

**Рачок Роман Васильович**

*доктор технічних наук, завідувач кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького*

**Рудик Олександр Юхимович**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри зносостійкості та надійності машин Хмельницького національного університету, [arudyk@rambler.ru](mailto:arudyk@rambler.ru)*

**Єрмаков Владислав Станіславович**

*студент Хмельницького національного університету*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СТЕНДУ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS**

Стенд діагностики (рис. 1) складається з рами, електрогальма, механізму передачі, пульта управління, рідинного реостата і восьми комплектів вібраційних датчиків діагностики.

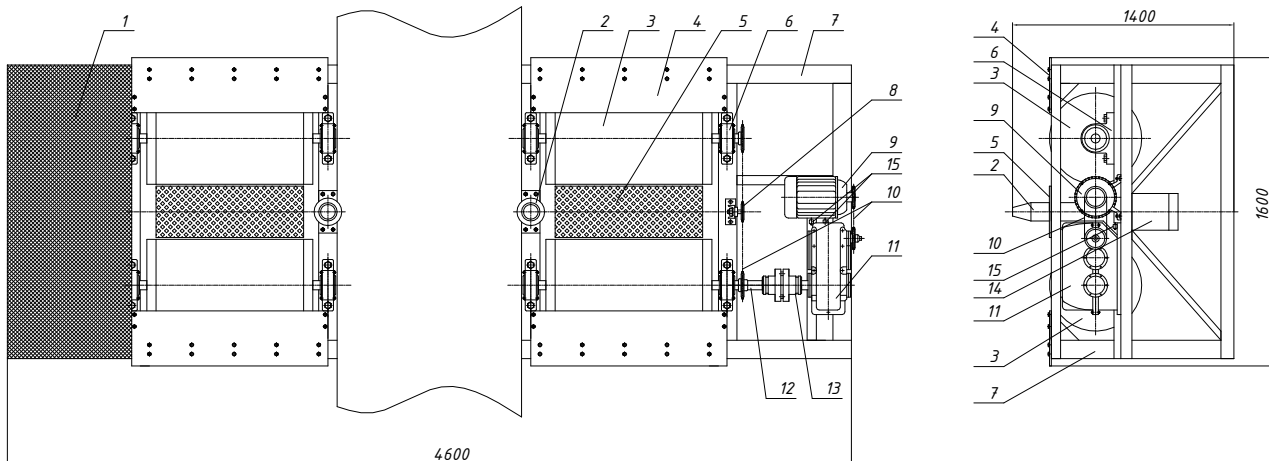


Рис. 1. Загальний вигляд стенду діагностики автомобільної техніки:

1 – захисний майданчик; 2 – ролик відбійний; 3 – барабан; 4 – трап з'їзду; 5 – піднімач пневматичний; 6 – підшипникова опора; 7 – рама; 8 – натягувач ланцюгової передачі; 9 – двигун; 10 – ланцюгова передача; 11 – редуктор; 12 – муфта; 13 – вал; 14 – пневмоциліндр; 15 – натягувач

Рама зібрана з металоконструкції (сталевих рівномісних куточків, швелерів, труби квадратного перетину) за допомогою зварного і болтового з'єднання. На рамі встановлені два блоки роликів (правий і лівий) аналогічних за конструктивним виконанням.

Кожен блок включає пару циліндричних барабанів з відбійними шайбами, які запобігають можливому переміщенню автомобіля або трактора убік. Барабани встановлені на підшипниках кочення й між собою зв'язані ланцюговою передачею. Блок барабанів з'єднаний через передаючий механізм з електрогальмом. Передаючий механізм сконструйований із сполучної пружної

втулково-пальцевої муфти, двоступінчастого циліндричного редуктора і ланцюгової передачі з натягачем.

Електрогальмо та редуктор закріплені на рамі болтовим з'єднанням. Електрогальмо є електродвигуном, який працює як генератор з віддачею електричного струму в мережу через рідинний реостат. У пульті управління стендом знаходиться вимірювальна апаратура, датчики системи вимірів. Між роликками встановлений пневматичний піднімач двосторонньої дії (забезпечує вільний в'їзд і з'їзд транспорту із стенду). Стенд обладнаний храповим механізмом, який служить для фіксації транспортного засобу і створення додаткового навантаження на ведучі колеса, що забезпечує збільшення сили тертя між колесами і барабанами стенду.

