

УДК 621.7.09

О. В. Омельченко, студент гр. МЛ-71; В. Л. Дубнюк, ст. викладач;

О. І. Горобець, ст. викладач

### Вузол юстирування сферичного дзеркала

При розробці оптичних систем дуже часто постає проблема здійснення юстирування окремих оптичних деталей. Зрозуміло, що конструкція вузла юстирування залежить від великої кількості факторів, зокрема, від призначення та форми оптичної деталі, від її розташування у оптичній системі, а головне, які рухи має здійснювати оптична деталь в процесі юстирування.

Таким чином, у кожному конкретному випадку вузол юстирування матиме свою унікальну конструкцію і кількість можливих варіантів конструкційного рішення може бути безліч. Наприклад, при проектуванні оптичної системи освітлювального приладу постало завдання розробити конструкцію вузла закріплення сферичного дзеркала, яке вже було раніше використано у оптичній системі [1]. У згадуваній роботі було поставлено завдання юстирувати сферичне дзеркало повертаючи на невеликий кут навколо двох осей.

У новому завданні на проектування було запропоновано здійснювати лише один юстирувальний рух – обертання на кут до  $5^\circ$  навколо вісі Х. Головна умова – відсутність паразитних рухів під час юстирування, тобто при позиціонуванні дзеркала, центр сферичної поверхні жодним чином не має зміщуватись вздовж жодної вісі.

Для вирішення поставленого завдання було запропоновано застосувати схему з внутрішнім (молекулярним) тертям, тобто конструкція матиме пружний елемент конструкції, що забезпечуватиме поворот навколо однієї вісі при пружній деформації окремого елемента деякої деталі. Закріплення сферичного дзеркала було запропоновано здійснити застосуванням засувок.

Попередньо було досліджено можливості та варіанти здійснення пропонованого завдання, вивчено доступні матеріали щодо проектування аналогічних конструкцій. Результатом конструкторської роботи є вузол (рис. 1), у склад якого входять сферичне дзеркало 1, яке вставлено у оправу 3 та зафіксовано на основі 2. Основу 2 закріплено на пружному кронштейні 4 з вкрученими регульовальним 5 та кріпильним 6 гвинтами. У єдиний вузол кронштейн 4 та основу 2 скріплено гайкою 7 та гвинтом 8.

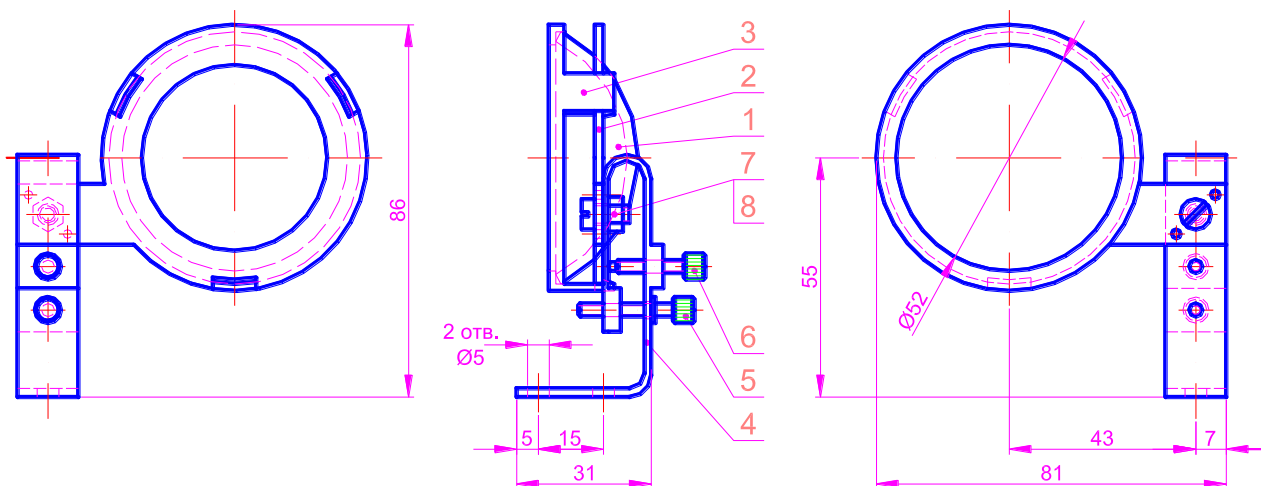


Рис. 1. Кресленик спроектованого вузла юстирування: 1 – сферичне дзеркало; 2 – основа; 3 – оправа; 4 – пружний кронштейн; 5 – регулювальний гвинт; 6 – кріпильний гвинт; 7 – гайка; 8 – гвинт

