

**Силабус  
вибіркового компоненту**

**Технології швидкого прототипування**

|                             |                                                                                                                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назва дисципліни:           | Технології швидкого прототипування                                                                                    |
| Рівень вищої освіти:        | Перший (бакалаврський)                                                                                                |
| Сторінка курсу в Moodle:    | <a href="https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=1917">https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=1917</a> |
| Обсяг освітнього компоненту | 4 кредити (120 годин)                                                                                                 |
| Форма підсумкового контролю | Залік                                                                                                                 |
| Консультації:               | за графіком                                                                                                           |
| Назва кафедри:              | Деталей машин та ТММ                                                                                                  |
| Мова викладання:            | українська                                                                                                            |
| Керівник курсу:             | Єгоров Павло Анатолійович, к.т.н.                                                                                     |
| Контактний телефон:         | (057) 707 37 10                                                                                                       |
| E-mail:                     | phd.egpavel@gmail.com                                                                                                 |

**Короткий зміст освітнього компоненту:**

**Метою** є формування сукупності знань, умінь та навичок для вирішення задач механічної інженерії з питань автоматизованого проєктування виробів, технологій їх виготовлення з використанням сучасних засобів, зокрема адитивного виробництва та станків з ЧПУ.

**Предмет:** теоретичні, методологічні та практичні основи розробки виробів і підготовки до їх виробництва за сучасними технологіями.

**Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:**

- розвинути навички використання САПР виробів і програмного забезпечення для підготовки до виробництва;
- ознайомити з будовою, технологічними можливостями і технічними характеристиками пристроїв для швидкого прототипування;
- закласти основи навичок раціонального проєктування з урахуванням технології виготовлення.

**Передумови для вивчення освітнього компоненту:**

Базові знання з інформатики та/або інженерна та комп'ютерна графіка

**Компетентності, яких набуває здобувач:**

**Загальні компетентності:**

- Знання і розуміння предметної області та професійної діяльності.
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Здатність працювати в команді.
- Здатність працювати автономно.

**Фахові компетентності (спеціальні, предметні):**

Здатність застосовувати типові методи для розв'язування професійних, технічних та практичних завдань галузевого машинобудування, ефективні методи математики, фізики, технічних наук, а також відповідне програмне забезпечення.

Здатність раціонально обирати технології швидкого прототипування та відповідні матеріали з метою оптимізації швидкості отримання прототипів із забезпеченням необхідних параметрів точності та працездатності.

Здатність використовувати знання й практичні навички в галузі конструкторської та технологічної підготовки виробництва.

Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та оцінювати результати вимірювань.

Здатність застосовувати комп'ютерні системи для вирішення технічних завдань в галузі машинобудування.

Здатність представлення результатів своєї діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

### Програмні результати навчання:

Обирати і застосовувати потрібні методи, обладнання та інструменти для виготовлення деталей з використанням технології швидкого прототипування.

### Тематичний план

| № теми | Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)                                                                                                               | Кількість годин |        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|        |                                                                                                                                              | очна            | заочна |
| 1      | ЛК Вступ. Проектування промислових виробів. Еволюція проектних технологій. Технологія швидкого прототипування.                               | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Знайомство з середовищем Autodesk Fusion 360. Моделювання простих деталей.                                                       | 2               |        |
|        | СР Історія і тенденції промислових революцій.                                                                                                | 8               |        |
| 2      | ЛК Альтернативні методи отримання тривимірних моделей. Використання САЕ-систем для інженерних розрахунків з метою вдосконалення конструкцій. | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Отримання тривимірної моделі деталі за фотографіями.                                                                             | 2               |        |
|        | СР Використання фотограмметрії для отримання тривимірної моделі деталі.                                                                      | 12              |        |
| 3      | ЛК Станки з ЧПУ, класифікація та технічні можливості. Адитивні технології виробництва.                                                       | 2               | 2      |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Використання доповнень та бібліотек Autodesk Fusion 360.                                                                         | 2               |        |
|        | СР Проектування з використанням доповнень та бібліотек Autodesk Fusion 360.                                                                  | 12              |        |
| 4      | ЛК Виготовлення деталей за технологією FDM.                                                                                                  | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Огляд конструкції та друк з використанням 3D принтера за технологією FDM.                                                        | 2               |        |
|        | СР Переробка та утилізація відходів друку.                                                                                                   | 8               |        |
| 5      | ЛК Дефекти, що виникають при друці за технологією FDM та шляхи їх усунення.                                                                  | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Підготовка до друку та оптимізація моделей з урахуванням особливостей FDM-технології.                                            | 2               | 2      |
|        | СР Підготовка власної моделі до друку за технологією FDM.                                                                                    | 14              |        |

