

## **ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS SIMULATION У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

**Латківський Валерій**

**Наукові керівники: докт. техн. наук, проф. Боровик О.В.**

*Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана  
Хмельницького, м. Хмельницький, Україна*

**канд. техн. наук, доцент Рудик О.Ю.**

*Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна*

*Розглядається застосування SolidWorks Simulation для міцнісного розрахунку маточини зубчастої механізму підйому крана: використання методу чисельного моделювання у навчальному процесі збільшує можливості постановки навчальних задач і керування процесом їх виконання. Розрахунками встановлені: максимальне напруження, яке виникає у маточині; її максимальне результуюче переміщення, максимальна еквівалентна деформація та мінімальний запас міцності. Отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження при визначенні граничних можливостей маточини.*

*Ключові слова: SolidWorks Simulation, міцність, механізм підйому крана, маточина.*

**There is application SolidWorks Simulation in an educational process**

**V. Latkivskyi**

**Scientific supervisors: Doctor of Technical Sciences, Professor Borovyk O.V.**

*The Bogdan Khmelnytskyi National academy of Government boundary service of Ukraine,  
Khmelnytskyi, Ukraine*

**Candidate of Technical Sciences, associate professor Rudyk O.Y.**

*Khmelnytskyi National university, Khmelnytskyi, Ukraine*

*Application is examined SolidWorks Simulation for durability calculation hub of toothed to the mechanism of getting up of faucet: the use of the numerical simulation method in the educational process increases the possibility of setting educational tasks and managing the process of their implementation. Estimates are: the maximum stress that occurs in the hub; its maximum resultant displacement, the maximum equivalent deformation and the minimum safety margin. The obtained results confirm the relevance of the research in determining the marginal possibilities of the hub.*

*Keywords: SolidWorks Simulation, durability, mechanism of getting up of faucet, hub.*

**Постановка проблеми.** Законами України «Про вищу освіту», «Про

основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки», Національною доктриною розвитку освіти України в ХХІ столітті, Указом Президента України «Про заходи щодо забезпечення пріоритетного розвитку освіти в Україні» та іншими документами передбачається забезпечення ефективного впровадження та використання інформаційних технологій (ІТ) на всіх освітніх рівнях усіх форм навчання.

Використання ІТ у професійній діяльності дозволяє оптимізувати зміст навчання, модернізувати методи та форми організації наукової діяльності, забезпечити високий науково-методичний рівень викладання, а також надає широкі можливості для суттєвого підвищення якості навчального процесу, підвищує як рівень засвоєння знань, так й інтерес до навчання в цілому.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Діяльність інженерів у сучасній професійній реальності носить багатофункціональний характер. Вона включає проектування технологічних процесів і вибір технологічного устаткування, контроль за правильною експлуатацією техніки, раціональну організацію взаємодії людей і техніки, підвищення ефективності її використання тощо. Швидка зміна технологій вимагає постійного перенавчання технічних спеціалістів. Тому задача підвищення ефективності та якості вищої інженерної освіти в даний час актуальна як ніколи.

Традиційна в основному лекційно-семінарська система викладання повинна змінитися більшою самостійністю курсантів і студентів в досягненні результатів освітнього процесу, активними формами навчання. Такі зміни дозволять готувати спеціалістів, здатних швидко адаптуватися до змін у вибраній галузі, проявляти ініціативу, брати на себе відповідальність за ухвалені рішення, ефективно працювати в команді.

Відповідно до нових потреб виробництва змінюються й освітні стандарти підготовки інженерів, відповідно до яких випускники технічних вузів, крім традиційних знань, умінь і навичок, повинні володіти професійними компетенціями вільного володіння системами автоматизованого проектування (САПР), оскільки сучасне виробництво потребує спеціалістів, які володіють

технологіями програмного геометричного моделювання [1].

Головною метою сучасної графічної підготовки інженерів механічного профілю є 3D-моделювання, оскільки на всіх стадіях життєвого циклу виробів присутні інформаційні моделі, до числа яких входять 3D геометричні моделі. При необхідності 3D-модель перетворюється в 2D-модель, тобто креслення виробу. До таких САПР, орієнтованих на вирішення задач в області технічної механіки й машинобудування, відносяться програмні комплекси PCAD, Accel EDA, LabView, AutoCAD, PiCad, ArhiCAD, Компас, Inventor, SolidWorks, T-FLEX, Pro/Engineer, CATIA, ANSYS, FEMAP, ADAMS, Simatron, T-Flex, APM WinMachine тощо. Тільки глибокі знання фізичних процесів, явищ, закономірностей у технічних виробках дозволяють правильно оцінити ступінь адекватності моделей, вживаних при вивченні та проектуванні нової техніки. Тому застосування в учбовому процесі вищенаведених програмних комплексів забезпечить, на наш погляд, модернізацію вищої технічної освіти в Україні.

