

Міністерство освіти і науки України  
Сумський національний аграрний університет  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра проектування технічних систем

Робоча програма (силабус) освітнього компонента

**ОК 12 – Методологія прогнозування  
та керування надійністю техніки  
(обов'язковий)**

Реалізується в межах освітньої програми **Галузеве машинобудування**  
(назва)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» /  
G11 Машинобудування (за спеціалізаціями)

(шифр, назва)

третього (освітньо-наукового рівня) рівня вищої освіти

Розробники:



Олександр ІВЧЕНКО, канд. техн.  
наук, доц., зав. каф. ПТС

|                                                                                                             |                                       |                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Розглянуто,<br>схвалено та<br>затверджено<br>на засіданні<br>кафедри<br>проектування<br>технічних<br>систем | Протокол № 12 від «17» червня 2025 р. |                                                                                                                                           |
|                                                                                                             | Завідувач кафедри                     | <br>(підпис)<br>Олександр ІВЧЕНКО<br>(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) |

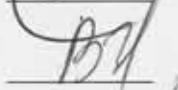
Погоджено:

Гарант освітньої програми



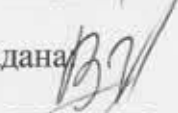
Олександр ІВЧЕНКО

Декан ІТФ



Владислав ЗУБКО

Рецензія на робочу програму (додається) надана

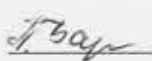


Владислав ЗУБКО



Євген КОНОПЛЯНЧЕНКО

Методист відділу якості освіти,  
ліцензування та акредитації



Григор Бараник

Зареєстровано в електронній базі:

28.08. 2025 р.

Інформація про перегляд робочої програми (силабусу):

| Навчальний рік,<br>в якому<br>вносяться зміни | Номер додатку до<br>робочої програми з<br>описом змін | Зміни розглянуто і схвалено                  |                      |                              |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|------------------------------|
|                                               |                                                       | Дата та номер протоколу<br>засідання кафедри | Завідувач<br>кафедри | Гарант освітньої<br>програми |
|                                               |                                                       |                                              |                      |                              |
|                                               |                                                       |                                              |                      |                              |
|                                               |                                                       |                                              |                      |                              |
|                                               |                                                       |                                              |                      |                              |

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ

|      |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |             |
|------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|
| 1.   | Назва ОК                                                           | Методологія прогнозування та керування надійністю техніки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |             |
| 2.   | Факультет/кафедра                                                  | Інженерно-технологічний факультет/ кафедра проектування технічних систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |             |
| 3.   | Статус ОК                                                          | <u>Обов'язковий</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |             |
| 4.   | Програма/Спеціальність (програми)                                  | Освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |             |
| 5.   | ОК може бути запропонований для (заповнюється для вибіркового ОК)  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |             |
| 6.   | Рівень НРК                                                         | 8 рівень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |             |
| 7.   | Семестр та тривалість вивчення                                     | Денна<br>3 семестр, 13 тижнів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |             |
| 8.   | Кількість кредитів ЄКТС                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |             |
| 9.   | Загальний обсяг годин та їх розподіл – 90 годин                    | Контактна робота(заняття)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |             |
|      |                                                                    | Лекційні                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Практичні / семінарські | Лабораторні |
|      |                                                                    | Денна<br>20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Денна<br>20             | Денна<br>50 |
| 10.  | Мова навчання                                                      | Українська, англійська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |             |
| 11.  | Викладач/ Координатор освітнього компонента                        | Івченко Олександр Володимирович, к.т.н., зав. кафедри проектування технічних систем<br>Години консультацій – кожного понеділка з 10.00 до 12.00, кабінет 415м                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |             |
| 11.1 | Контактна інформація                                               | oleksandr.ivchenko@snau.edu.ua                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |             |
| 12.  | Загальний опис освітнього компонента                               | Дисципліна спрямована на формування у здобувачів здатності використовувати сучасні методи прогнозування та управління для забезпечення високої надійності технічних систем. Вивчення дисципліни дає можливість аспірантам опанувати методологію оцінювання надійності, розробляти моделі надійності та використовувати їх для оптимізації функціонування технічних систем. Особлива увага приділяється використанню цифрових технологій, математичного моделювання та аналізу великих даних для дослідження надійності. |                         |             |
| 13.  | Мета освітнього компонента                                         | Формування у здобувачів знань, навичок та компетенцій для прогнозування, аналізу та управління надійністю технічних систем і їх елементів з урахуванням сучасних вимог галузевого машинобудування.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |             |
| 14.  | Передумови вивчення ОК, зв'язок з іншими освітніми компонентами ОП | Дисципліна базується на ОК2 «Сучасні інформаційні технології у науковій діяльності», ОК8 «Методологія проведення наукових досліджень» та ОК10 «Цифрові технології дослідження напружено-деформованого стану елементів технічних систем»                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |             |
| 15.  | Політика академічної доброчесності                                 | Система вимог, які ставляться перед здобувачем вищої освіти під час вивчення освітнього компоненту:<br>• проходження студентами етапів оцінювання у встановлені терміни;<br>• виконання і захист письмових та практичних робіт у встановлені терміни;<br>• дотримання при виконанні письмових робіт положення про запобігання та виявлення академічного плагіату в СНАУ ( <a href="https://bit.ly/2TNvfE0">https://bit.ly/2TNvfE0</a> );                                                                                |                         |             |

