

УДК 621.7.09

Ю. В. Юрченко, студент гр. МЛ-71; В. Л. Дубнюк, ст. викладач;

С. В. Яновська, інженер

### **Проектування та виготовлення пристрою юстирування на основі карданного механізму**

З метою закріплення позитивної лінзи на рейтері оптичної лави та можливості її юстирування навколо двох осей було запропоновано спроектувати та виготовити юстирувальний вузол у принцип конструкції якого покладено так званий карданний механізм.

Основна концепція карданного механізму була відома з античних часів. Його використовували древні греки, названий він на честь італійського математика Джироламо Кардано, який описав його у 1545 році. Приклав руку до його дослідження й добре відомий Роберт Гук, у 1667-1678 роках він проаналізував роботу механізму. Карданний механізм застосовується у багатьох сучасних пристроях, механізмах та агрегатах. Не пройшли повз нього й знавці оптичних систем та застосували його для проведення операцій юстирування оптичних деталей [1, 2].

Оптична деталь 1 закріплюється у внутрішньому кільці 2, яке одночасно виконує й роль оправы (рис. 1). Внутрішнє кільце 2 шарнірно з'єднано із зовнішнім кільцем 3, яке також шарніром поєднано із нерухомою основою 4.

Таким чином, оптична деталь має можливість повертатись навколо осей X, що розташовано горизонтально, та Y, направленої вертикально. Проміння, що проходить через оптичну деталь розповсюджується вздовж осі Z. Зрозуміло, що кут нахилу оптичної деталі не має становити великих значень.

Вихідними даними для проведення проектних робіт є діаметр позитивної лінзи  $D=58$  мм та її товщина по крайці  $t=3$  мм (рис. 2), а також максимальний кут качання за обома осями  $\alpha=5^\circ$ . Прийнято рішення об'єднати внутрішнє кільце з оправою та застосувати роз'ємний метод кріплення оптичної деталі, а саме, із використанням різьбового кільця.

У результаті розроблення та конструювання отримано кресленики вузла юстирування із застосуванням карданного механізму та окремих його деталей (рис. 3). Під час проведення проектних робіт було враховано, що деталі вузла друкуватимуться із застосуванням 3D-друку.

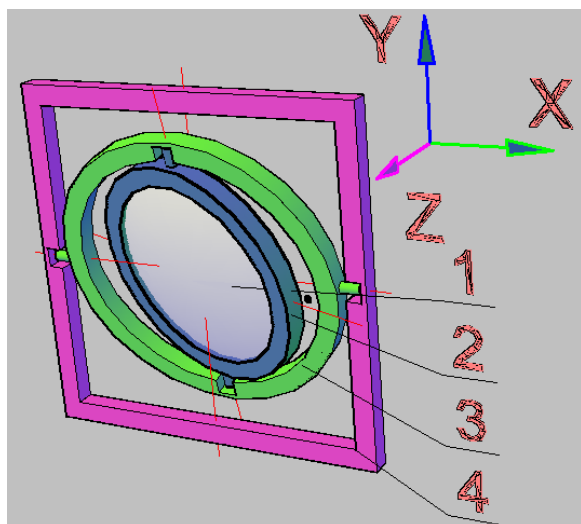


Рис. 1. Схема пристрою юстирування на основі карданного підвісу: 1 – оптична деталь; 2 – внутрішнє кільце, що повертається навколо осі Y; 3 – зовнішнє кільце, що повертається навколо осі X; 4 – основа, що закріплено нерухомо

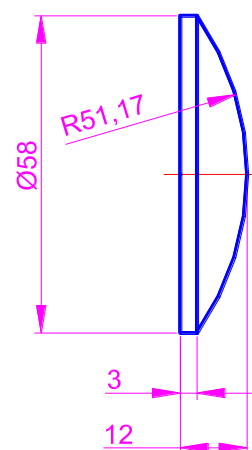


Рис. 2. Позитивна лінза, яку необхідно встановити у розроблюваний механізм та позиціонувати

Внутрішнім кільцем кардана є оправа 7, у якій встановлено за допомогою різьбового кільця 8 оптичну деталь 1, яка саме й підлягає процесу позиціонування. Оправа повертається навколо вертикальної осі Y, яку утворюють два гвинта 4 з конічними кінцями, які вкручені у зовнішнє кільце кардана 5. Такі самі гвинти вкручено й у корпус 3, і на них, як на центрах, повертається навколо горизонтальної осі X кільце 5. Враховуючи наявність зазорів у різьбовому з'єднанні, положення центрових гвинтів 4, що утворюють вертикальну та горизонтальну осі повороту, фіксується стопорними гвинтами 6, під торці яких підкладено маленькі свинцеві шайбочки – сухарики – задля збереження цілісності від згубної дії з боку загартованих торців гвинтів 6 різьби гвинтів 4.