Пульти управління розміщується попереду блоків роликів з правого боку під кутом  $45^\circ$  до подовжньої осі стенду. Задня сторона пульта повинна бути легко доступною.

Електричні дроти прокладають в трубах. Дроти вимірювальної системи повинні бути в окремій трубі. Живлення стенду здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 380/220 В і частотою 50 Гц.

Принцип роботи діагностичного стенду заснований на створенні навантаження на ведучих колесах транспортного засобу. Навантаження (протилежний крутний момент) створюється на барабанах стенду за допомогою електрогальма.

Автомобіль або трактор, який пройшов попередню підготовку (миття очищення), встановлюється на стенд – ведучі колеса виставляються на блок барабанів, опускаються майданчики пневмопіднімачів. У цьому положенні здійснюється фіксація транспортного засобу за допомогою храпового механізму. У тих випадках, коли транспортний засіб є повноприводним з колісною формулою 4×4 або 6×6 не задіяні ведучі мости повинні бути відключеними. Якщо конструкцією автомобіля (трактора) цього не передбачено, необхідно виконати вивішування коліс і встановити транспортний засіб на опори.

Проводиться зовнішній огляд картера коробки передач і корпусу ведучого моста. Закріплюють витяжний металорукав на глушнику автомобіля, за допомогою якого запобігається попадання вихлопних газів в приміщення. Встановлюють датчики на картері коробки перемикачів передач і балці моста, що діагностується.

Запускають двигун транспортного засобу, включають одну з передач (1), встановлюють номінальні обороти двигуна, знімають показники датчиків. Збільшують пропорційно навантаження на правому і лівому ведучому колесі (рівне задане навантаження забезпечуватиме прямолінійний рух), аналізують показання приладів. Виявляють несправності (підвищені зазори) у підшипникових вузлах, знос втулок шестерень, підвищений шум і гул в зубчастому зачепленні. При проведенні даної операції стежать, щоб не відбувалося вибивання включеної передачі (цим визначають справність фіксатора). Дана несправність виникає внаслідок нерівномірного (конусного) зазору шліцьового з'єднання шестерень з валами. Воно можливе також при

великому осьовому люфті проміжного і вторинного валів коробки передач, яке виникає іноді в коробці передач. Дані операції виконують на усіх передачах, у тому числі і задній.

Роботу диференціала перевіряють шляхом створення різних гальмуючих моментів на правих і лівих барабанних блоках стенду. Задаючи різну кутову швидкість обертання ведучих коліс, створюється ефект повороту. При цьому визначається справність і технічний стан напівосьових шестерень, сателітів та їх осей.

Розглянемо екстремальний випадок, який може виникнути при збиранні стенду діагностики – ослаблення (або відсутність) правого болта кріплення підшипникової опори (поз. 6 на рис. 1, рис. 2), внаслідок чого виникає перекіс вала барабана.