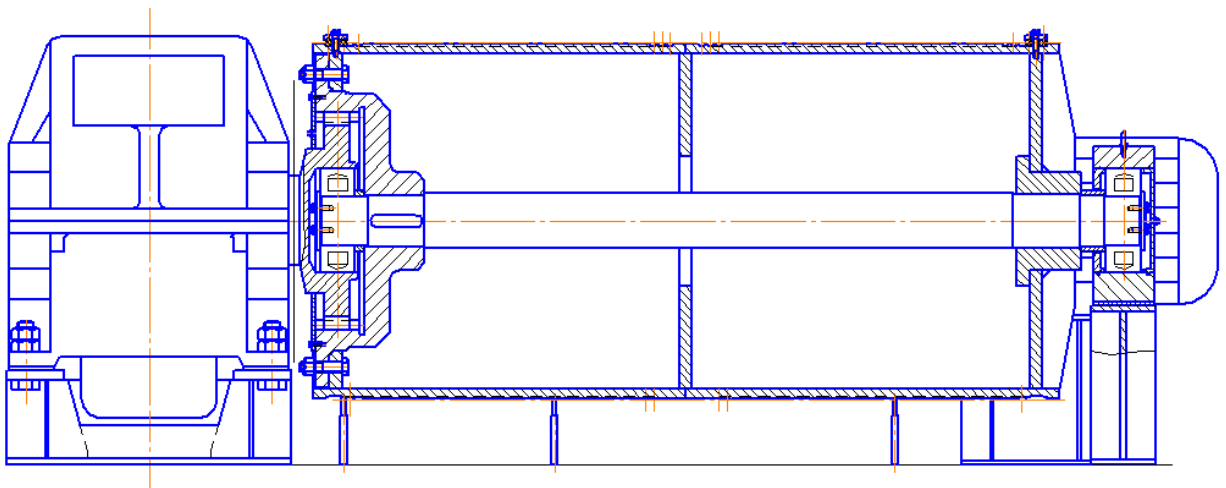
Наприклад, Solidworks – система автоматизованого проектування, інженерного аналізу й підготовки виробництва виробів будь-якої складності й призначення, що є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу у відповідності з концепцією CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками та створення інтерактивної документації [2].

SolidWorks 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.

SolidWorks Simulation [3] – додаток до SolidWorks, призначений для розв'язування задач механіки деформованого твердого тіла методом скінченних елементів (чисельного моделювання). Це програмне забезпечення для

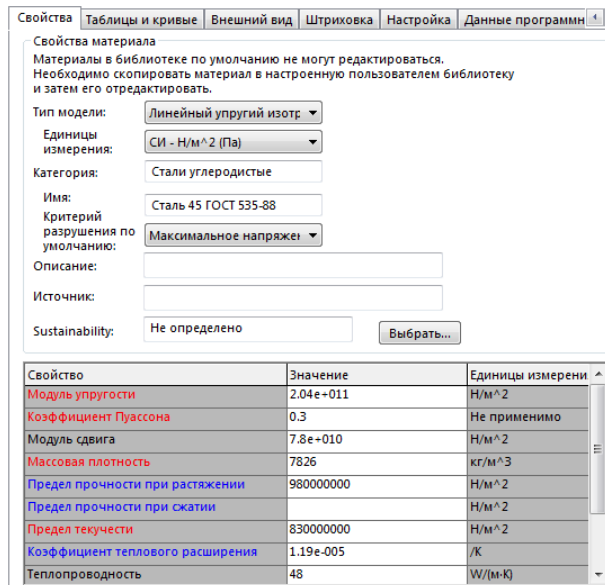
розрахунків на статичну міцність і стійкість у лінійній і нелінійній постановці, виділення власних частот, оптимізації форми деталей і складань у лінійній постановці, аналізу втоми й поведінки конструкції при падінні. Програма використовує геометричну модель деталі або складання SolidWorks для формування розрахункової моделі. Інтеграція з SolidWorks дає можливість мінімізувати операції, зв'язані зі специфічними особливостями скінченно-елементної апроксимації.

**Мета статті.** Застосування SolidWorks Simulation у навчальному процесі розглянемо на прикладі міцнісного розрахуну маточини зубчастої механізму підйому крана (рис. 1): у системі підйомно-транспортних пристроїв є машини, що працюють періодично – це вантажопідйомні крани, в яких основним механізмом є механізм підйому, а в ньому одна з найбільш навантажених деталей – маточина зубчата.



