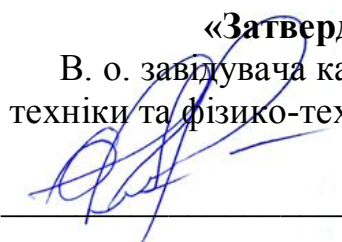


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА
ЗВАРЮВАННЯ імені Є. О. ПАТОНА
КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ТЕХНОЛОГІЙ

«Затверджую»
В. о. завідувача кафедри лазерної
техніки та фізико-технічний технологій
 Олексій КАГЛЯК

ПАСПОРТ

навчально-наукова лабораторія
**ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЛАЗЕРНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ОПТИЧНИХ СИСТЕМ
(кабінет 439-19)**

Зміст

1. Характеристика приміщення	3
2. Відповідальні по лабораторії	4
3. Освітні компоненти, що забезпечуються	4
4. Обладнання лабораторії	7
4.1. Лабораторне обладнання	7
4.2. Обладнання для моделювання	11
4.3. Обладнання для досліджень результатів експериментів та моделювання	12
5. Зразки	13
5.1. Результати лазерної обробки	13
5.2. Моделі проєктованих вузлів	13
6. Техніка безпеки під час знаходження у лабораторії	14
7. Правила пожежної безпеки	15

1. Характеристика приміщення

Кабінет № 439-19 (рис. 1) розташовано на четвертому поверсі навчального корпусу 19. Площа приміщення становить 40 кв. м. Кількість посадкових місць – 15.

У кабінеті розташовано меблі, лабораторне обладнання та комп'ютери, задля забезпечення проведення практичних та лабораторних занять. В наявності екран для демонстрації відео та зображень, дошка відсутня. Є можливість проводити лекційні, практичні та лабораторні заняття для невеликої групи студентів.

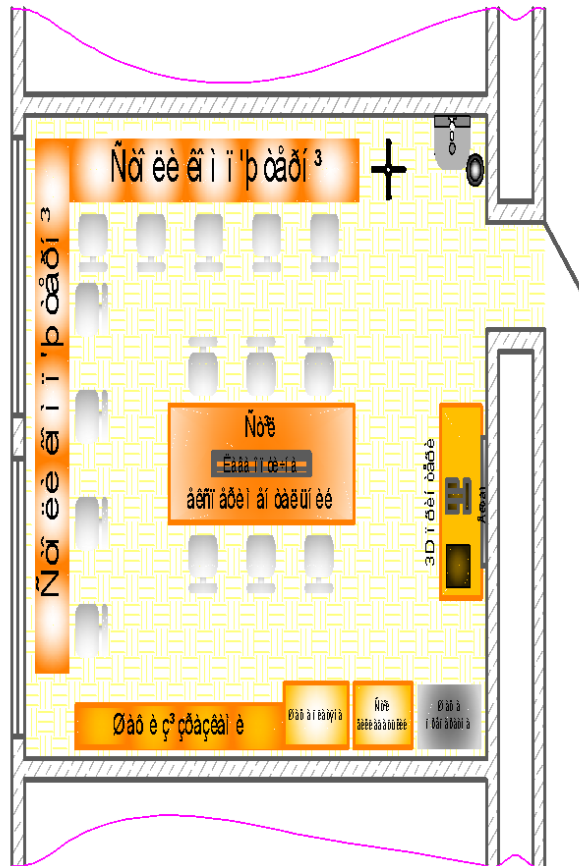


Рис. 1. План кабінету

Окрім проведення аудиторних занять, лабораторія є базою для діяльності студентського гуртка інженерного спрямування **Моделювання складних інженерних систем із застосуванням 3D прототипування**, який створено наказом № 1/125 від 17.03.2020 р. та діє при кафедрі лазерної техніки та фізико-технічних технологій Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона. Для діяльності гуртка застосовується усе обладнання, що знаходиться у даному приміщенні. Заняття гуртківців планується на другу половину дня з 15.00 по 18.00, згідно розкладу, що затверджується на першому засіданні гуртка на початку кожного навчального року. Засідання та заняття гуртка планує (разом з гуртківцями) та проводить керівник ст. викл. Дубнюк В. Л.