Особливостями даної конструкції є кілька цікавих інженерних рішень. По-перше, закріплення сферичного дзеркала 1 відбувається із застосуванням трьох засувок, які є невід'ємною частиною оправы 3. Розташовано ці засувки під кутом  $120^\circ$ , вони входять у відповідні пази, що виготовлено на основі 2, і під дією пружних властивостей матеріалу оправы мають достатньо надійно утримувати дзеркало у заданому положенні. Таке рішення елементів кріплення значно спрощує конструкцію вузла, робить його більш технологічним та конструкційним, зменшує кількість застосованих деталей та його собівартість.

По-друге, з'єднання основи 2 та пружинного кронштейну 4 здійснюється із застосуванням двох циліндричних виступів на основі 2, які виконують роль штифтів та входять у отвори кронштейна. Ці виступи забезпечують точне взаємне розташування обох деталей. Остаточне закріплення відбувається лише однією парою гвинт 8-гайка 7.

По-третє, потовщення на кронштейні 4, у які вкручено регулювальний 5 та кріпильний 6 гвинти, виконують роль відбортовки задля можливості виготовлення різьби у отворах та можливості надійного закручування відповідних деталей.

Саме наведені вище особливості конструкції вузла юстирування пояснюються застосуванням технології 3D-друку. Інші методи виготовлення не дозволяють отримати деталі з такими особливостями або призведуть до значного збільшення собівартості обробки. Так виготовлення засувок на

оправі 3 можливе іншими засобами, зокрема, отримання заготовки литвом з подальшою механічною обробкою – точіння та фрезерування. Зрозуміло, що така технологія потребуватиме значно більшого верстатного парку, великої кількості інструментів та годин праці.

Але повернемося до основної функціональної задачі вузла – до процесу юстирування. Яким чином виконати дуже важливу умову роботи вузла, а саме відсутності паразитних рухів оптичної деталі під час процесу юстирування? Для забезпечення цього пропонується вісь повороту розташувати так: вона точно має проходити через центр сферичної дзеркальної поверхні та через місце деформації пружного кронштейну 4 (рис. 2). Саме у такому випадку під час деформації місця перегину пружного кронштейну 4 дзеркало повертатиметься навколо вісі X, але в жодному разі не зміщуватиметься центрова точка поверхні.

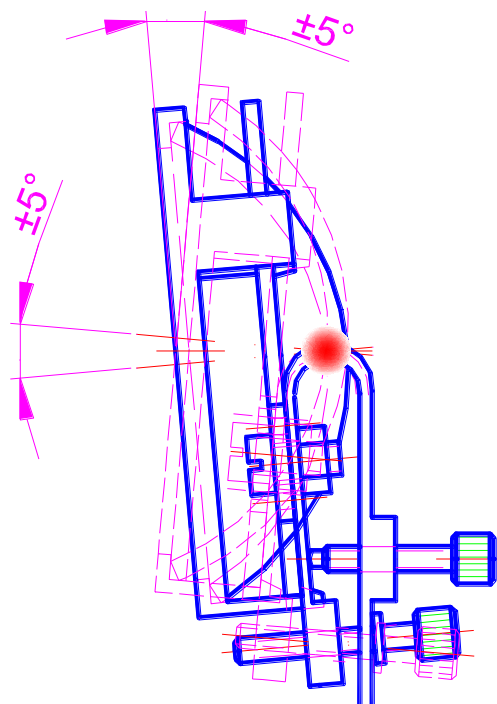


Рис. 2. Схема юстирування: вісь повороту (відмічено червоною точкою) співпадає з центром поверхні дзеркала

