

## **СПІЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ CAE/CAD ТА MathCAD В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ**

Франко В.М. (студ., 4 курс)

Науковий керівник – доц. Рудик О.Ю.

*Хмельницький національний університет*

Однією з основних областей застосування персональних комп'ютерів є науково-технічні та математичні розрахунки. Тому сучасні програмні пакети, призначені для виконання таких досліджень, розвиваються у напрямі створення максимальної зручності для користувача при роботі з достатньо складними за внутрішнім змістом засобами. Вважається добрим тоном мати великий набір засобів відображення результатів в графічному вигляді, що дозволяє інженеру значно більше часу приділити основному об'єкту дослідження.

Застосування комп'ютерів в наукових дослідженнях є необхідною умовою вивчення складних систем. Традиційна методологія взаємозв'язку теорії та експерименту повинна бути доповнена принципами комп'ютерного моделювання. Ця нова ефективна процедура дає можливість цілісного вивчення поведінки найскладніших систем як природних, так і створюваних для перевірки теоретичних гіпотез.

Використання комп'ютерних моделей перетворює комп'ютер на універсальну експериментальну установку. Комп'ютерний експеримент дешевий і безпечний, у ньому забезпечений повний контроль за всіма параметрами системи і вдається ставити "принципово неможливі" експерименти.

Суть комп'ютерного моделювання полягає в отриманні кількісних та якісних результатів по існуючій моделі. Якісні висновки, які отримуються за наслідками аналізу, дозволяють виявити невідомі раніше властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку, стійкість, цілісність тощо.

Кількісні висновки в основному носять характер прогнозу деяких майбутніх або пояснення минулих значень змінних, які характеризують систему.

У наших дослідженнях фізичні процеси, які характеризують напружено-деформований стан твердого тіла, моделюються 3D системою твердотілого параметричного моделювання SolidWorks [1], а, точніше, її додатком SolidWorks Simulation. Він використовує геометричну модель деталі для формування розрахункової моделі. Інтеграція з SolidWorks дає можливість мінімізувати операції, пов'язані зі специфічними особливостями кінцево-елементної апроксимації. Призначення граничних умов проводиться в прив'язці до геометричної моделі. Такими самими особливостями володіють і процедури представлення результатів.

В SolidWorks Simulation призначаються ізотропні, ортотропні та анізотропні матеріали; прикладаються до деталей рівномірні або нерівномірні тиски в будь-якому напрямі, сили опорні та дистанційні, із змінним розподілом, гравітаційні та відцентрові навантаження; застосовується дія температур на різні ділянки деталі; за допомогою аналізу втоми оцінюється ефект циклічних та ударних навантажень з постійною та змінною амплітудою у моделі, обробляються результати частотного і поздовжнього вигину, термічного і нелінійного навантажень; будуються епюри вузлових напружень, поздовжніх сил, деформацій, переміщень, результатів для сил реакції, форм втрати стійкості, резонансних форм коливань, розподілу температур, градієнтів температур і теплового потоку; проводяться аналізи контактів у збираннях з тертям, посадок з натягом, аналізи опору термічного контакту [2].

За допомогою SolidWorks Simulation проводився статичний аналіз каретки піднімача (ковкий чавун КЧ 45-7) для технічного обслуговування автобусів ЛіАЗ-5293.

З бібліотеки SolidWorks вибрали ковкий чавун ( $\sigma_T = 413,613826$  МПа), діючу на лапи каретки силу прийняли рівною 60000 Н. Параметри сітки (рис. 1): якість висока, 4 точки Якобіана, розмір елемента 39.3066 мм, допуск

1.96533 мм, всього вузлів 15455, всього елементів 8873, максимальне співвідношення сторін 23.303. Максимальне напруження Von Mises - 154.759 МПа (вузол 988), максимальне результуюче переміщення URES (вузол 1117) - 0.907905 мм, максимальна еквівалентна деформація ESTRN (елемент 4186) - 0.000436815, мінімальний запас міцності FOS (вузол 988) – 1.78.