2. Відповідальні по лабораторії

З метою організації навчального процесу, проведення аудиторних занять та підтримання працездатності обладнання призначено відповідальних по лабораторії (табл. 1).

Таблиця 1. Відповідальні по лабораторії

Організація навчального процесу та методичне забезпечення	Дубнюк Віктор Леонідович, старший викладач кафедри
Технічне забезпечення та функціонування	Данилейко Олександр Олександрович, інженер I категорії

3. Освітні компоненти, що забезпечуються

У даному приміщенні планується проводити аудиторні заняття з кількох дисциплін (табл. 2). Також можуть проводитись лабораторні та практичні заняття з інших освітніх компонентів, що мають потребу демонстрації обладнання або технологій, розміщених у даній лабораторії, і заплановані до викладання у поточному навчальному році. Наприклад, з дисципліни **Технологія конструкційних матеріалів** можуть проводитись лабораторні та практичні заняття для демонстрації можливостей 3D друку.

Згідно поточного стану заплановано проведення аудиторних занять (лабораторних та практичних) з трьох освітніх компонентів (табл. 3).

Таблиця 2. Перелік освітніх компонентів

№ зп	Освітній компонент	Прізвище, ініціали науково-педагогічного працівника
1	Технологічні системи у виробництві (ПО 27)	ст. викл. Дубнюк В. Л.
2	Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання (ПВ 10)	ст. викл. Дубнюк В. Л.
3	Проектування оптико-механічних вузлів (ПВ 13)	ст. викл. Дубнюк В. Л.

Таблиця 3. Перелік лабораторних та практичних робіт, що заплановано проводити

№ зп	Освітній компонент	Назва роботи	Навчально-методичне забезпечення (назва, рік видання)
1	2	3	4
1	Технологічні системи у виробництві	1. Будова випромінювача твердотілого технологічного лазера 2. Пристрій охолодження твердотілого технологічного лазера 3. Оптичний резонатор	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Лазерне технологічне обладнання. Конструкція твердотільних лазерів» для студентів напряму підготовки 6.050502

1	2	3	4
		твердотілого технологічного лазера	Інженерна механіка / Уклад.: Олещук Л. М., Красавін О. П. К.: НТУУ "КПІ", -2011.- 23 с.
2	Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання	1. Визначення характеристик вузла закріплення оптичної деталі у оправі та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD. 2. Визначення параметрів вузла юстирування оптичних деталей та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD. 3. Ознайомлення з конструкцією стандартної оптичної лави та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD. 4. Ознайомлення з конструкцією механізмів лінійних переміщень та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD. 5. Ознайомлення з використанням пружинних елементів у конструкціях лазерного обладнання, визначення параметрів пружинних елементів та виготовлення ескізів вузлів з використанням програмного продукту AutoCAD.	Основи розрахунку та конструювання вузлів лазерного технологічного обладнання. Практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти освітньої програми Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів спеціальності 131 Прикладна механіка; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с.
3	Проектування оптико-механічних	1. Завдання та мета викладання освітнього компоненту (дисципліни).	1. Проектування оптико-механічних вузлів. Практикум. [Електронний

1	2	3	4
	вузлів	Постановка задачі на практичні заняття. 2. Визначення складу оптичної системи, її функціонування та робота окремих оптичних деталей. 3. Проведення попереднього габаритного розрахунку оптичної системи. 4. Будова схеми проходження світлових променів. 5. Визначення конструкційних елементів оптичних деталей. 6. Розрахунок конструкційних елементів позитивної лінзи. 7. Розрахунок конструкційних елементів негативної лінзи. 8. Розробка ескізів позитивної та негативної лінз. 9. Перевірка відповідності оптичних деталей проведеним розрахункам. 10. Визначення показників якості оптичного матеріалу. 11. Вимоги до виготовлення деталі та оптичних параметрів деталі в залежності від її призначення та умов експлуатації. 12. Основні вимоги до виконання робочих креслеників лінз. 13. Розробка робочого креслення позитивної лінзи	ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти освітньої програми Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій спеціальності 131 Прикладна механіка; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с. 2. Проектування оптико-механічних вузлів. Розрахунково-графічна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти освітньої програми Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій спеціальності 131 Прикладна механіка; уклад.: В. Л. Дубнюк – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 65 с.

