

**Рудик Олександр Юхимович  
Немирович Назарій Володимирович  
Кривіцький Ярослав Васильович  
Савельєв Владислав Миколайович**

## **SOLIDWORKS ЯК ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ**

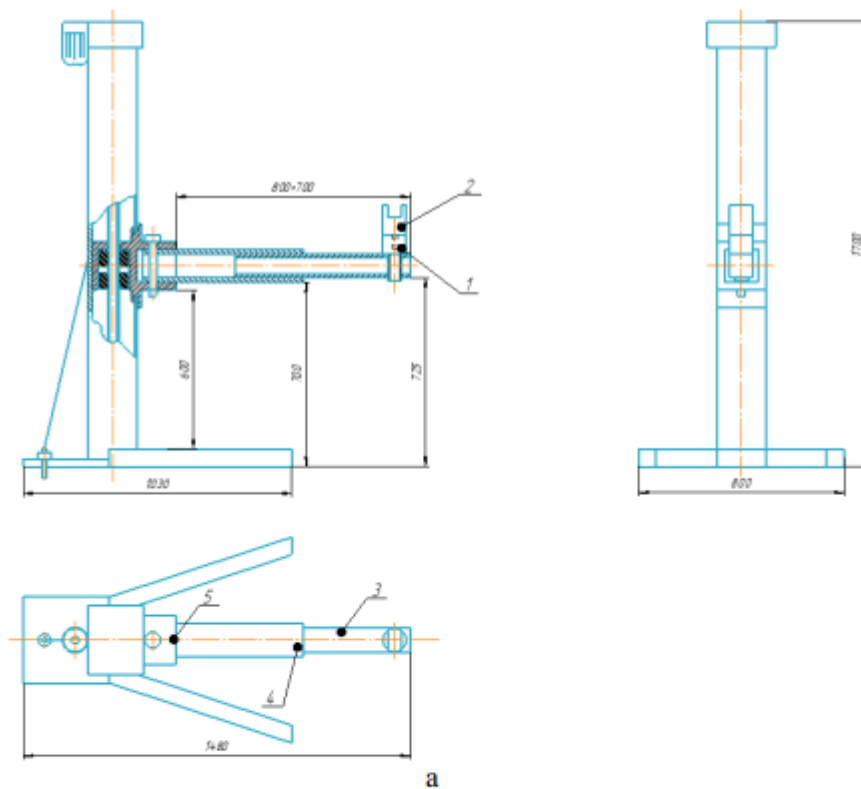
У Хмельницькому національному університеті з 2011 р. функціонує центр SolidWorks, де студенти мають можливість проходити навчання та складати міжнародні сертифікаційні іспити на підтвердження знань методів комп'ютерного 3D-моделювання та інженерного аналізу [1]. Відомо, що сертифікати CSWA (Certified SolidWorks Associate) та CSWP (Certified SolidWorks Professional) розглядаються як в Україні, так і у світових компаніях як перевага при працевлаштуванні. В результаті грантового фінансування, наданого університету з боку компанії Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. (США, Франція), студенти працюють з найсучаснішими версіями SolidWorks як в комп'ютерних класах університету, так і на домашніх комп'ютерах. У результаті проведеної сертифікації CSWA лише у 2023 р. ще 26 студентів університету отримали сертифікати SolidWorks базового рівня.

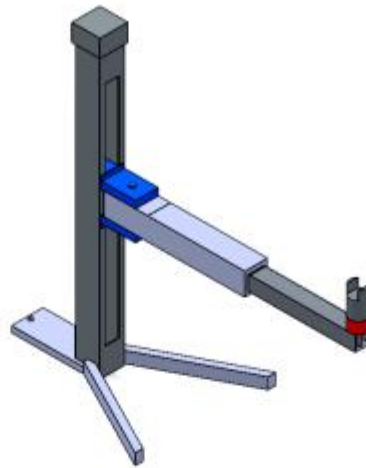
Загалом, якісна вища технічна освіта на сьогоднішній день вже неможлива без всебічного використання сучасних систем автоматизованого проектування, комп'ютерного 3D-моделювання та інженерного аналізу. SolidWorks є однією з найпотужніших таких систем, так як широко використовується як на

машинобудівних підприємствах в усьому світі в різних галузях промисловості, так і на провідних промислових підприємствах України для комп'ютерного 3D-проектування деталей, вузлів та машин будь-якої складності та призначення [2, 3].