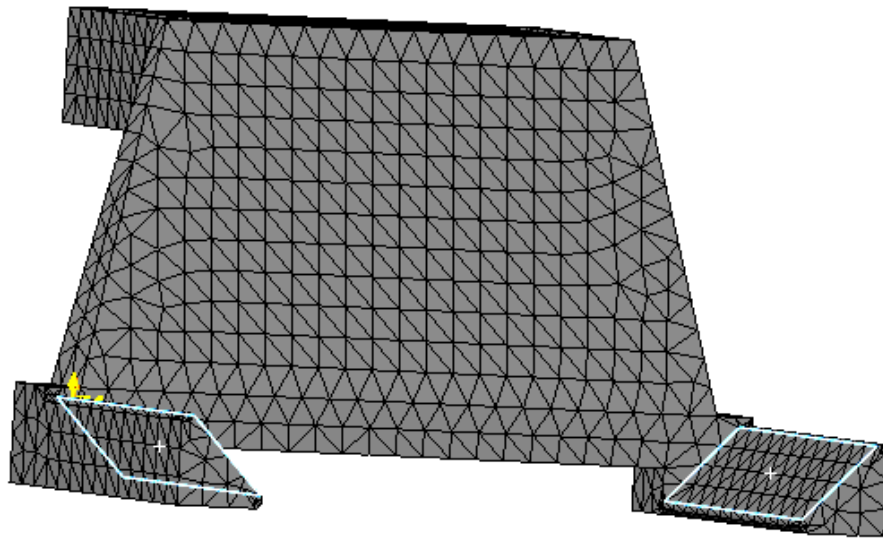


Рис. 1. Сітка на твердому тілі

Продовження дослідження – визначення зносостійкості матеріалу деталі з математичною обробкою результатів експериментів, яку проводили за допомогою системи візуальних математичних розрахунків MathCAD.

Для апроксимації експериментальних даних застосували метод найменших квадратів (розрахунок через мінімізацію суми квадратів відхилень). Використали для сортування даних вбудовану функцію *csort*, яка розташує в порядку зростання значення елементів вибраного стовпчика. Визначили апроксимуючу функцію у вигляді рівняння прямої лінії  $F(a, b, x) := a + bx$ . Реалізацію методу здійснили за рахунок можливостей функції *Minerr*:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{Minerr}(a, b) \quad \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.462 \\ 4.598 \end{pmatrix}$$

Результати розрахунків нанесли на графік вихідних даних у вигляді окремих точок одночасно з прямою лінією (рис. 2).

Для порівняння використали вбудовані функції *slope* та *intercept* для визначення коефіцієнтів лінійної регресії (апроксимація даних прямою лінією).

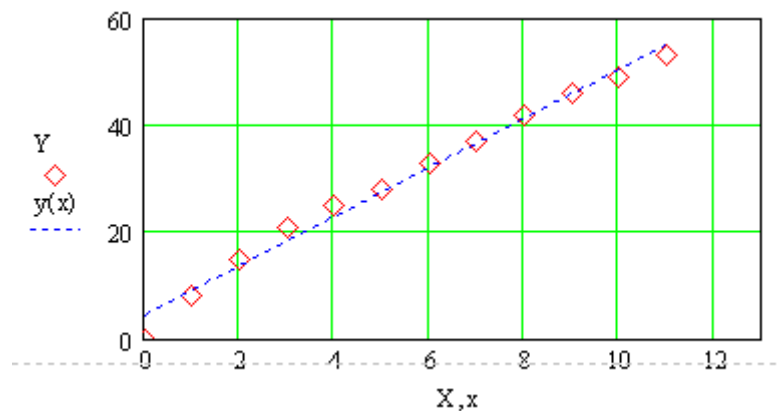


Рис. 2. Результати розрахунків зносостійкості

Функція *slope* визначає кутовий коефіцієнт прямої, а функція *intercept* – точку перетину графіка з вертикальною віссю. Для даної задачі отримали:

$$a1 := \text{intercept}(X, Y) \quad a1 = 4.462 \quad b1 := \text{slope}(X, Y) \quad b1 = 4.598$$

Отже, одержано такі самі результати, як при застосуванні функції *Minerr*. Мірою тісноти лінійного зв'язку між величинами *x* та *y* може служити величина коефіцієнта кореляції, яку обчислили з використанням функції *corr(vx, vy)*:

$$\text{corr}(X, Y) = 0.99294$$

Таким чином, спільне застосування системи автоматизованого проектування й інженерного аналізу SolidWorks та універсального математичного пакету MathCAD дозволяє комплексно вирішити задачу дослідження міцності та зносостійкості.

### Література:

1. Куприков М. Ю. Твердотельное моделирование деталей в среде геометрического моделирования SolidWorks / М. Ю. Куприков – М.: МАИ-

ПРИНТ, 2009. – 104 с.

2. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский – М: ДМК Пресс, 2011. – 464 с.