Процес юстирування відбуватиметься наступним чином. При закручуванні регулювального гвинта 5 у кронштейн 4 відбуватиметься його пружна деформація і дзеркало 1 повертатиметься проти годинникової стрілки. Зрозуміло, що перед цим необхідно дещо викрутити кріпильний гвинт 6. Максимально допустимий кут повороту дзеркала під час юстирування

обмежено  $5^\circ$ . Після завершення процесу позиціонування положення дзеркала остаточно фіксується кріпильним гвинтом 6.

Поворот дзеркала за годинниковою стрілкою відбуватиметься при закручуванні кріпильного гвинта 6, а остаточна фіксація положення – регулювальним гвинтом 5. Тобто назви обох цих гвинтів умовні – під час роботи вузла вони міняються ролями в залежності від напрямку юстирування.

Таким чином, розроблений вузол юстирування сферичного дзеркала (рис. 3) виконуватиме функцію, що покладено на нього у завданні на проектування.

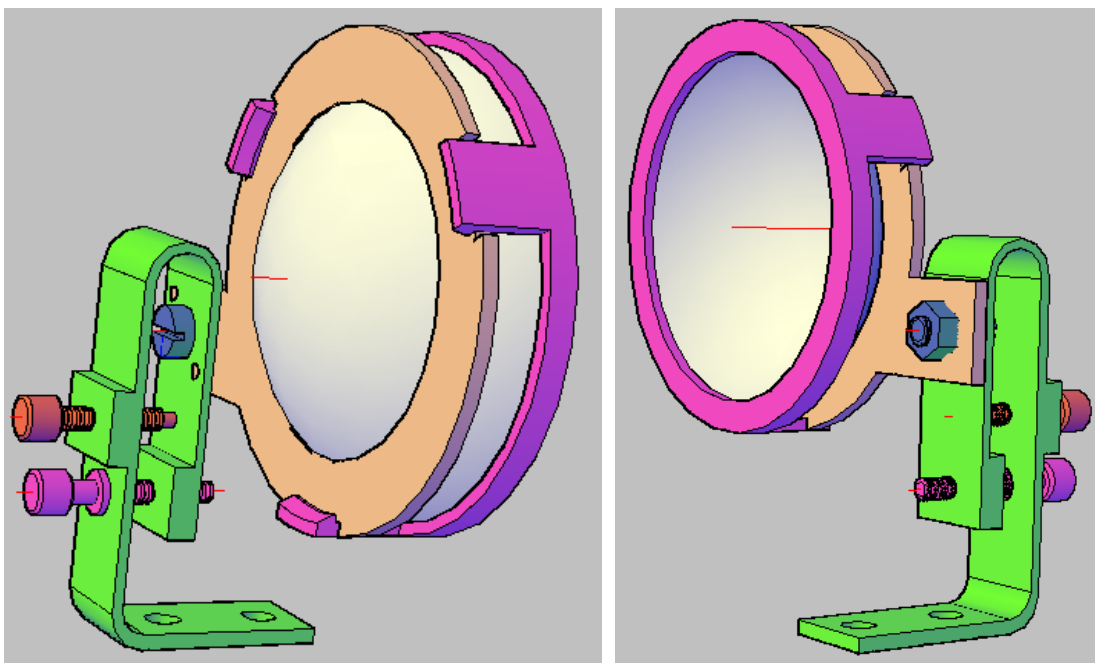


Рис. 3. 3D-модель вузла юстирування

Конструювання та розробка моделей деталей пристрою юстирування відбувались із застосуванням ліцензованої програми AutoCAD (безкоштовна ліцензія для освітян та студентів).

Друк деталей вузла юстирування відбувався на 3D-принтері (рис. 4). Витрати часу становлять менше півтори години, а філаменту трохи більше чотирьох метрів (табл. 1).

