

УДК 629.113

О. Ю. Рудик, С. В. Псьол, В. В. Речицький

Хмельницький національний університет,

Національна академія Державної прикордонної служби України

ім. Б. Хмельницького

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ
АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS SIMULATION
RESEARCH OPERABILITY OF DETAILS AUTOMOBILE
USING SOLIDWORKS SIMULATION**

Анотація: за допомогою CAD/CAM/CAE-системи SolidWorks досліджувалась працездатність переднього мосту автомобіля ЛуАЗ-1302. Визначили максимальні напруження, переміщення, деформації, мінімальний запас міцності сателітів диференціала.

Abstract: with the help of the CAD/CAM/CAE-system SolidWorks the performance of the front axle of the LuAZ-1302 car was investigated. The maximum stresses, displacements, deformations, and the minimum margin of safety of the satellites of the differential were determined.

Для підтримки процесу проектування технічних об'єктів розроблені вбудовані інформаційні системи автоматизованого проектування (САПР). Характерним прикладом комплексної САПР є CAD/CAM/CAE-система SolidWorks [1, 2].

CAD-системи (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування – програми креслення) призначені для рішення конструкторських задач та оформлення конструкторської документації (їх ще називають САПР). Як правило, у сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі) та оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей тощо). Головні тривимірні CAD-системи дозволяють реалізувати ідею наскрізного циклу підготовки і виробництва складних промислових виробів.

CAM-системи (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) призначені для проектування виготовлення виробів на верстатах із числовим програмним керуванням і видачі програм для цих верстатів (токарих, фрезерувальних, свердлувальних, шліфувальних тощо). CAM-системи ще називають системами технологічної підготовки виробництва. У даний час вони є практично єдиним способом для виготовлення складнопрофільних деталей і скорочення циклу їхнього виробництва. У CAM-системах використовують тривимірну модель деталі, створену в CAD-системі.

CAE-системи (computer-aided engineering – підтримка інженерних розрахунків) – це клас систем, кожна з яких дозволяє вирішувати визначену розрахункову задачу (групу задач), починаючи від розрахунків на витривалість, аналізу і моделювання теплових процесів до розрахунків гідравлічних систем і машин, процесів ливарного виробництва тощо. У CAE-системах також використовується тривимірна модель виробу, створена в CAD-системі. CAE-системи ще називають системами інженерного аналізу.¶

Функції CAE-систем досить різноманітні, оскільки пов'язані з проектними процедурами аналізу, моделювання, оптимізації проектних рішень. До складу CAE-систем включають програми моделювання полів фізичних величин, зокрема аналізу міцності. Він найчастіше виконується відповідно до методу скінченних елементів (MSE).¶

Суть MSE полягає в апроксимації суцільного середовища з нескінченно великим числом ступенів вільності сукупністю підобластей (або елементів), які мають скінченне число ступенів вільності [3]. Між цими елементами встановлюється взаємозв'язок.¶

Диференціал – це механізм в автомобілі, який розподіляє крутний момент карданного валу трансмісії між ведучими колесами передньої або задньої осі (залежно від типу приводу), дозволяючи кожному з них обертатися без буксування.¶

При прямилоїнійному русі, коли колеса навантажені однаково і мають різну кутову швидкість обертання, механізм працює як передавальна ланка. Якщо умови руху змінюються (поворот, буксування), навантаження стає нерівномірним. У півосей з'являється необхідність обертатися з різними швидкостями, і, як наслідок, стає необхідним розподілити отриманий крутний момент між ними у певному співвідношенні. Тоді вузол виконує другу важливу функцію: забезпечення безпечного маневрування автомобіля (усувається буксування та ковзання коліс і кожне обертається з тією швидкістю, яка необхідна для безпечного руху).¶

Конічний диференціал – це планетарний редуктор, який включає півосьові шестерні з сателітами, поміщеними в корпус (чашку диференціала) і сприймає крутний момент від головної передачі. Він передає його через сателіти на півосьові шестерні.¶

Сателіти забезпечують з'єднання корпусу та півосьових шестерень. При прямилоїнійному русі колеса зустрічають рівний опір дороги. Крутний момент від головної передачі передається на корпус диференціала, разом із яким переміщуються сателіти. Вони, оббігаючи півосьові шестерні, передають крутний момент на ведучі колеса в

рівному співвідношенні. Так як сателіти на ослях не обертаються, півсьові шестерні рухаються з рівною кутовою швидкістю. При цьому частота обертання кожної із шестерень рівна частоті обертання веденої шестерні головної передачі.¶

При повороті внутрішнє ведуче колесо зустрічає більший опір, ніж зовнішнє. Внутрішня півсьова шестерня сповільнюється і змушує сателіти обертатися навколо своєї осі, які, у свою чергу, збільшують частоту обертання зовнішньої півсьової шестерні. Рух ведучих коліс із різними кутовими швидкостями дозволяє проходити поворот без буксування.¶

