

Математичне моделювання та обчислювальні методи у статичному дослідженні упора знімача втулок

Рудик О.Ю., Качур В.М.

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Конструкції сучасного нестандартного інструмента для розбірно-складальних робіт часто експлуатуються в умовах підвищених рівнів зовнішніх механічних впливів: вібрацій, ударів, лінійних прискорень. Щоб визначити механічні режими експлуатації їх елементів, необхідно на етапі проектування здійснити розрахунок навантажень і механічних напружень елементів конструкції.

Наприклад, знімач втулок зовнішніх балансирів кареток ходової частини тракторів Т-74, ДТ-75 і Т-150 складається з траверси з упором (рис. 1, а), силового гвинта і захвата. Захват є корпусом, в який вставлені чотири пальці-затиски, утримувані від випадання з корпусу гвинтами. На нижню частину силового гвинта насаджений конус та упорний шарикопідшипник, закріплений гайкою. Для вилучення втулки потрібно вставити в неї захват знімача і викручувати силовий гвинт. Конус при цьому розсуне пальці захвата, які увійдуть до зіткнення зі втулкою, а при подальшому обертанні гвинта вона буде випресувана з балансира [1].

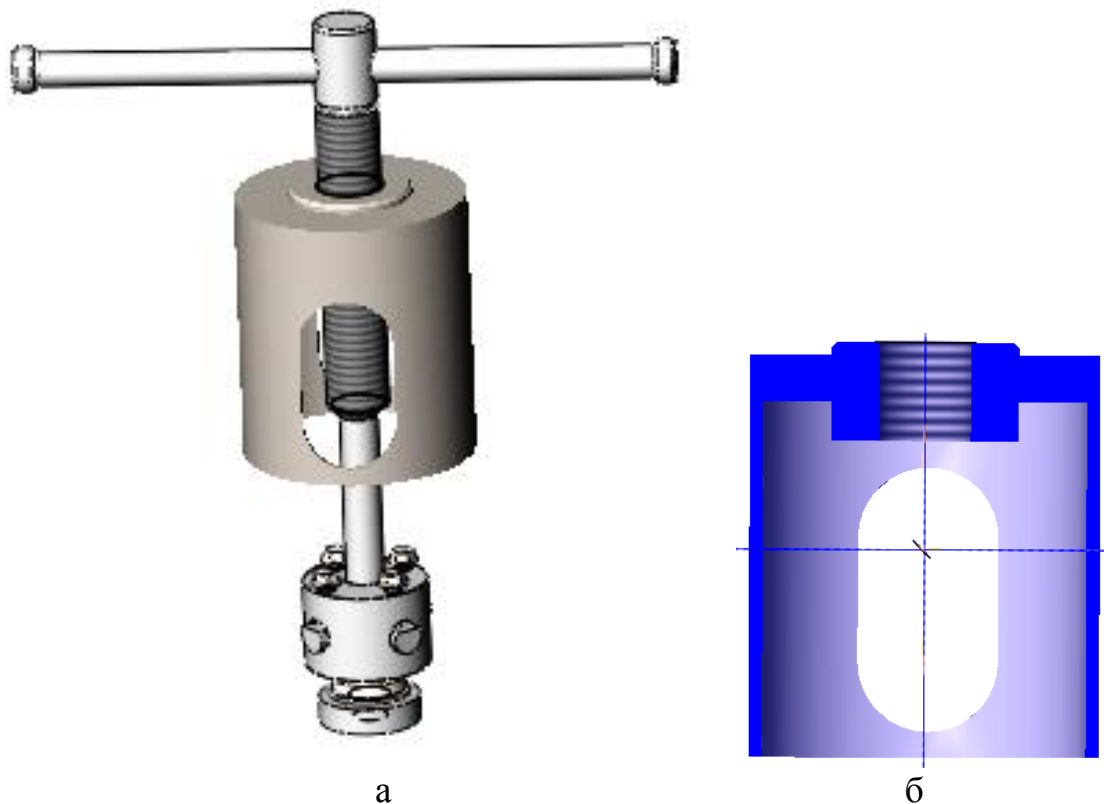


Рис. 1. Твердотільні моделі знімача (а) та упора в розрізі (б)

Кількість витків різьби упора (рис. 1, б) вибирають, виходячи з таких міркувань: при великому числі витків отримується менше навантаження на кожен виток, але при дуже великому їх числі зростають і сила тертя в різьби, і розміри, а звідси і маса знімача. Крім того, при роботі знімача різьба в корпусі з часом зношується і відновлювати її дуже складно і дорого.