Повороти кільця кардана відбуваються за допомогою регулювальних гвинтів 12, які вкручено у дно корпусу 3. При викручуванні регулювальних гвинтів зворотній поворот кільця кардана відбувається під дією пружини підпружиненого пальця 2, який встановлено всередині склянки. Відрегульоване положення гвинтів 12 фіксують гайками 11, що вкрито виступаючим пояском у паз скоби 10. Гайки 11 при викручуванні гвинтів 12 впираються у скоби й не

перешкоджають регулювальному обертанню гвинтів. Пристрій закріплено на штанзі 9 регульованої стійки оптичної лави.

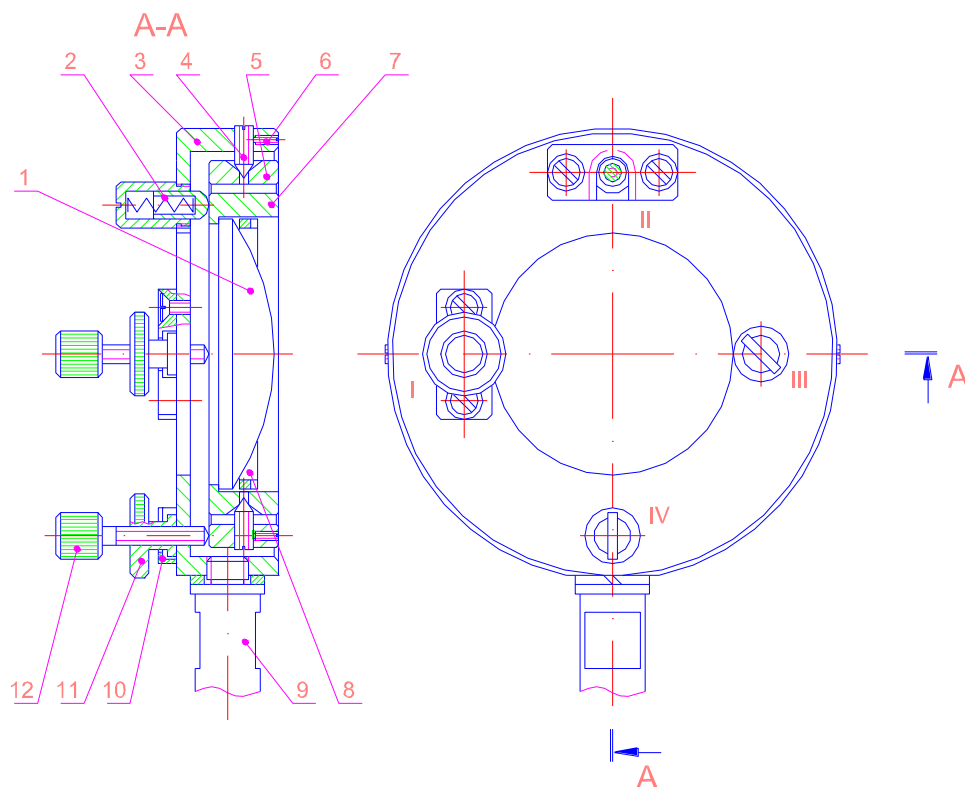


Рис. 3. Проектування вузла юстирування на основі карданного механізму:  
 1 – оптична деталь; 2 – підпружинений палець; 3 – корпус; 4 – гвинт центровий;  
 5 – кільце; 6 – гвинт стопорний; 7 – оправа; 8 – кільце різьбове; 9 – штанга;  
 10 – скоба; 11 – гайка; 12 – гвинт регулювальний

Регулювання положення оптичної деталі відбувається за допомогою двох пар регулювальних елементів (рис. 3): регулювальний гвинт з гайкою I та підпружинений палець III забезпечують юстирування та фіксацію положення навколо вертикальної вісі Y, а регулювальний гвинт з гайкою II та підпружинений палець IV – юстирування та фіксацію положення навколо горизонтальної вісі X.

Конструювання та розробка твердотілих моделей деталей вузла юстирування відбувалось із застосуванням ліцензійної програми AutoCAD. Стандартні деталі – гвинти, пружини – підібрано з наявних. Деталі вузла юстирування виготовлено (рис. 4, а) із застосуванням технології 3D-друку (табл. 1). Загальний час друку деталей становить майже 7,5 годин, витрачено майже 27 м філаменту.

Для друку застосовувався пластиковий дотовий матеріал (філамент) виготовлений з АкрилонітрилБутадиєнСтиролу (АБС). Цей нетоксичний, довговічний, вологостійкий матеріал, має гарні механічні властивості, ударостійкість та пружність [3].