|     |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                    | <p>• дотримання студентами кодексу академічної доброчесності СНАУ (<a href="https://bit.ly/3xf92wW">https://bit.ly/3xf92wW</a>).</p> <p>Підготовлені до оцінювання письмові роботи повинні бути оригінальними та виконані самостійно здобувачем вищої освіти. Письмові роботи, які виконані і здані із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на оцінку нижче від отриманого результату. Роботи, які виконані з низьким рівнем унікальності або є копією «чужої» роботи оцінюватимуться на «нуль» з послідуєчим виконанням роботи згідно іншого оригінального індивідуального завдання. Перездача письмових робіт відбувається після повторного виконання або доопрацювання. Списування із різних джерел інформації (в т.ч. із використанням мобільних девайсів та гаджетів) під час екзаменів заборонено. При виявленні факту списування – робота студента анулюється і екзамен складається повторно. Перескладання заліку відбувається із дозволу деканату в зазначені терміни після повторного засвоєння матеріалу з освітнього компоненту.</p> |
| 16. | Посилання на курс у системі Moodle | <a href="https://cdn.snau.edu.ua/moodle/course/view.php?id=5977">https://cdn.snau.edu.ua/moodle/course/view.php?id=5977</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 17  | Ключові слова                      | надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість, теорія надійності, аналіз видів та наслідків відмов (FMEA), дерево відмов (FTA), фізика відмов (Physics of Failure, PoF), закони розподілу відмов, інтенсивність відмов, моделі деградації, прогнозування надійності, залишковий ресурс (Remaining Useful Life, RUL), діагностика та прогностика (PHM), керування надійністю, прискорені випробування (ALT), форсовані випробування, оптимізація надійності, технічне обслуговування, орієнтоване на надійність (RCM), вартість життєвого циклу (LCC), ризик-орієнтований підхід, резервування, статистичні методи контролю, експлуатаційна надійність, цифрові двійники в прогностиці, машинне навчання для прогнозування відмов, комплексні показники надійності.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ПРОГРАМНИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ НАВЧАННЯ

| Результати навчання за ОК:<br>Після вивчення освітнього<br>компонента здобувач очікувано<br>буде здатен...»                                                                               | Програмні результати навчання, на<br>досягнення яких спрямований ОК (зазначити<br>номер згідно з нумерацією, наведеною в ОП) |       |      |      |      | Як оцінюється ДРН         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                           | ПРН                                                                                                                          |       |      |      |      |                           |
|                                                                                                                                                                                           | ПРН 4                                                                                                                        | ПРН 5 | ПРН7 | ПРН8 | ПРН9 |                           |
| ДРН 1. Здатність розробляти<br>концептуальні, математичні та<br>комп'ютерні моделі для аналізу та<br>прогнозування надійності<br>технічних систем                                         | X                                                                                                                            |       |      |      |      | Індивідуальне<br>завдання |
| ДРН 2. Здатність застосовувати<br>сучасні статистичні методи аналізу<br>даних, спеціалізовані бази даних та<br>інформаційні системи для оцінки<br>стану та надійності технічних<br>систем |                                                                                                                              | X     |      |      |      | Індивідуальне<br>завдання |

|                                                                                                                                                                                           |  |  |   |   |   |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---|---|---|------------------------|
| ДРН 3. Здатність планувати й виконувати експериментальні та теоретичні дослідження з використанням сучасних інструментів і дотриманням норм професійної та академічної етики              |  |  | X |   |   | Індивідуальне завдання |
| ДРН 4. Здатність використовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та програмне забезпечення для моделювання та оцінки надійності                                            |  |  |   | X |   | Індивідуальне завдання |
| ДРН 5. Здатність застосовувати принципи механічної інженерії та методологію наукових досліджень для вирішення завдань прогнозування та управління надійністю в галузевому машинобудуванні |  |  |   |   | X | Індивідуальне завдання |

ПРН 4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у механічній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН 5. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН 7. Вміти планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з галузевого машинобудування та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН 8. Застосовувати загальні принципи та методи математики, природничих та технічних наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для провадження досліджень у сфері механічної інженерії.