1	2	3	4
		відповідно до проведених розрахунків та ескізів. 14. Розробка робочого креслення негативної лінзи відповідно до проведених розрахунків та ескізів. 15. Постановка юстирувальної задачі відповідно до завдання на проектування оптичного вузла. 16. Розробка конструкції вузла юстирування. Визначення основних елементів конструкції, методики юстирування, розташування регулювальних та фіксуючих елементів. 17. Визначення особливостей закріплення оптичних деталей вузла. 18. Розрахунок закріплення позитивної лінзи. 19. Розрахунок закріплення негативної лінзи. 20. Виготовлення ескізів елементів закріплення лінзи позитивної у оправі. 21. Виготовлення ескізів закріплення лінзи негативної. 22. Компонування вузла оптичної системи. 23. Виготовлення складального кресленика вузла оптичної системи. 24. Розробка специфікації до розробленого складального кресленика оптико-механічного вузла.	

4. Обладнання лабораторії

4.1. Лабораторне обладнання

З метою опанування освітнього контенту освітніх компонентів, лабораторні та практичні заняття з яких проводяться, у кабінеті розташовано оптичну лаву для проектування та моделювання лінійних оптичних систем (рис. 2). На дану оптичну лаву за допомогою рейтерів можна встановлювати оптичні вузли з яких саме й моделюється оптична система.

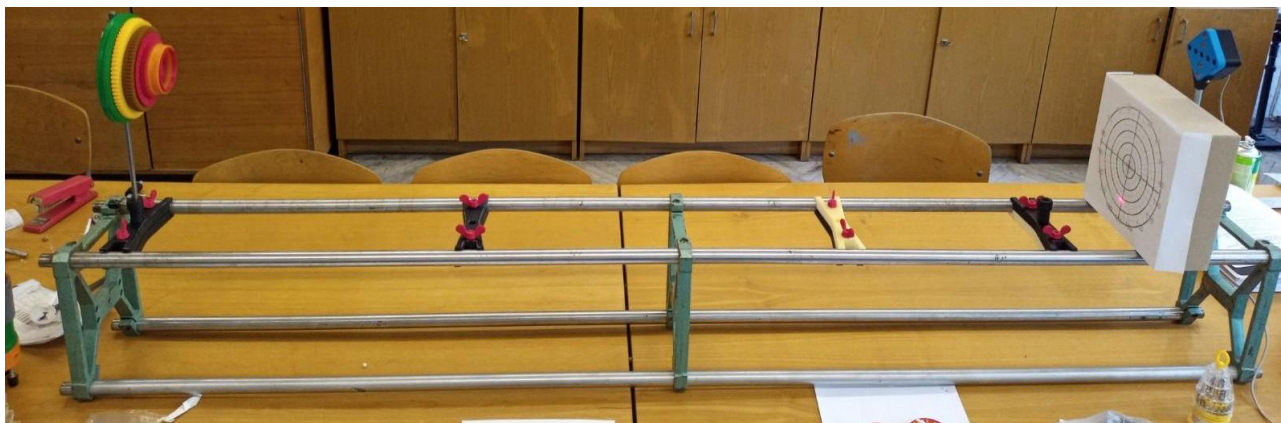


Рис. 2. Лава оптична

Джерелом лазерного проміння при моделюванні оптичних систем виступатиме зазвичай пристрій, що має назву ПОЛІЛАЗЕР (рис. 3), який складається з двох частин: I – перетворювач та регулятор подачі електричної енергії (ПРПЕ) та II – блок з лазерними випромінювачами (БЛВ).