Для розрахунку кількості витків різьби упора застосували метод скінченних елементів (МСЕ), який є одним з найпоширеніших засобів розв'язування задач математичної фізики, що пов'язано з його великою універсальністю: МСЕ поєднує в собі кращі якості варіаційних і різницевих методів. До його безсумнівних переваг відносять можливість використання різноманітних сіток, порівняльна простота й однаковість способів побудови схем високих порядків точності в областях складної форми.

Основна ідея МСЕ полягає в тому, що будь-яку безперервну величину можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на безлічі кусково-безперервних функцій, визначених на кінцевому числі підобластей. Для автоматизації складання скінченно-елементної математичної моделі необхідно використати генератори сіток скінченних елементів, які дозволяють автоматично розбити задану область конструкції на скінченні елементи.

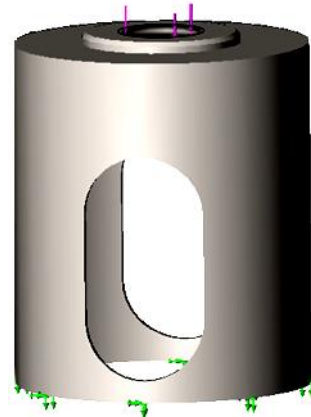
Загальна послідовність побудови сіток: на початку за допомогою САД-системи створюється геометрична 2D-модель досліджуваної конструкції; після побудови скінченно-елементної моделі виконується її оптимізація, яка полягає в корекції координат внутрішніх вузлів, тобто тих вузлів, які були побудовані усередині триангульованих підобластей (координати вузлів, розташованих на вихідному контурі, не змінюються); потім уже адаптована геометрична модель розбивається на скінченні елементи.

Для реалізації чисельних розрахунків використали програмний пакет SolidWorks, який дозволяє визначати реальні експлуатаційні характеристики виробів [2]. SolidWorks забезпечує повний набір обчислень, включаючи розрахунки напружено-деформованого стану, запасів міцності, власних частот і форм коливань, аналіз стійкості, дослідження динамічних процесів, розв'язок задач теплопередачі, аналіз складної контактної взаємодії. Гнучкий інтерфейс дозволяє переглядати й коректувати імпортовану інформацію на рівні моделей деталей SolidWorks з наступною передачею необхідних сутностей у розрахунковий модуль SolidWorks Simulation [3].

Процедуру моделювання упора здійснювали шляхом задання:

- моделі властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена (рис. 2, а);
- закріплення та діючих сил, які прикладаються до її елементів (рис. 2, б).

Имя материала	AISI 1020
Источник материала	Библиотека Simulation
Тип модели	Линейный Упругий Изотропный
EX	2E+011 N/m ²
NUXY	0.29
GXY	7.7E+010 N/m ²
DENS	7900 kg/m ³
SIGXT	4.2051E+008 N/m ²
SIGYLD	3.5157E+008 N/m ²
ALPX	1.5E-005 /Kelvin
KX	47 W/(m.K)
C	420 J/(kg.K)



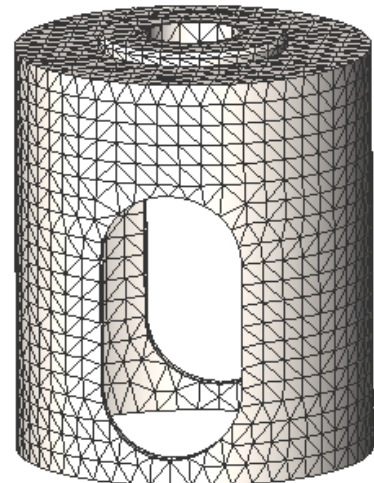
а

б

Рис. 2. Параметри матеріалу упора (а) та його закріплення і діючі сили (б)

Після побудови сітки скінчених елементів (рис. 3) запустили 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. 4).

