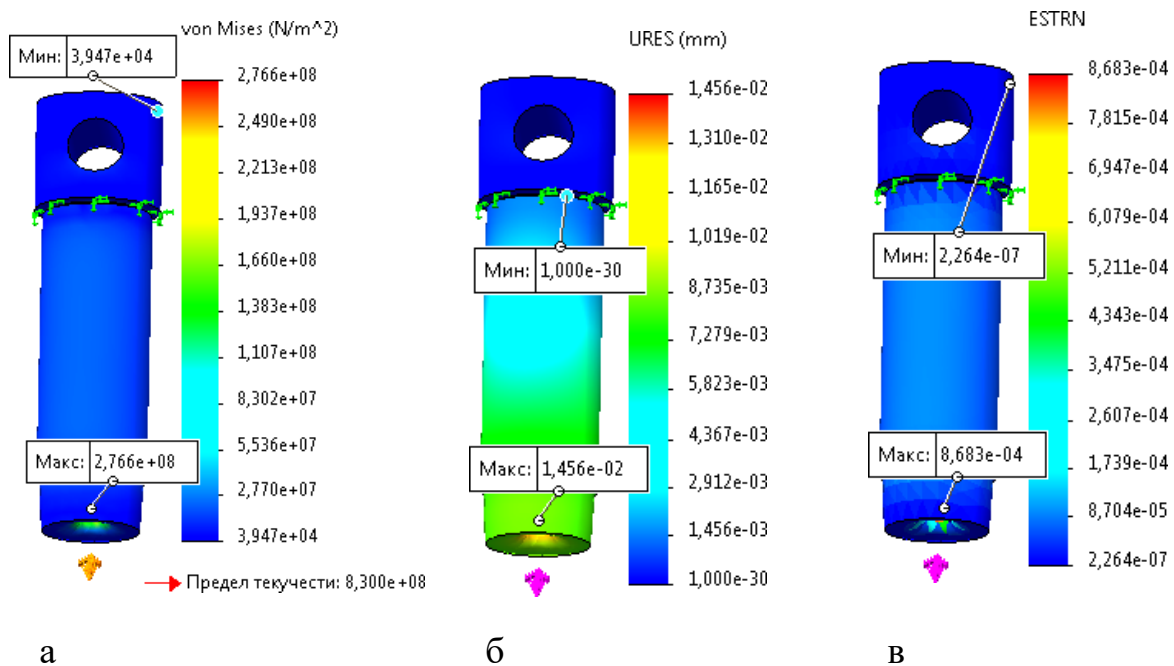


Рис. 4. Контурні графіки сумарних: напружень von Mises (а), переміщень URES (б), еквівалентних деформацій ESTRN (в) гвинта

Таким чином, за допомогою CAD-системи SW та її додатку – CAE-системи SW Simulation доведена працездатність чергової деталі досліджуваного знімача підшипників – гвинта.

Оже, 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 чи інший додаток. Така організація роботи дозволяє у процесі навчання побудувати модель конструкції на якісно новому рівні й підготувати слухачів до використання сучасних інструментаріїв інженера. Наочність, зрозумілість суті поставленої задачі – це SW [8].

Список використаних джерел

1. Рудик Олександр. Підготовка висококваліфікованих фахівців автомобілебудування на базі застосування SolidWorks / О. Рудик, В. Посполіта // Актуальні проблеми в системі освіти: заклад загальної середньої освіти –

доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9 червня 2020 р., м. Київ, Національний авіаційний університет / наук. ред. Н.П. Муранова. – 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. Barca Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. URL: conf.cbttpu/sci-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-eurasian-scientific-congress-27-28-yanvary-a-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/

3. Боровик О.В. Застосування SolidWorks Simulation у навчальному процесі / О.В. Боровик, О.Ю. Рудик, В.С. Паска // Актуальні проблеми в системі освіти: заклад загальної середньої освіти – доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції, 18 квітня 2019 р., м. Київ, Національний авіаційний університет / наук. ред. Н.П. Муранова. – К. : НАУ, 2019. – С. 39-42. – Режим доступу: http://iioi.nau.edu.ua/images/docs/conference/aktualni_problemy/Збірка_Конференція_2019.pdf

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

5. Рудик О.Ю. Дослідження працездатності гайки знімача підшипників / О.Ю. Рудик, 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/uc?export=download&confirm=93Kt&id=11jzf1E9XsONk-ptZCOMKawcUP9Lug4aK>

6. Рудик О.Ю. Застосування інформаційних технологій для дослідження працездатності тяги знімача підшипників / О.Ю. Рудик, П.В. Каплун, О.Я. Жарюк // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої 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. Потапська Н.М. Використання SolidWorks Simulation для аналізу напруженого стану деталей / Н.М. Потапська, В.В. Сторожук, О.Ю. Рудик // Класичні та прикладні аспекти спадкоємної 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. 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. – Режим доступу: <http://sci-conf.com.ua/ii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-science-society-education-topical-issues-and-development-prospects-20-21-yanvary-2020-goda-harkov-ukraina-arhiv/>