Як приклад застосування CAD/CAM/CAE-систем проведено дослідження працездатності сателітів диференціала переднього мосту вантажопасажирського позашляховика ЛуАЗ-1302 «Волинь» з двигуном МемЗ-245-20 потужністю 53 к.с. (передаточні числа головної передачі 3,875, першої передачі коробки передач 3,454).¶

Навантаження на зуб сателіту (9410,8 Н; для розрахунків прийняли 9411 Н) визначили з умови, що колова сила розподілена порівну між усіма сателітами.¶

На першому етапі комп'ютерного моделювання у SolidWorks створили 3D-модель сателіту. На другому – до моделі застосували програмний модуль SolidWorks Simulation: вибирали тип дослідження напружено-деформізного стану – статичний аналіз [3]. При його проведенні призначили матеріал сателіту (сталь 20ХН3А), вибрали місце зрізнення і приклали зовнішнє навантаження (рис. 1).¶

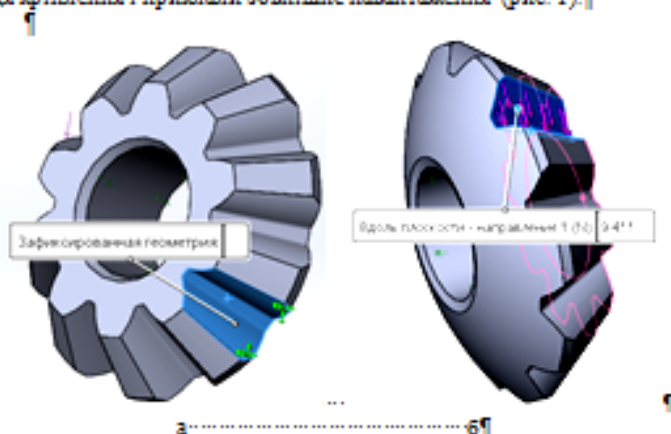


Рисунок 1 – Закріплення сателіту (а) та прикладення до нього навантаження (б)¶

Потім поділити модель сателіту на малі елементи (вузли) простого формату (елементи), з'єднані у спільних точках (вузлах). При цьому програма аналізу скінченних елементів SolidWorks Simulation розглянула модель як мережу дискретних зв'язаних між собою елементів (сітки [4]) з наступними параметрами: число точок Лябіана - 4, розмір елемента - 2,45872 мм, допуск - 0,122936 мм, всього вузлів - 12289, всього елементів - 7730.¶

Програмою забезпечених SolidWorks Simulation, враховуючи з'єднання між елементами, розроблена алгебраїчні рівняння, які пов'язують реакцію з властивістю матеріалу, обмеження і навантаження. Після упорядкування рівнянь у велику спільну систему для сателіту обчислюється напруження Von Mises (рис. 2, а), переміщення URES (рис. 2, б), еквівалентна деформація ESTRN (рис. 2, в), запас міцності FOS (рис. 2, г).¶

¶

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження1	VON: Напруження Von Mises	3,979e+05N/m ² Вузол: 10794	1,760e+08N/m ² Вузол: 10447

а¶

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результуюче переміщення	0,000e+00mm Вузол: 147	2,019e-02mm Вузол: 267

б¶

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	7,281e-07 Елемент: 3674	5,920e-04 Елемент: 1743

в¶

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Запас міцності1	Авто	4,176e+00 Вузол: 10447	1,847e+03 Вузол: 10794

г¶

Рисунок 2 — Результати розрахунків сателіту:¶
вузлові напруження (а), переміщення (б), еквівалентна деформація (в),
запас міцності (г)¶

¶

Так як мінімальний запас міцності FOS становить $k = 4,176$, тобто вище допустимого $[k] = 2,5$, то сателіт є справді надійним.¶

Також чинно, за результатами напружено-деформітного стану сателіту після прикладення статичного навантаження можна говорити

про адекватність побудованої моделі й перспективах комп'ютерного моделювання.】

За допомогою віртуальної моделі став можливий аналіз не тільки напружень, переміщень й еквівалентних деформацій сателіту, але й його запасу міцності. Додатковими перевагами моделювання у середовищі SolidWorks Simulation є легкість графічного представлення результатів досліджень.】

¶

Перелік посилань¶

1. Rudyk O. Yu. SolidWorks як інтегрований засіб комплексного моделювання автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Діка // «Системи технологій» 3- (128). – 2020. – С. 21-35. – Режим доступу: <http://elab.kh.ua/jspui/handle/123456789/88789>

2. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, П. В. Калчук. – Режим доступу: <http://elab.kh.ua/jspui/handle/123456789/8631>¶

3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation для забезпечення професійної підготовки майбутніх випускників [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, А. В. Ружарський. – Режим доступу: <http://elab.kh.ua/jspui/handle/123456789/84169>

4. 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. Bases Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. – Access mode: <http://sci-conf.com.ua/i-meshdunavodnavo-nazchno-praktichniskavikonfornciiva-ovnan-scientific-congress-27-28-novbrva-2020-goda-barcelona-izpansiya-ashiv/>¶

¶