Для 3D-друку використано пластиковий дровий матеріал (філамент) ABS (АБС) – Acrylonitrile Butadiene Styrene (АкрилонітрилБутадієнСтирол), характеристики та параметри друку якого можна подивитись у [2].



Рис. 4. Надруковані деталі вузла юстирування: 1 – сферичне дзеркало; 2 – основа; 3 – оправа; 4 – пружний кронштейн

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

Позиція	Найменування	Час друку, хвилини	Витрати філаменту, мм
2	основа	28	1442
3	оправа	28	1325
4	кронштейн	26	1347
Загалом		82≈ 1,37 години	4114≈4,1 метри

Роздрукований та складений вузол юстирування виконує покладені на нього функції (рис. 5). Єдиним недоліком, який було виявлено, є незначний прогин пружного кронштейну на плоских ділянках внаслідок недостатньої жорсткості полімерного матеріалу. Але цей недолік можна легко виправити виготовляючи кронштейн з більш товстими стінками або, навіть, стінками різної товщини.

Підсумовуючи можна відзначити позитивні результати проведення дослідницької, проектної та конструкторської робіт, у результаті яких було спроектовано та виготовлено вузол юстирування дзеркала сферичного із застосуванням пружних елементів. Студентами набуто практичних умінь з конструювання оптико-механічних вузлів та визначено переваги та недоліки розробленої конструкції.

Роботи щодо виконання даного проекту проводились в рамках вивчення дисципліни «Основи проектування оптико-механічних вузлів» та діяльності студентського науково-технічного гуртка «Моделювання складних інженерних систем із застосуванням 3D технологій» при кафедрі лазерної техніки та

фізико-технічних технологій Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського.

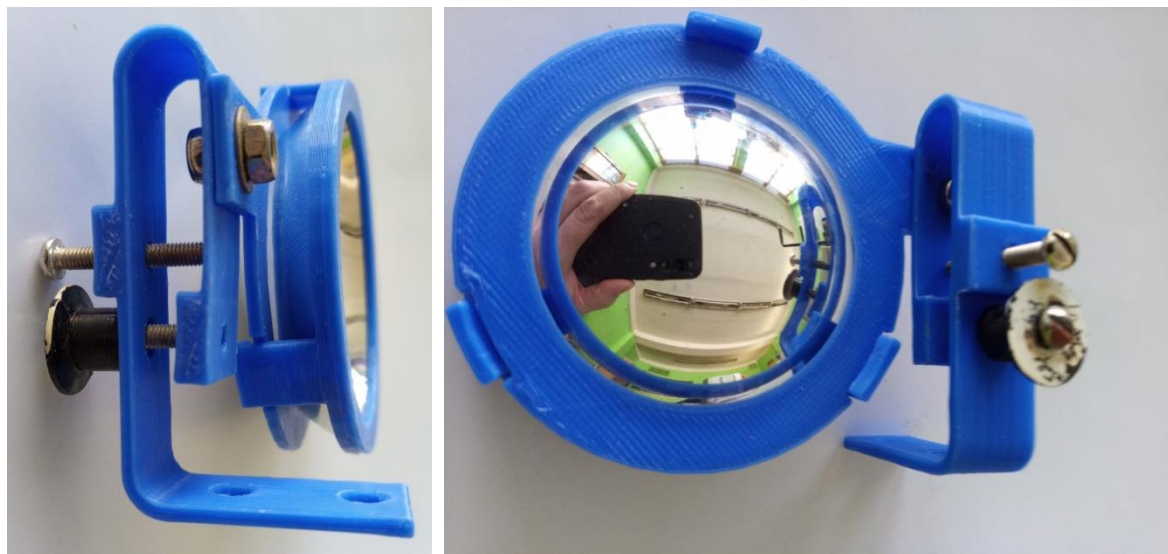


Рис. 5. Виготовлений вузол юстирування

Список використаних джерел:

1. Проектування та виготовлення пристрою юстирування із застосуванням циліндричних пружин розтягнення Гарбарчук О. С., Дубнюк В. Л. Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні 2020», – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, № 2, 2020, стор. 144-147. ISSN 2708-3926 (<http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/view/199679>)

2. 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>)