

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХРЕСТОВИНИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS SIMULATION

<sup>1</sup>Псьол С.В., к.т.н., доцент,

<sup>2</sup> Рудик О.Ю. к.т.н., доцент, <sup>2</sup> Ковбасюк А.В., магістрант

<sup>1</sup> Національна академія Державної прикордонної служби  
України ім. Б.Хмельницького

<sup>2</sup> Хмельницький національний університет, Україна

Рульове керування машини – це вузол, відповідальний за безпеку всіх, хто перебуває у салоні. Несправності рульового керування дуже часто стають причинами важких аварій, при яких можуть постраждати учасники дорожнього руху. Тому водій завжди повинен реагувати на найменші зміни в роботі механізмів машини, а у випадку, якщо дають збій органи керування, реакція повинна бути негайною.

Хрестовина рульового вала автомобіля – це деталь вузла, який задає необхідний напрямок руху. Її руйнування або зношення можуть бути причиною аварії. Несправностями хрестовини служать наступні ознаки: великі зусилля для повороту рульового колеса; уповільнені повороти коліс; ривок руля при обертанні; сторонні шуми на нерівних дорогах.

Проблема в тому, що на механізм впливають наступні фактори: постійна вібрація, скачки температури, тертя й вологість. Гумові ущільнювачі втрачають свою еластичність, засохле мастило стає середовищем часток бруду й вологого конденсату. У свою чергу зношуються та іржавіють голки підшипників. При цьому зазор у незначні десятки міліметра, який є причиною неприємного акустичного ефекту, створює люфт і погіршення керованості.

Задача дослідження – визначити деформацію хрестовини рульового керування автомобіля Іж-2126, та, на основі цього, її працездатність та можливі причини виходу з ладу.

Для визначення полів пружних деформацій і напружень в об'ємі хрестовини був обраний метод скінченних елементів (МСЕ). Даний метод широко використовується на практиці через прийнятну точність розв'язку, можливістю опису криволінійних границь областей, врахування граничних

умов різних видів, одержання розв'язків у всіх розрахункових вузлах, швидкістю розрахунків пружних параметрів у досліджуваній області [1, 2].

Область ділиться на плоскі або об'ємні елементи, у яких невідомий розподіл характеристик апроксимується поліномами різного ступеня. За допомогою системи лінійних алгебраїчних рівнянь проводяться розрахунки значень пружних напружень і деформацій у кожному вузлі сітки скінченних елементів. Значення даних характеристик у будь-якій точці обраної області будується методом апроксимації.

Розбивка області на елементи – перша процедура етапу виділення скінченних елементів. Від якості розбивки багато в чому залежить точність одержуваних результатів. Наприклад, розбивка на двовимірні елементи, близькі за формою до рівносторонніх трикутників, забезпечує кращі результати порівняно з розбивкою на витягнуті за формою трикутні елементи. Можливість легко варіювати розмірами елементів – важлива властивість МСЕ (остання дозволяє враховувати концентрацію напружень, температурні градієнти, різні властивості матеріалу досліджуваного об'єкта тощо). Розбивка області на елементи починають від границі з метою найбільш точної апроксимації форми границі, потім проводиться розбивка внутрішніх областей. Часто розбивку області на елементи проводять у кілька етапів. Спочатку область розбивають на досить великі підобласті, границі між якими проходять там, де змінюються властивості матеріалу, геометрія, прикладене навантаження та ін. Потім кожна підобласть розбивається на елементи. Різкої зміни розмірів скінченних елементів на границях підобластей намагаються уникати.

Формування й розв'язок системи лінійних рівнянь складає основну частину МСЕ. До переваг МСЕ, реалізованого в середовищі SolidWorks [3, 4], слід віднести певну гнучкість, що дозволяє враховувати складні граничні умови, наочність представлення отриманих результатів, а також широкий вибір інструментів візуалізації.

До недоліків відносять деяку складність програмної реалізації, необхідність створення сітки елементів у всій області, що вимагає великого об'єму комп'ютерної пам'яті. Труднощі, які виникають при розв'язку системи

рівнянь, іноді перешкоджають використанню МСЕ для дослідження напружено-деформованого стану в складних об'єктах.

Прийнято: сила на рульовому колесі – 120 Н; передаточне число рульового механізму – 20,3; тому діюча на шипи хрестовини сила – 2436 Н. Для виготовлення хрестовини з бібліотеки SolidWorks вибрано сталь 40 ГОСТ 535-88 ( $\sigma_T = 275$  МПа). Параметри сітки та її відображення на хрестовині наведено на рис. 1.