| № теми | Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)                                                                                            | Кількість годин |        |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|        |                                                                                                                           | очна            | заочна |
| 6      | ЛК Друк складних та великогабаритних об'єктів. Післяобробка надрукованих деталей.                                         | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Підготовка до друку складних та великогабаритних об'єктів.                                                    | 2               |        |
|        | СР Підготовка складних моделей до друку.                                                                                  | 12              |        |
| 7      | ЛК 3D друк за технологією полімеризації рідкого полімеру (SLA/DLP/LCD). Конструкція та різновиди пристроїв. Післяобробка. | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Підготовка моделі та керуючої програми для друку за технологією LCD полімеризації рідкого полімеру.           | 2               | 2      |
|        | СР Робота із програмним забезпеченням для підготовки до друку.                                                            | 12              |        |
| 8      | ЛК 3D друк за технологією SLS. Матеріали та особливості технології.                                                       | 2               |        |
|        | ПР (ЛР, СЗ) Підготовка керуючої програми для друку за технологією SLS.                                                    | 2               |        |
|        | СР Огляд пристроїв та новітніх розробок пов'язаних з технологією SLS.                                                     | 10              |        |
| Разом  | ЛК                                                                                                                        | 16              | 2      |
|        | ПР (ЛР, СЗ)                                                                                                               | 16              | 4      |
|        | СР                                                                                                                        | 88              | 114    |

#### Методи навчання:

- 1) словесні: 1.1 традиційні: лекції, пояснення, розповідь тощо;
- 1.2 інтерактивні (нетрадиційні): проблемні лекції, дискусії тощо;
- 2) наочні: метод ілюстрацій, метод демонстрацій.
- 3) практичні: 3.1 традиційні: практичні заняття, семінари.

#### Система оцінювання та вимоги:

##### Поточна успішність

1 Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальну шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.

1.1 Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.

1.2 Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

2 Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (лабораторному чи семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних

знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

3 Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + \dots + Kn}{n},$$

де  $K^{поточ}$  – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, \dots, Kn$  – оцінка успішності  $n$ -го заходу поточного контролю;

$n$  – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

**Таблиця 1** – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

| 4-бальна шкала | 100-бальна шкала | 4- бальна шкала | 100-бальна шкала | 4- бальна шкала | 100-бальна шкала | 4- бальна шкала    | 100- бальна шкала |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------|
| 5              | 100              | 4,45            | 89               | 3,90            | 78               | 3,35               | 67                |
| 4,95           | 99               | 4,4             | 88               | 3,85            | 77               | 3,3                | 66                |
| 4,9            | 98               | 4,35            | 87               | 3,80            | 76               | 3,25               | 65                |
| 4,85           | 97               | 4,3             | 86               | 3,75            | 75               | 3,2                | 64                |
| 4,8            | 96               | 4,25            | 85               | 3,7             | 74               | 3,15               | 63                |
| 4,75           | 95               | 4,20            | 84               | 3,65            | 73               | 3,1                | 62                |
| 4,7            | 94               | 4,15            | 83               | 3,60            | 72               | 3,05               | 61                |
| 4,65           | 93               | 4,10            | 82               | 3,55            | 71               | 3                  | 60                |
| 4,6            | 92               | 4,05            | 81               | 3,5             | 70               | від 1,78 до 2,99   | від 35 до 59      |
|                |                  |                 |                  |                 |                  | повторне складання |                   |
| 4,55           | 91               | 4,00            | 80               | 3,45            | 69               | від 0 до 1,77      | від 0 до 34       |
| 4,5            | 90               | 3,95            | 79               | 3,4             | 68               | повторне вивчення  |                   |

### Підсумкове оцінювання

1 Здобувач вищої освіти у третьому семестрі навчання отримує залік на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання. Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 100-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (таблиця 1).

Здобувачі вищої освіти, які мають середню поточну оцінку з дисципліни нижче ніж «3» (60 балів), на останньому занятті можуть підвищити свій поточний бал шляхом складання тестів з дисципліни.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

Здобувач вищої освіти у четвертому семестрі навчання складає іспит.