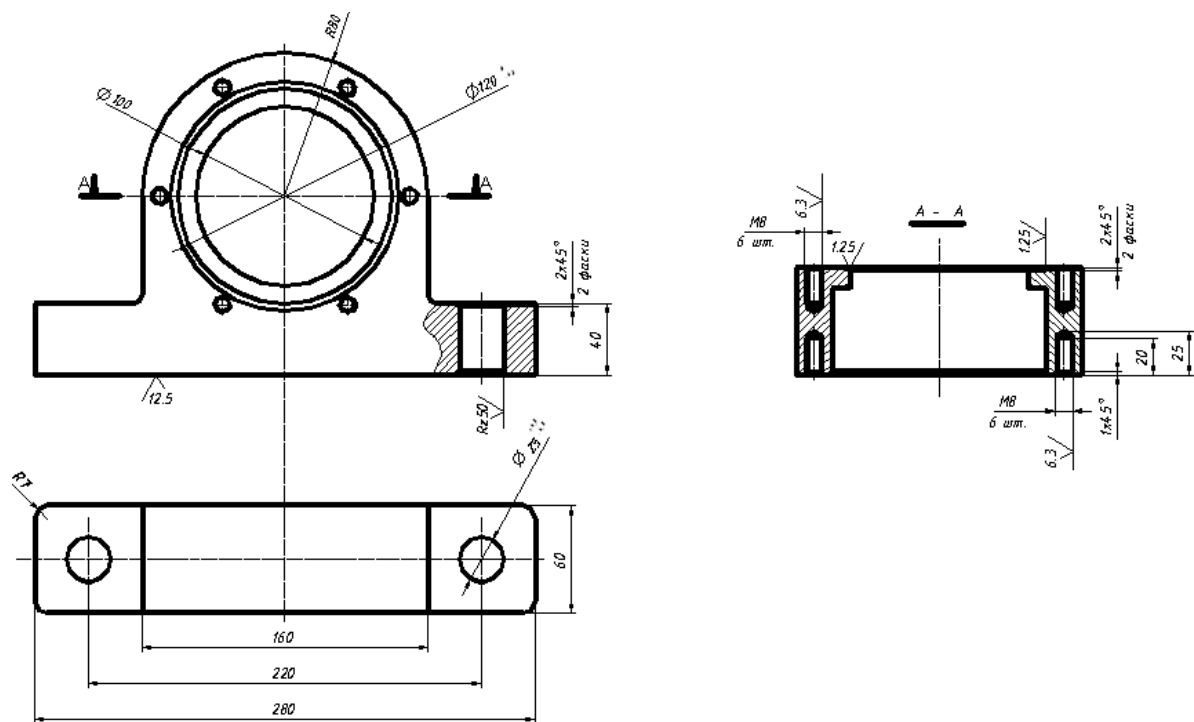


Рис. 2. Креслення підшипникової опори

Дослідження будемо проводити за допомогою CAD/CAE-системи SolidWorks [1]. У якості CAE-системи використаємо SolidWorks Simulation. Орієнтація на сумісне використання цієї CAE-системи з CAD-системою SolidWorks дозволяє в максимальному ступені задіювати переваги графічного середовища: могутню параметризацію, поверхневе й твердотільне геометричне моделювання, кінематику складань. Важливою перевагою застосування CAE-системи є можливість отримання результатів статичних досліджень несучої конструкції деталі.

Методика розробки скінченно-елементної моделі підшипникової опори:

- створення геометричної моделі підшипникової опори в SolidWorks;
- задання моделі властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена (сталь 40);
- закріплення підшипникової опори (рис. 3);

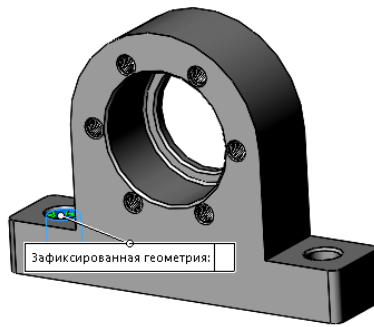


Рис. 3. Закріплення підшипникової опори (відсутність правого болта кріплення)

– прикладення навантаження (рис. 4 – моделювання перекосу вала барабана);

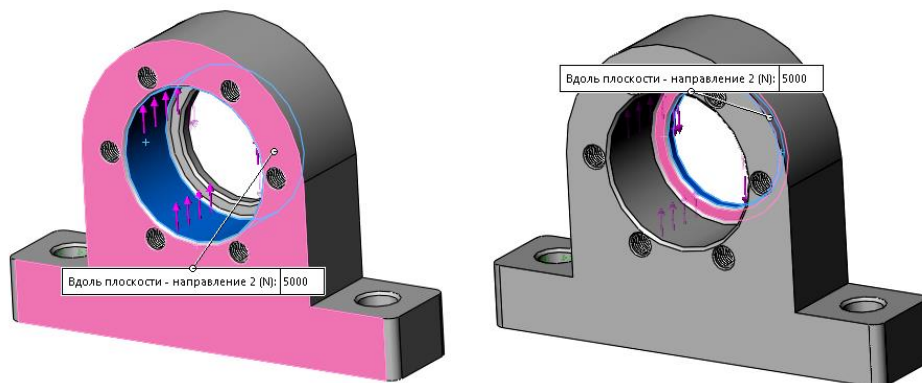
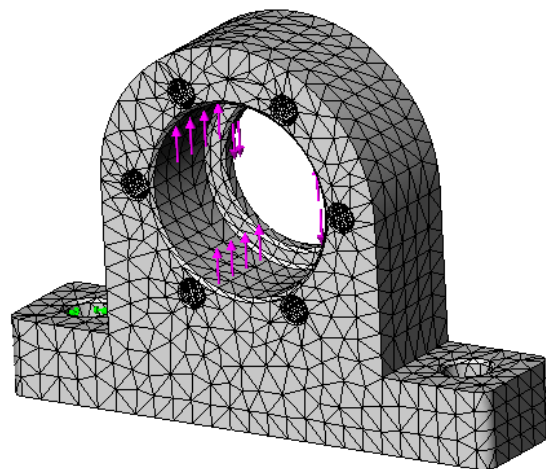