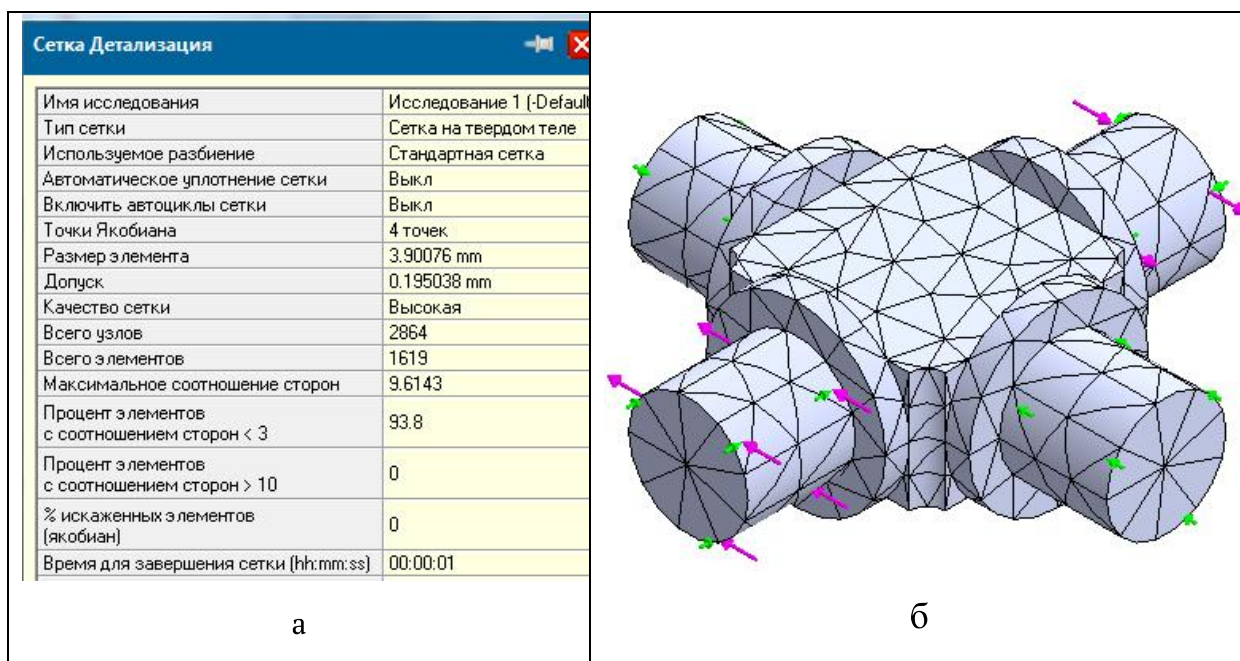


Рисунок 1 – Параметри сітки (а) та її відображення на хрестовині (б)

Результати розрахунків: при шкалі деформації 0,138621 максимальні вузлові напруження von Mises виникають у вузлі № 2711 і складають 87,8607 МПа, тобто не перевищують допустимих значень. При цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності  $k = 3,12996$ .

Максимальна деформація хрестовини складає 0,04 % (рис. 2). Отже, вона не може бути причиною погіршення працездатності рульового керування. Очевидно, саме знос шипів створює люфт і погіршення керованості.

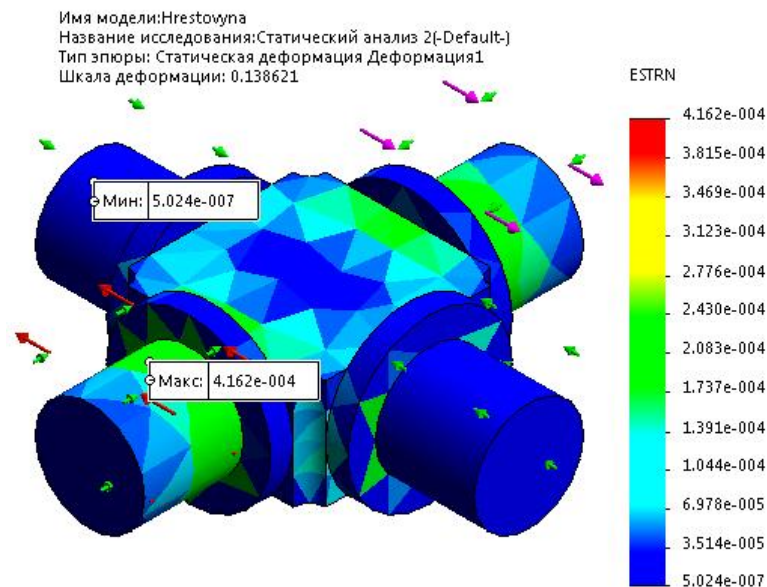


Рисунок 2 – Епюра розподілу деформації хрестовини

Отримані результати свідчать, що за даного рівня навантажень хрестовина, не дивлячись на наявність місцевих зон пластичності, зберегла несучу здатність з точки зору статичної міцності. Але дія циклічних навантажень може призвести до руйнування при досить невеликому числі циклів. Тому подальша оцінка ресурсу хрестовини повинна виконуватись з позицій малоциклової втоми.

### Література

1. Рудик О. Ю. Застосування інформаційних технологій для розрахунку деталей автомобілів [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, М. А. Гостімський. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8357>
2. Рудик О. Ю. Застосування інформаційних технологій при дослідженні транспортних засобів [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, Д. Л. Першко. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8559>
3. Андрощук М. В. Використання SolidWorks для прогнозування міцності матеріалів [Електронний ресурс] / М. В. Андрощук, О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8468>
4. Рудик О. Ю., Застосування SolidWorks Simulation для розрахунку захвата знімача підшипників [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, В. С. Приведенець. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/6454>