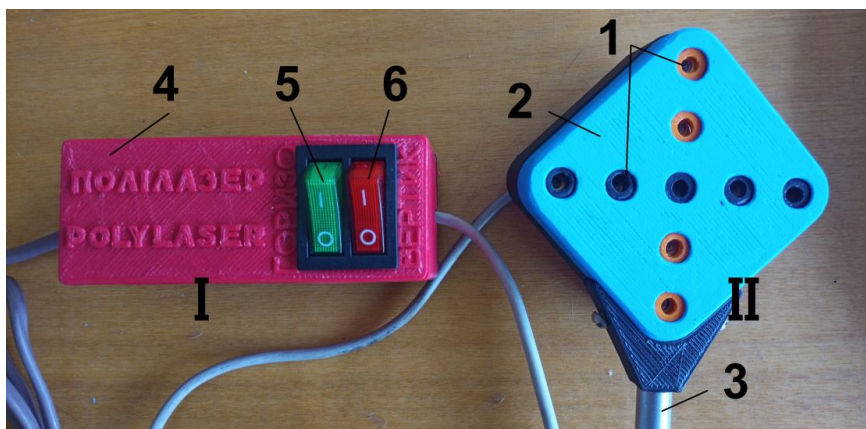


Рис. 3. Джерело лазерного проміння

БЛВ містить лазерні випромінювачі 1 (ЛВ), які змонтовано у корпусі 2. Корпус 2 за допомогою стійки 3 закріплюється на рейтері оптичної лави. Лазерні випромінювачі 1 змонтовано у дві лінійки – горизонтальну (синього кольору) та вертикальну (помаранчевого кольору). Стька 3 дозволяє регулювати положення БЛВ вздовж вертикальної осі для налаштування розташування ЛВ.

ПРПЕ змонтовано у корпусі 4, містить плату перетворення електричної енергії для живлення ЛВ 1 та вмикання горизонтальної та вертикальної лінійки ЛВ 1. Перемикач 5 керує горизонтальною лінійкою ЛВ 1, а перемикач 6, відповідно, – вертикальною лінійкою ЛВ 1.

ПОЛІЛАЗЕР працює наступним чином:

- якщо вимкнено перемикачі 5 та 6, то випромінює лише центральний ЛВ 1, який позначає оптичну вісь модельованого оптичного пристрою;
- якщо увімкнути перемикач 5, то вмикається горизонтальна лінійка, що складається з п'ятих ЛВ 1 та позначає промені, що розповсюджуються у сагітальній площині перерізу оптичної системи;
- якщо увімкнути перемикач 6, то вмикається вертикальна лінійка, що складається з п'ятих ЛВ 1 та позначає промені, що розповсюджуються у меридіональній площині перерізу оптичної системи;
- якщо увімкнено обидва перемикача 5 та 6, то випромінюють одразу усі дев'ять ЛВ 1, який позначають оптичну вісь, сагітальну та меридіональну площини перерізу оптичної системи.

Таким чином, за допомогою пристрою ПОЛІЛАЗЕР можна проводити дослідження проходження лазерних променів через модельовану оптичну систему.

Для проведення лабораторних занять з інших освітніх компонентів застосовуються механічні та оптичні елементи технологічного обладнання (рис. 4).