Таблиця 1. Витрати часу та матеріалу на виготовлення деталей вузла юстирування з карданним механізмом

Найменування	Час друку, хвилин	Витрати філаменту, мм
Корпус	225	14295
Кільце зовнішнє	85	5293
Кільце внутрішнє	62,5	4050
Кільце різьбове	13	643
Скоба (2 шт.)	15,25	723
Гайка (2 шт.)	16,5	795
Склянка (2 шт.)	13,2	683
Палець (2 шт.)	9,5	197
Загалом	439,95≈7,33 години	26679≈26,7 метри

Деталі, що виготовлено з використанням технологій 3D-друку, мають деякі цікаві особливості. Зокрема, у отворах для встановлення різьбових деталей дуже легко отримати різьбу застосовуючи: формування різьби безпосередньо деталлю з різьбою – для малих діаметрів отворів; традиційний різьбонарізний інструмент (плашки та мітчики) – для середніх діаметрів різьби; друк різьби – з великим кроком та великих діаметрів.

Так, в даній конструкції вузла різьба у гайках (рис. 4, б), корпусі (рис. 4, в), внутрішньому (рис. 4, д) та зовнішньому (рис. 4, е) кільцях утворено із застосуванням металевих гвинтів та врахуванням корекції розмірів отворів при проектуванні деталей. Середню за розміром різьбу під різьбове кільце та штангу регульованої стійки краще отримувати під час друку деталей.

Як завжди, під час складання вузла (рис. 5) та проведення випробувань на працездатність, було виявлено ряд недоліків. Зокрема, тонкостінні деталі з пластику не мають достатньої жорсткості для нормальної експлуатації вузла юстирування. Так зовнішнє кільце є дуже важливою деталлю, яка приймає на себе навантаження з боку лінзи та внутрішнього кільця, на нього натискають гвинти, що утворюють вісі качання. Маючи малі розміри поперечного перерізу

та не маючи додаткових елементів, що можуть надати йому достатньої жорсткості, зовнішнє кільце значно деформується та погіршує умови експлуатації вузла. Базуючись на аналізі роботи вузла визначено шляхи щодо модернізації конструкції задля усунення виявлених недоліків.