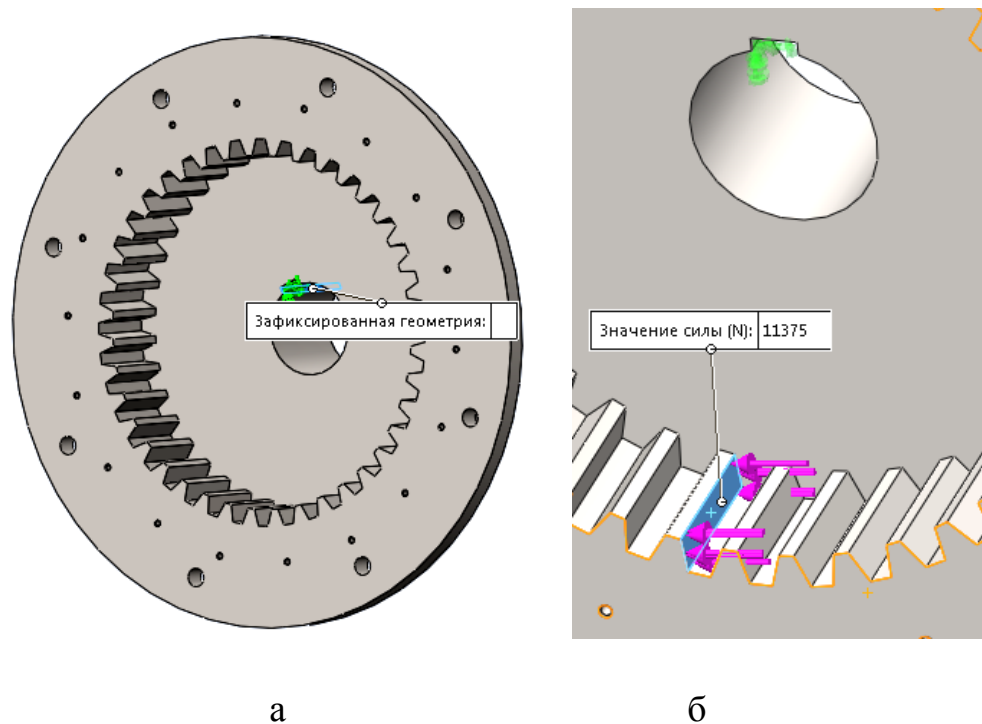
**Рис. 1. Загальний вигляд механізму підйому крана**

Отже, проведемо статичний аналіз маточини зубчастої, матеріалом якої є сталь 45 ГОСТ 535-88. У бібліотеці SolidWorks її границя міцності на розтяг складає 980 МПа (рис. 2).



**Рис. 2. Призначення матеріалу маточини зубчастій**

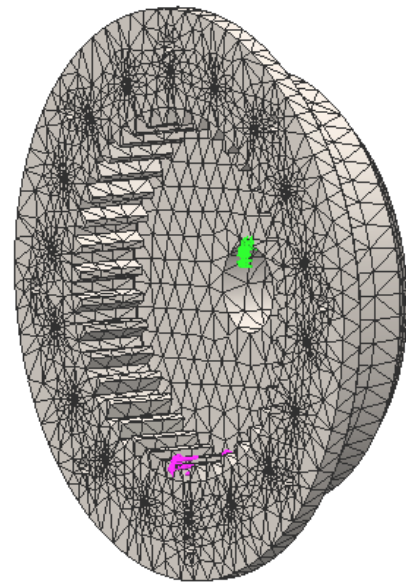
Дефініція опор маточини та прикладення навантаження відображені на рис. 3.



**Рис. 3. Дефініція опор маточини (а) та прикладення навантаження (б)**

Розділення на елементи, тобто побудова сітки скінченних елементів, є першим етапом розрахунку (рис. 4).

Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический анализ 1 [
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана	4 точек
Размер элемента	44.4288 mm
Допуск	2.22144 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	30026
Всего элементов	17537
Максимальное соотношение сторон	18.774
Процент элементов с соотношением сторон < 3	83.4
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0.604
% искаженных элементов (якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:12