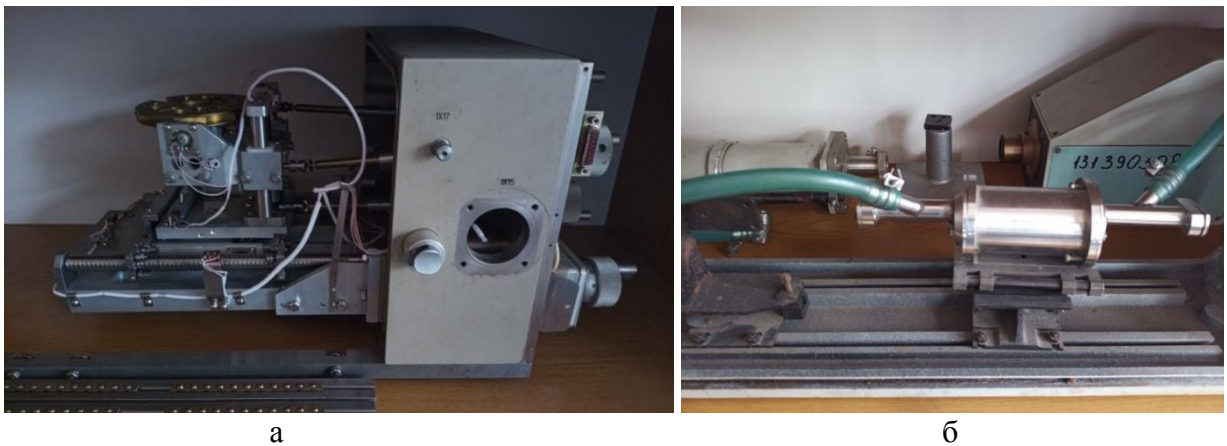


Рис. 4. Експериментальне лабораторне устаткування для проведення досліджень механічних (а) та оптичних (б) елементів обладнання

Для демонстрації роботи прецизійних механічних передач технологічного обладнання застосовано складний механічний вузол (рис. 4, а), що містить шарикові напрямні, гвинтові та черв'ячні передачі, карданні механізми.

Для дослідження роботи оптичних вузлів, що містять елементи закріплення та юстирування оптичних деталей використовуються окремі конструкції зі складу лазерного технологічного обладнання (рис. 4, б), зокрема, квантрони твердотілих лазерів різних модифікацій, оптична лава твердотілого лазера; система оптичного регулювання та контролю положення (СРК) сфокусованого лазерного пучка (рис. 5).