Так, з метою заощадження часу на технічне обслуговування і поточний ремонт автомобілів доцільно використовувати піднімачі. Наприклад, хетчбек Ford Fiesta [4] простіше підняти для обслуговування під поріг (за раму). Для цього спроектоване спеціальне пристосування (рис. 1, а). Щоб уніфікувати перевірку працездатності його деталей, у SolidWorks створена 3D-модель піднімача (рис. 1, б).

Мета даної роботи полягала у перевірці міцнісних параметрів однієї з найбільш навантаженої деталі спроектованого піднімача – кріплення за раму (надалі «деталь» – поз. 2 на рис. 1; рис. 2) з використанням додатку 3D-системи твердотільного параметричного моделювання SolidWorks – SolidWorks Simulation [5, 6]. Ця деталь угвинчується у нижню опору піднімача.

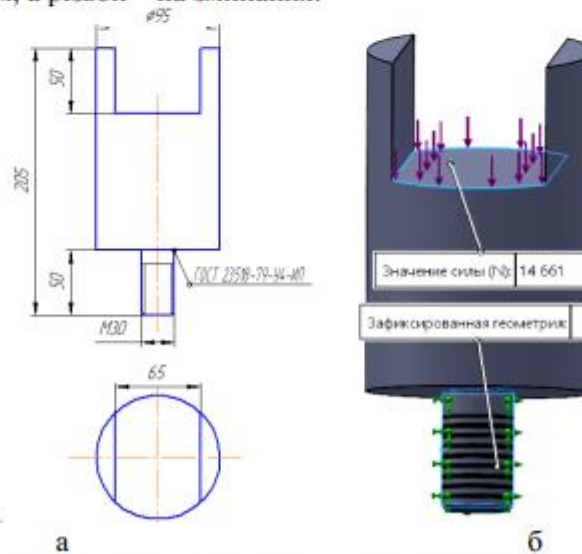




б

Рис. 1. Складальне креслення (а: 1 – нижня опора, 2 – кріплення за раму, 3 – висувна опора, 4 – нерухома опора, 5 – кронштейн) і створена у SolidWorks 3D-модель піднімача (б)

Розрахунок деталі проводили з урахуванням того, що вся вага Ford Fiesta (1495 кг = 14661 Н) сприймається тільки одним піднімачем у початковий момент обслуговування хетчбека. Навантаження розподіляється по осі кріплення деталі, тому перевірку її працездатності здійснювали на стискуванні циліндра з фрезерованим пазом, а різьби – на змінання.



а

б

Рис. 2. Креслення деталі (а) та її 3D-модель із закріпленням та заданням області прикладення навантажень (б)

У додатку SolidWorks Simulation методом скінченних елементів провели статичний аналіз моделі деталі для отримання картини її напружено-деформованого стану [7]:

– призначили матеріал, з якого вона виготовлена (сталь 12X18Н10Т ГОСТ 4543-71);

– наклали граничні умови (закріплення моделі та задання області прикладення навантажень – рис. 1, б);

– створили скінченно-елементну модель деталі (деформоване тіло розбивається на скінченні елементи – рис. 3, які можуть мати різну форму та розміри; в результаті розбиття створюється сітка з границь елементів, перетини яких утворюють вузли; на межах та всередині елементів можуть бути створені додаткові вузлові точки; ансамбль з усіх скінченних елементів і вузлів є основою скінченно-елементної моделі тіла).

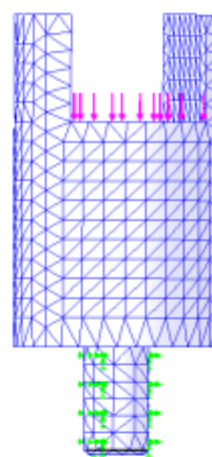
На цьому етапі усі підготовчі операції виконані, тому перейшли до проведення розрахунку – SolidWorks Simulation:

– в автоматичному режимі буде епюри, які характеризують напружено-деформований стан деталі після прикладення навантаження (рис. 4);

– після закінчення процедури генерує файл звіту, в якому відображаються усі етапи проведеного дослідження.

Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 1* (-По умолчанию)
Детализация/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	9.47952 mm
Допуск	0.473976 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	10747
Всего элементов	6672
Максимальное соотношение сторон	4.6177
Процент элементов с соотношением сторон < 3	99.7
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0
Процент искаженных элементов	0
Число искаженных элементов	0
Заново создать независимую сетку из неудавшихся деталей	Выкл
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:01
Имя компьютера	

а



б

Рис. 3. Параметри скінченно-елементної сітки деталі (а) та її відображення на твердому тілі (б)

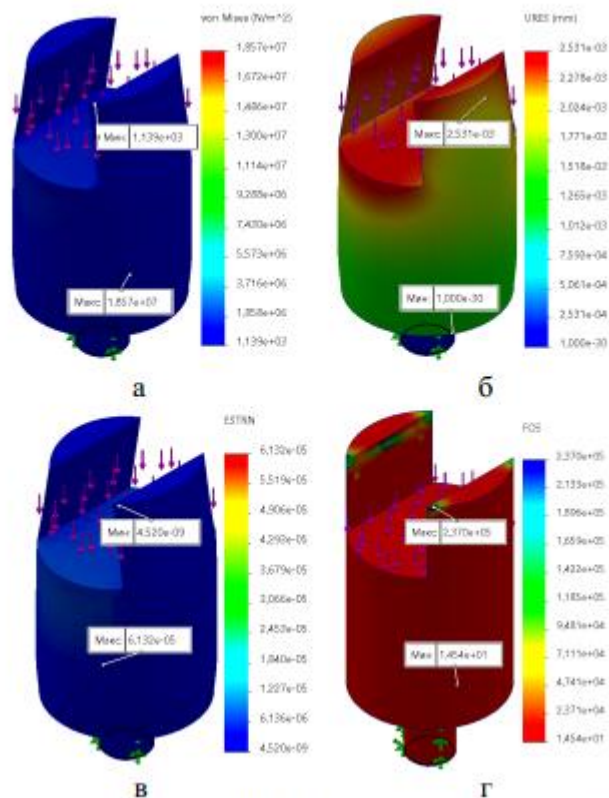


Рис. 4. Епюри розподілу максимальних вузлових напружень Von Mises (а), переміщень URES (б), еквівалентних деформацій ESTRN, коефіцієнту запасу міцності FOS деталі

Аналізуючи наведені на рис. 4 епюри, бачимо, що максимальні значення напружень, переміщень і деформацій набагато менші допустимих значень. Таким чином, міцнісні параметри деталі (кріплення за раму) забезпечують її статичну міцність (мінімальний коефіцієнт запасу міцності  $n = 14,54$ , що більше допустимого  $[n] = 1,5$ ). Але для остаточного висновку відносно працездатності піднімача необхідно провести аналогічні розрахунки для інших його деталей.

#### Список використаних джерел

1. Міжнародна сертифікація SOLIDWORKS: 26 студентів університету отримали статус сертифікованих спеціалістів. – URL: [https://solidworks.khmmu.edu.ua/cswa\\_2023/](https://solidworks.khmmu.edu.ua/cswa_2023/)
2. 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.
3. Рудик О. Застосування SolidWorks для підготовки висококваліфікованих фахівців / О. Рудик, П. Каплун, В. Гончар // Актуальні проблеми в системі освіти: заклад загальної середньої освіти – доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 17 лютого 2022 р., м. Київ, Національний авіаційний університет. К.: НАУ, 2022. С. 699-706.

- 
4. Технічні характеристики Ford Fiesta (Ford Fiesta 6 1.4). Режим доступу: <https://auto.ria.com/uk/car/ford/fiesta/1734255/tth/>
  5. 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.
  6. 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, 2023. № 1(32). С. 148-170.
  7. 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.