Рис. 4. Прикладення навантаження до підшипникової опори

– побудова сітки скінчених елементів (рис. 5);

Сетка Детализация	
Имя исследования	Статический 1 (-Default-)
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана	4 точек
Размер элемента	11.4653 mm
Допуск	0.573265 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	44793
Всего элементов	26861
Максимальное соотношение сторон	16.009
Процент элементов с соотношением сторон < 3	68.1
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0.365
Процент искаженных элементов (якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:02:56
Имя компьютера	



а

б

Рис. 5. Параметры сітки (а) та скінченно-елементна модель підшипникової опори (б)

– розрахунок (будується матриця жорсткості; проводиться синтез скінченно-елементної моделі з окремих елементів з урахуванням умов закріплення деталі у вузлових точках; розв’язується одержана система алгебраїчних рівнянь і визначаються компоненти напружено-деформованого стану – рис. 6).

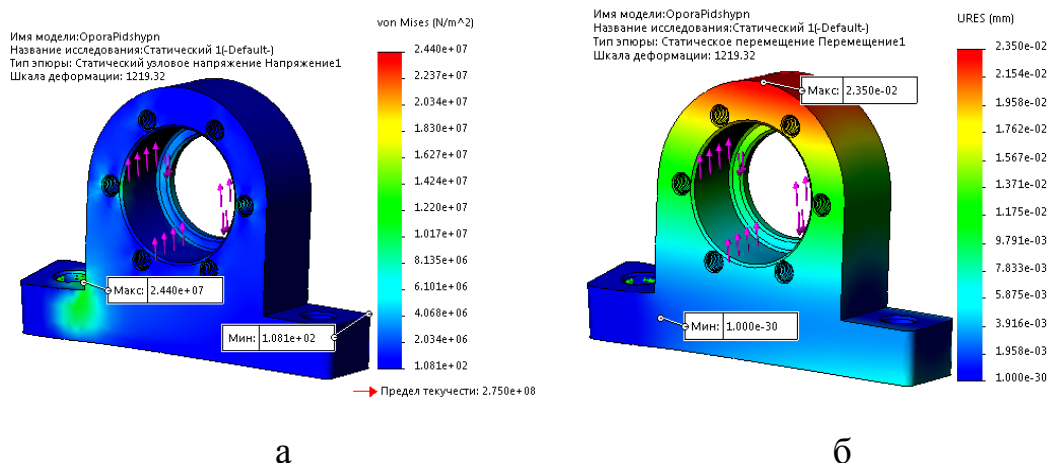


Рис. 6 – Результати розрахунку підшипникової опори на міцність:  
 а – VON: напруження Von Mises; б – URES: результуюче переміщення

Розрахунками отримані максимальні значення:

- вузлового напруження Von Mises  $\sigma = 24,40$  МПа (вузол 25467);
- результуючого переміщення URES  $h = 0,0235$  мм (вузол 23749);
- еквівалентної деформації ESTRN  $\delta = 0,0000656$  (елемент 25751);

При цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності FOS становить 11,27 (вузол 25467), тобто запас міцності достатній.

Проведене за допомогою CAD/CAE-системи SolidWorks моделювання перекосу вала барабана підшипникової опори стенду діагностики автомобільної техніки, яке виникає через відсутність правого болта кріплення, забезпечує якісно новий підхід до визначення його працездатності.

### Список використаних джерел

1. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation для розрахунку механізму повороту екскаватора / О. Ю. Рудик, С. А. Дудник // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: АКУП ПДАА, 2017. – С. 37-41.