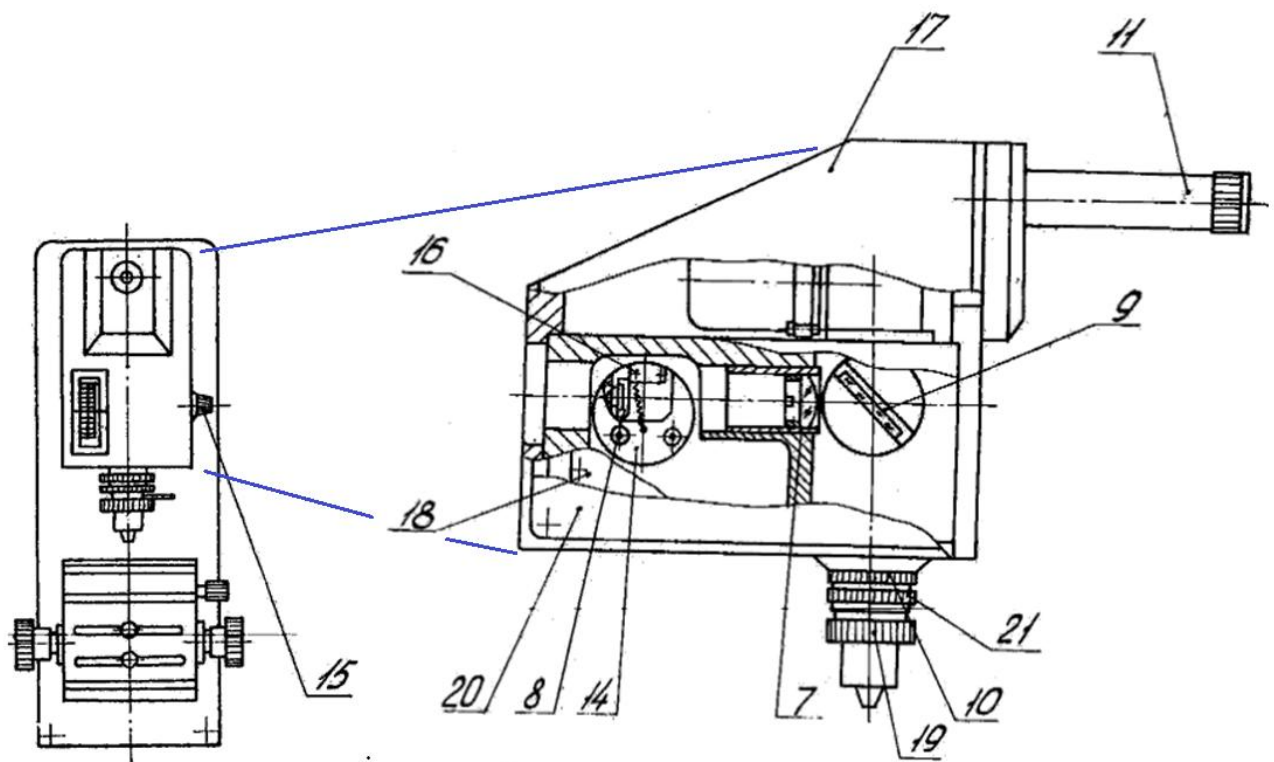


Рис. 5. Конструкція системи оптичного регулювання та контролю положення сфокусованого лазерного пучка: 7 – позитивний компонент телескопічної системи; 8 – негативний компонент телескопічної системи; 9 – селективне поворотне дзеркало; 10 – об’єктив; 11 – тубус з окуляром; 14 – механізм перемикання негативних компонентів телескопічної системи (2-х або 4-х кратних); 15 – ручка перемикання негативних компонентів телескопічної системи; 16 – додаткові циліндричні лінзи; 17 – корпус СРК; 18 – основа СРК; 19 – корпус об’єктива; 20 – кришка корпусу СРК; 21 – кільце фіксації об’єктива

Позитивний компонент 7 телескопічної системи переміщується вздовж оптичної осі у межах 15 мм відносно негативного компонента 8, що змінює розбіжність/збіжність лазерного пучка в залежності від вимог процесу обробки. Це зміщення позитивного компонента позначається на шкалі, що нанесено на барабані, частина сектора цього барабану виведено на передню панель СРК.

Механізм перемикання 14 вводить у енергетичний канал негативний компонент ($2\times$ або $4\times$) телескопічної системи поворотом ручки 15, під час повороту оправы в енергетичний канал вводиться двократний або чотирикратний компоненти. У обраному положенні оправа фіксується пружиною. За допомогою додаткових циліндричних лінз 16 формується пучок еліптичної форми.

Об’єктив 10 кріпиться до нижньої площини корпусу 17 СРК та комплектується лінзами з фокусною відстанню 100 та 50 мм.

Вузол візуального каналу спостереження та контролю сфокусованого лазерного пучка кріпиться до фронтальної площини корпусу 17 СРК. У візуальному каналі встановлено коливальний obturator, що перекриває канал у момент подачі робочого проміння задля запобігання небезпечного та шкідливого опромінення ока оператора від світлового потоку, що відбиватиметься від поверхні оброблюваної деталі.

4.2. Обладнання для моделювання

З метою проектування механічних та оптичних елементів лазерного технологічного обладнання та проведення подальшого моделювання використовуються 3D-принтери (рис. 6).