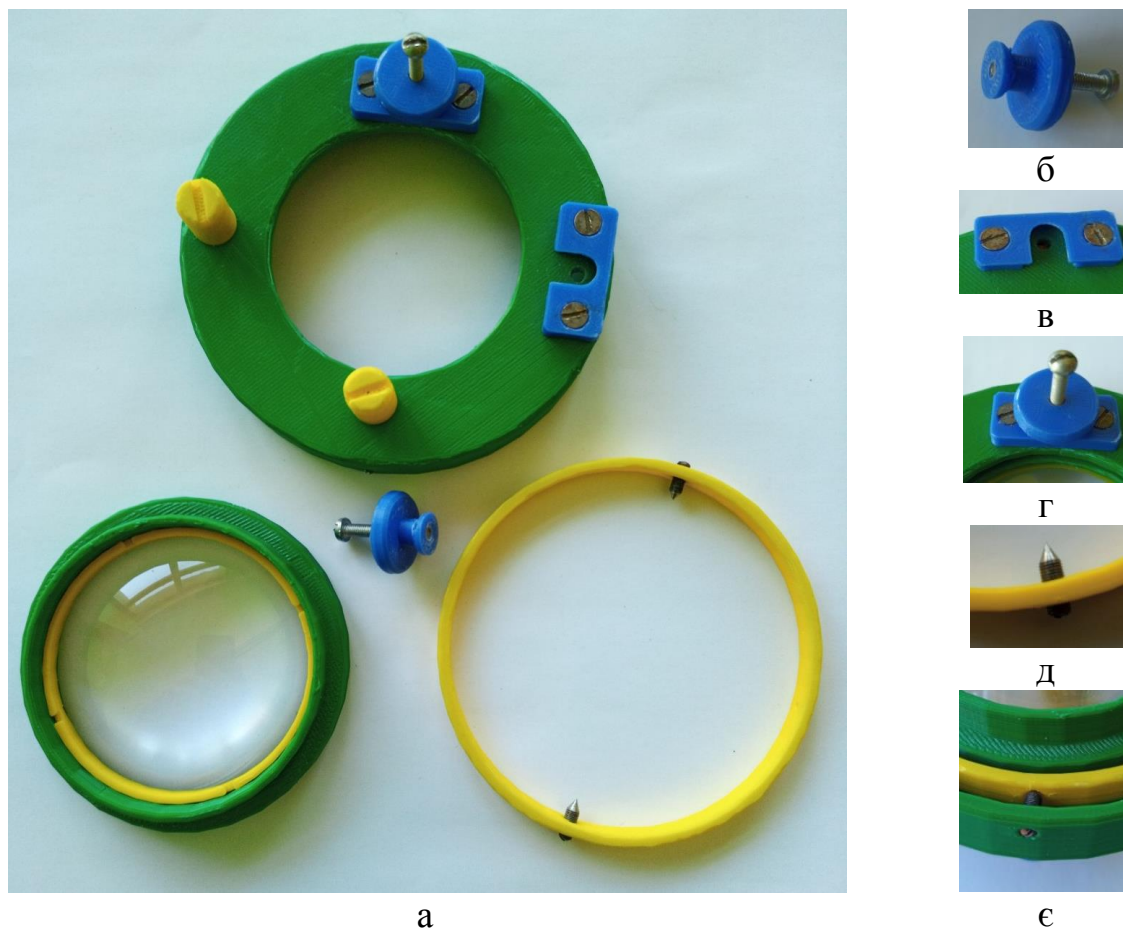


Рис. 4. Деталі та окремі елементи конструкції карданного механізму для юстирування: а) деталі надруковано на 3D-принтері; б) гайка з регулювальним гвинтом; в) скоба з пазом; г) регулювальний вузол; д) «осьовий» гвинт; е) встановлення гвинта

Інші деталі вузла виявили достатньо високі експлуатаційні властивості та добре дозволяють проводити процес юстирування.

Таким чином, під час проведення даної проектно-конструкторської роботи було спроектовано та виготовлено вузол юстирування позитивної лінзи із застосуванням карданного механізму, який здатний виконувати покладені на нього функції та може застосовуватись для демонстрації можливостей адитивних технологій, цікавих за конструкцією оптичних вузлів та показувати студентам доцільність та необхідність набуття нових знань та умінь за обраною спеціальністю та освітньою програмою.

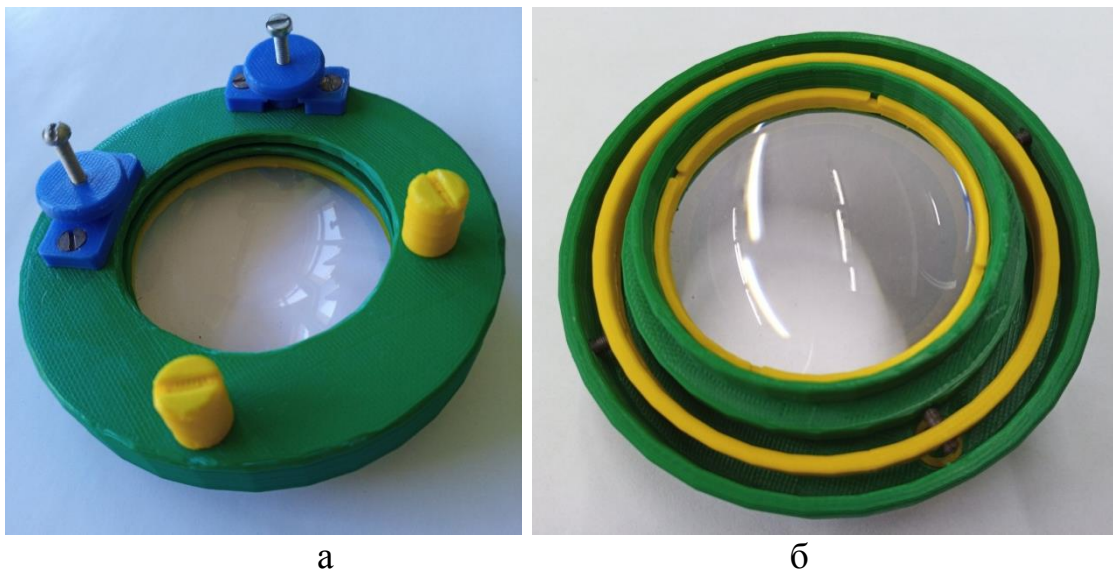


Рис. 5. Пристрій юстирування: а) вид з боку юстирувальних елементів; б) вид з боку сферичної лінзи

Даний проект реалізовано в рамках вивчення дисциплін «Основи проектування оптико-механічних вузлів» та «Лазерне технологічне обладнання» та діяльності студентського науково-технічного гуртка «Моделювання складних інженерних систем із застосуванням 3D технологій», що діє на кафедрі лазерної техніки та фізико-технічних технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Список використаних джерел:

1. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – 2-е вид., перероб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
2. [https://uk.wikipedia.org › wiki › Карданна\\_передача](https://uk.wikipedia.org/wiki/Карданна_передача).
3. Про досвід використання та правила безпечної експлуатації 3D принтера. Стоянов Д. І., Дубнюк В. Л., Горобець О. І. Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2020», – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, № 2, 2020, стор. 148-158. ISSN 2708-3926 (<http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/view/199680>).