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Автоматическое уплотнение сетки	Выкл
Включить автоциклы сетки	Выкл
Точки Якобиана	4 точек
Размер элемента	8.09253 mm
Допуск	0.404627 mm
Качество сетки	Высокая
Всего узлов	16927
Всего элементов	9269
Максимальное соотношение сторон	6.1668
Процент элементов с соотношением сторон < 3	98.4
Процент элементов с соотношением сторон > 10	0
% искаженных элементов (якобиан)	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss)	00:00:12



а

б

Рис. 3. Параметри сітки (а) та скінченно-елементна модель упора (б)

Таким чином:

1. Побудована розмірна твердотільна CAD-модель знімача втулок.
2. Проведені розрахунки на міцність та отримана оцінка деформацій кожного елемента упора (рис. 4), що дозволяє перейти до спрямованого проектування його конструкції (наприклад, кількості витків різьби).
3. Отримані результати дозволили спроектувати й виготовити методом швидкого прототипування один з варіантів знімача.

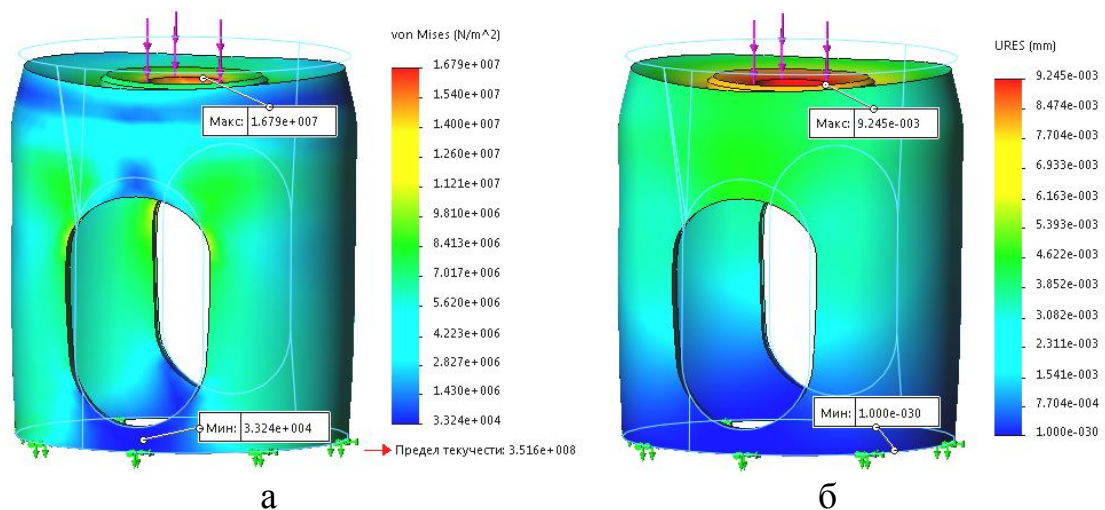


Рис. 4. Результати розрахунку на міцність різьби упора:
 а – VON: Напруження Von Mises; б – URES: Результуюче
 переміщення

Згідно рис. 4 максимальні вузлові напруження Von Mises для семи витків різьби складають 167,932 МПа, тобто не перевищують допустимих значень. Так як мінімальний коефіцієнт запасу міцності $n = 20,9353$, то можлива оптимізація розмірів упора (наприклад, бокової стінки) в сторону їх зменшення. При цьому наступний обов'язковий етап – дослідження упора на стійкість.

Література

1. Съёмники для разборки ходовой части тракторов и автомобилей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pereonastka.ru/articles/cemniki-dlya-razborki-khodovoi-chasti-tractorov-i-avtomobilei>
2. Рудик О. Ю. Організація самостійної роботи студентів з використанням SolidWorks [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, А. О. Мирошніченко. – Режим доступу: <http://fizmatsspu.sumy.ua/Konferencii/sbor/itm/ITM-2015-p3.pdf>
3. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks Simulation в енергоресурсозбереженні. [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, М. В. Гетьман. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/9032>