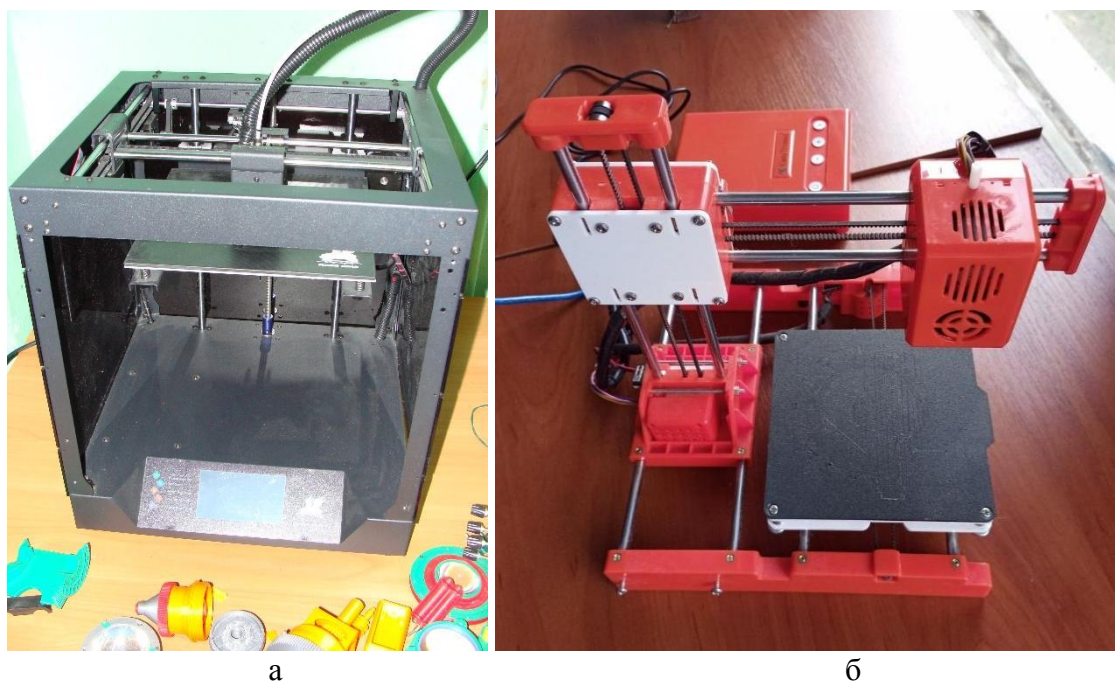


Рис. 6. 3D принтери для моделювання механічних та оптичних елементів лазерного технологічного обладнання із робочою зоною 200×200×200 мм (а) та 100×100×100 мм (б)

На даних принтерах для 3D-друку виготовляються змодельовані вузли та елементи обладнання з метою перевірки правильності моделювання та працездатності. У якості матеріалу для виготовлення використовується філамент – пластиковий дріт діаметром 1,75 мм. Виготовляється філамент з пластику ABS або PLA різних кольорів (рис. 7).



Рис. 7. Філамент, що використовується для моделювання механічних та оптичних елементів лазерного технологічного обладнання

Використовується філамент вітчизняного виробництва високої якості фірми **Plexiwire** (<https://shop.plexiwire.com.ua>).

4.3. Обладнання для досліджень результатів експериментів та моделювання

Задля визначення з результатами досліджень та моделювання застосовується цифровий мікроскоп (рис. 8, а), що підключається до комп'ютера та забезпечує збільшення зображення до $100\times$ за допомогою оптики та ще $6\times$ – цифрове збільшення.



Рис. 8. Цифровий мікроскоп (а), що закріплено на основі біологічного мікроскопу (б)

Задля зручності використання, цифровий мікроскоп закріплено на основі біологічного мікроскопу (рис. 8, б). Отримані за допомогою нього зображення обробляються програмним забезпеченням, що додається у комплекті, та зберігається у цифровому форматі. Основні характеристики мікроскопа наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Технічні характеристики цифрового мікроскопа

№ з/п	Назва характеристики	Одиниця вимірювання	Показник
1	2	3	4
1	Сенсор зображення		0,3 М HD CMOS
2	Роздільна здатність відеозображення		640×480
3	Частота кадрів	кадрів/с	30f/c
4	Формат відеозапису		AVI
5	Формат зображення		JEPG BMP
6	Діапазон ручного переміщення (фокусування)	мм	15...44
7	Збільшення		
7.1	оптичне		100

1	2	3	4
7.2	цифрове		6
8	Кількість вбудованих світлодіодів підсвічування зразка		8
9	Напруга джерела живлення (через USB-порт)	В	5
10	Інтерфейс		USB 3.0 USB 2.0 USB 1.1
11	Габаритні розміри оптичного блоку (без основи)	мм	110×33

5. Зразки

У приміщенні лабораторії розміщено зразки, що демонструють роботу лазерного технологічного обладнання та моделі, які отримані в результаті проектування вузлів та друку на 3D-принтерах.

5.1. Результати лазерної обробки

На полицях шафи розташовано деталі, що виготовлено із застосуванням лазерної технології. Зокрема можна побачити і подивитись на якість обробки деталей, що виготовлені із застосуванням лазерного різання (рис. 9, а); комбінованої обробки на лазер-пресах (рис. 9, б) та готових виробів з остаточним формуванням (рис. 9, в).