2 Умовою отримання заліку є:

- відпрацювання всіх пропущених занять;
- середня поточна оцінка з дисципліни не нижче «3» (60 балів).

3 За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

3.1 Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність (для дисциплін, підсумковою формою контролю для яких є залік), або до підсумкової оцінки з дисципліни, підсумковою формою контролю для якої є екзамен.

3.2 Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

- призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;
- призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;
- участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів
- участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;
- участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів
- участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;
- виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів.

3.3 Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

4 Результат навчання оцінюється:

за 100-бальною шкалою (для диференційованого заліку) згідно з таблицею 2.

Підсумкова оцінка разом з додатковими балами не може перевищувати 100 балів.

**Таблиця 2** – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

| Оцінка в балах | Оцінка за національною шкалою |               | Оцінка за шкалою ЄКТС |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | екзамен                       | залік         | Оцінка                | Критерії                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 90-100         | Відмінно                      | Зараховано    | A                     | Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального                                                                                                                                |
| 80–89          |                               |               | B                     | Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального                                                                                                            |
| 75-79          |                               |               | C                     | Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками                                                                                     |
| 67-74          |                               |               | D                     | Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки                                                                                                 |
| 60–66          |                               |               | E                     | Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.                                                                                                                                                   |
| 35–59          | Незадовільно                  | Не зараховано | FX                    | Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання) |

| Оцінка в балах | Оцінка національною шкалою за |       | Оцінка за шкалою ЄКТС |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------------------------|-------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                               |       | Оцінка                | Критерії                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                | екзамен                       | залік |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 0–34           | Неприйнятно                   |       | F                     | Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом) |
|                |                               |       |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                |                               |       |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Політика курсу:

- курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;
- освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій, а також самостійну роботу;
- самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;
- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;
- під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної доброчесності учасників освітнього процесу ХНАДУ» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_67\\_01\\_dobroch\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_dobroch_1.pdf)), «Академічна доброчесність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_85\\_1\\_01.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_85_1_01.pdf)), «Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_67\\_01\\_MEK\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_MEK_1.pdf)).
- у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;
- списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

### Рекомендована література:

#### Базова література

1. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проєктування промислових виробів: конспект лекцій. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. 140 с.
2. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 158с.
3. Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., "Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing", 2nd ed.; Springer-Verlag: New York, NY, USA, 2015.
4. Godec, D., Gonzalez-Gutierrez, J., Nordin, A., Pei, E., & Alcázar, J. U. (Eds.) (2022). A Guide to Additive Manufacturing. (1 ed.) (Springer Tracts in Additive Manufacturing). Springer Cham.

5. Коваленко А. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічні основи програмування для верстатів з ЧПК». Краматорськ, 2016. 143 с.

#### Допоміжна література

1. Люта А. В. Автоматизоване проєктування складних об'єктів і систем: конспект лекцій. Краматорськ: ДДМА, 2020. 124 с.

2. Гейчук В. М. Функціональне проєктування верстатів, роботів та машин в Autodesk (Частина І): навч. посіб. Навчальне мережне електронне видання. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 394 с.

3. САПР ТП: Конспект лекцій / К. С. Барандич, С. П. Вислоух, М. В. Філіппова. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 201 с.

4. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля "Анализ напряжений" Autodesk Inventor: навч. посіб. / В. М. Гейчук, К. М. Рудаков. К.: НТУУ "КПІ", 2016. 176 с.

5. Онофрейчук Н. В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням : підруч. Львів : Світ, 2019. 352 с. ISBN 978-966-914-229-0

6. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 91 с.

7. Voropay, A., Yehorov, P., Gnatenko, G., Povaliyev, S. & Sharapata, A. (2022). OPTIMIZATION OF MACHINE PARTS MODELS FOR 3D PRINTING. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 6 (3), 511-520. DOI: 10.46519/ij3dptdi.1187111

#### Додаткові джерела:

1. Дистанційний курс:

<https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=1802>

2. Дистанційний курс:

<https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=3532>

Розробник

силабусу навчальної дисципліни

\_\_\_\_\_

підпис

\_\_\_\_\_ Павло ЄГОРОВ

ПІБ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

підпис

\_\_\_\_\_ Олексій ВОРОПАЙ

ПІБ