а

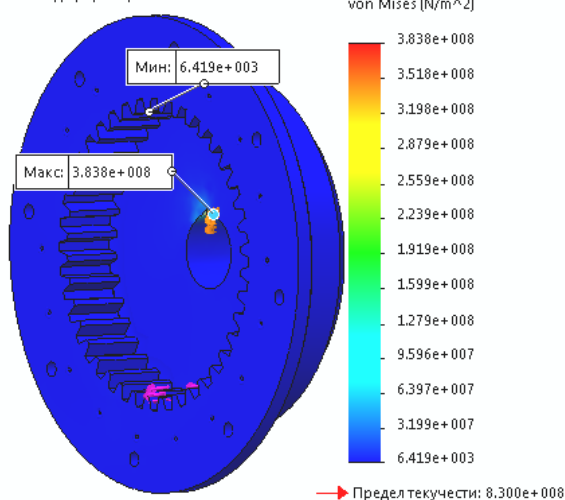
б

**Рис. 4. Параметры сітки (а) та її відображення на твердому тілі (б)**

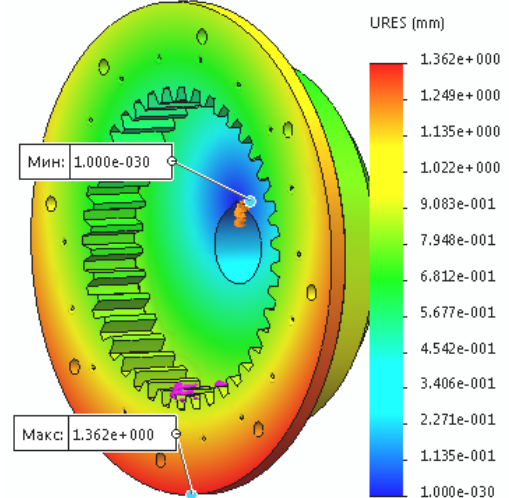
Розрахунками встановлено:

- максимальное напряжение, яке виникає у маточині,  $\sigma = 383,804$  МПа (вузол 26998– рис. 5, а);
- максимальное результирующее перемещение  $h = 1,36248$  мм (вузол 20250– рис. 5, б);

Имя модели: Matochyna0  
 Название исследования: Статический анализ 1-(По умолчанию-)  
 Тип эпюры: Статический анализ узловое напряжение Напряжение1  
 Шкала деформации: 75.6624



Имя модели: Matochyna0  
 Название исследования: Статический анализ 1-(По умолчанию-)  
 Тип эпюры: Статическое перемещение Перемещение1  
 Шкала деформации: 75.6624



**Рис. 5. Контурні графіки сумарних напружень von Mises (а) та переміщень URES (б)**

- максимальна еквівалентна деформація  $\delta = 0,000719131$  (елемент 13065);
- мінімальний запас міцності  $k = 2,16256$  (вузол 26998), що менше допустимого  $[k] = 1,5$ .

**Висновки.** Таким чином, розрахунки гарантують міцність маточини, а використання методу чисельного моделювання у навчальному процесі збільшує можливості постановки навчальних задач і керування процесом їх виконання. Змінюючи при чисельному моделюванні деякі вхідні параметри, можна прослідити за змінами, які відбуваються з моделлю. Основна перевага методу полягає у тому, що він дозволяє не тільки спостерігати, але і передбачити результат експерименту за якихось особливих умов.

Отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження при визначенні граничних можливостей маточини. Отже, правильно поставлений і керований процес засвоєння курсантами та студентами методів і засобів машинного проектування стимулює їх інтерес до глибшого і творчого вивчення фундаментальних і спеціальних дисциплін, що в результаті дозволить підняти на вищий рівень їх освітній та професійний рейтинг. Крім цього, підготовка спеціалістів, які володіють інструментарієм САПР та уміють вирішувати конкретні задачі сучасного виробництва, дозволяє інтенсифікувати учбовий процес, який, особливо останніми роками, все більше зближується та переплітається з виробництвом. Проте, перевагу потрібно віддавати тим програмним комплексам, які найкращим чином розвивають інтелектуальні здібності курсантів і студентів й дозволяють їм розумно підходити до технічних змін. На наш погляд, використання у навчанні ІТ, відповідних світовому рівню, – єдино можливий сьогодні шлях поступального розвитку вітчизняної системи освіти, і, в першу чергу, вищої школи.

#### Список літератури

1. Рудик О.Ю. Шляхи модернізації вищої технічної освіти в Україні / О.Ю. Рудик, О.В. Гаврилюк // Педагогічні ідеї Софії Русової у контексті сучасної освіти: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., присвяченої 160-річчю від дня народження С.Ф. Русової. – Чернігів : Десна Поліграф, 2016. – С. 192–195.

2.Рудик О.Ю. Застосування SolidWorks у навчанні предметів технічного (інженерного) циклу / О.Ю. Рудик, В.В. Герасімчук // Нові інформаційні технології в освіті для всіх (ІТЕА-2015): Матеріали X міжнародної конференції (26-27 листопада 2015 р. – Київ, Україна). – Київ: НАНУ, т. 2, 2015. – С. 132–135.

3.Рудик О.Ю. Застосування інформаційних технологій для розрахунку скоби знімача підшипника / О.Ю. Рудик, О.В. Синиця // Інформаційні технології-2017: зб. тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 18 трав. 2017 р., м. Київ / Київ. ун-т ім. Б. Грінченка; відповід. за вип.: М.М. Астаф'єва, Д.М. Бодненко, В.П. Вембер, О.М. Глушак, О.С. Литвин, Н.П. Мазур. – К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2017. – С. 346–347.