Рис. 9. Зразки лазерної обробки

5.2. Моделі проєктованих вузлів

Також у шафах розміщено зразки моделей механічних та оптичних елементів та вузлів лазерного технологічного обладнання, що отримано завдяки друку на 3D-принтерах (рис. 10).

За час роботи гуртка та проведення занять з вказаних освітніх компонентів напрацьовано достатньо велику кількість моделей, які яскраво демонструють можливості застосування 3D друку для моделювання та прототипування.



Рис. 10. Моделі проєктованих вузлів лазерного технологічного обладнання

6. Техніка безпеки під час знаходження у лабораторії

Загальні положення:

Дана інструкція встановлює вимоги безпеки при роботі в навчально-науковій лабораторії проєктування та моделювання лазерних технологічних та оптичних систем. Інструкція є обов'язковою до виконання всіма працівниками та студентами під час роботи в лабораторії.

Відповідальність за дотримання вимог безпеки покладається на завідувача лабораторії та безпосередніх виконавців робіт.

До самостійної роботи допускаються особи, які пройшли відповідне навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці.

Перед початком роботи:

1. Вивчити інструкції з експлуатації комп'ютерного обладнання та техніки безпеки в лабораторії.
2. Перевірити справність комп'ютерів, периферійних пристроїв та локальної мережі.
3. Підготувати робочі місця, налаштувати освітлення і мікроклімат в приміщенні.
4. Переконаватися в електробезпеці та надійності заземлення обладнання.

5. Підготувати необхідне програмне забезпечення та методичні матеріали.
6. Привести в порядок робочі місця, прибрати зайві предмети.

Під час роботи:

1. Дотримуватись правил експлуатації комп'ютерів та оргтехніки.
2. Дотримуватись режимів праці та відпочинку, гігієнічних вимог до робочого місця користувача ПК.
3. Виконувати вправи для очей та фізичні вправи під час роботи з комп'ютером.
4. Не залишати без нагляду увімкнену обладнання.
5. Підтримувати порядок на робочому столі та чистоту обладнання.
6. Дотримуватись правил протипожежної безпеки та охорони праці під час експлуатації електроустановок.

Після закінчення роботи:

1. Завершити активні процеси і закрити всі активні програми на комп'ютерах.
2. Вимкнути живлення комп'ютерів та іншого обладнання.
3. Прибрати з робочих місць документацію, носії інформації.
4. Привести в порядок робочі місця та приміщення лабораторії.
5. Повідомити керівника про будь-які виявлені недоліки в роботі обладнання.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

1. При виникненні аварійної ситуації відключити живлення обладнання, повідомити відповідальну особу.
2. У разі пожежі вжити заходів до її гасіння та евакуюватися згідно плану евакуації.
3. Якщо сталась аварія електромережі - відключити обладнання, залишити приміщення, сповістити адміністрацію.
4. При отриманні травм надати потерпілому першу допомогу, у разі потреби викликати швидку медичну допомогу.
5. Після ліквідації аварії слід проаналізувати її причини та запобігти повторенню.

Дотримання вимог даної інструкції забезпечить безпечну роботу та навчання у лабораторії проектування та моделювання лазерних технологічних та оптичних систем.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- курити в приміщеннях інституту, за винятком місць спеціально відведених для цієї мети;
- зберігати легкозаймисті рідини і речовини у відкритій тарі;
- спільне зберігання речовин і матеріалів, що може викликати самозаймання;
- виконувати зварювальні та інші вогневі роботи в будівлях і спорудах без письмового дозволу пожежної частини (ППЧ-32);
- залишати без нагляду ввімкнені в мережу електроустановки;
- користуватись холодильниками, телевізорами, електроплитками, електрочайниками в службових приміщеннях;
- використовувати пожежний інвентар не за призначенням.

В кабінеті 439-19 встановлено вогнегасник та засоби надання першої медичної допомоги.