ПРН 9. Глибоко розуміти загальні принципи та методи механічної інженерії а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері галузевого машинобудування та у викладацькій практиці.

### 3. ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ)

| Тема.<br>Перелік питань, що будуть розглянуті в межах теми                                                                                                       | Розподіл в межах загального<br>бюджету часу |                  |            | Самос-<br>тійна<br>робота | Рекомен-<br>дована<br>література |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                                  | Аудиторна робота                            |                  |            |                           |                                  |
|                                                                                                                                                                  | Лк                                          | П.з /<br>семін.з | Лаб.<br>з. |                           |                                  |
| <b>Тема 1. Вступ до методології прогнозування та керування<br/>надійністю технічних систем</b><br>1. Основні поняття: надійність, безвідмовність, довговічність, | 2                                           | -                |            | 10                        | 1, 2                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |  |    |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|----|----------------|
| ремонтпридатність, живучість.<br>2. Значення надійності для сучасного галузевого машинобудування.<br>3. Основні підходи до прогнозування та управління надійністю.<br>4. Огляд нормативних документів та стандартів у сфері надійності технічних систем.                                                                                                                                                                                                     |   |   |  |    |                |
| <b>Тема 2. Методи математичного моделювання надійності технічних систем</b><br>1. Основи математичного опису надійності: ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середній час напрацювання до відмови.<br>2. Експоненціальний, нормальний і Вейбуллів розподіли у дослідженнях надійності.<br>3. Розробка математичних моделей для прогнозування надійності систем.<br>4. Використання Markov Chain і Monte Carlo для моделювання надійності. | 2 | 2 |  | 5  | 1, 2, 3        |
| <b>Тема 3. Статистичні методи аналізу надійності</b><br>1. Збір і обробка даних про відмови технічних систем.<br>2. Побудова й аналіз статистичних характеристик надійності.<br>3. Оцінка параметрів розподілів ймовірності для моделювання надійності.<br>4. Використання сучасних програмних засобів (R, Python) для статистичного аналізу надійності.                                                                                                     | 2 | 4 |  | 5  | 1, 2, 3, 7     |
| <b>Тема 4. Прогнозування надійності на етапі розробки та експлуатації технічних систем</b><br>1. Етапи прогнозування надійності технічних систем.<br>2. Прогнозування за історичними даними та аналітичними моделями.<br>3. Методи оцінки надійності на етапі конструкторських розробок.<br>4. Інструменти для прогнозування: спеціалізоване програмне забезпечення.                                                                                         | 4 | 4 |  | 10 | 1, 2, 4, 6     |
| <b>Тема 5. Системи моніторингу та діагностики технічного стану</b><br>1. Принципи побудови систем моніторингу надійності.<br>2. Методи діагностики та контролю технічного стану систем.<br>3. Інтеграція систем моніторингу в процеси експлуатації техніки.<br>4. Використання Інтернету речей (IoT) для діагностики та прогнозування відмов.                                                                                                                | 2 | 2 |  | 5  | 1, 5, 6, 7, 14 |
| <b>Тема 6. Управління надійністю технічних систем</b><br>1. Принципи та стратегії управління надійністю.<br>2. Оптимізація режимів роботи та обслуговування технічних систем.<br>3. Використання ризик-орієнтованого підходу в управлінні надійністю.<br>4. Розробка програм підвищення надійності технічних систем.                                                                                                                                         | 4 | 4 |  | 5  | 1, 2, 8        |
| <b>Тема 7. Надійність у міждисциплінарних дослідженнях та її економічне обґрунтування</b><br>1. Міждисциплінарний підхід до досліджень надійності.<br>2. Вплив надійності на економічну ефективність технічних систем.<br>3. Методи оцінки витрат, пов'язаних із відмовами та заходами підвищення надійності.<br>4. Використання надійності як конкурентної переваги у галузевому машинобудуванні.                                                           | 2 | 2 |  | 5  | 1, 2, 5, 9     |
| <b>Тема 8. Інноваційні технології у прогнозуванні та управлінні надійністю</b><br>1. Використання штучного інтелекту та машинного навчання для оцінки надійності.                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 | 2 |  | 5  | 1, 10, 12, 13  |

|                                                                              |           |           |  |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--|-----------|
| 2. Цифрові двійники як інструмент моделювання надійності.                    |           |           |  |           |
| 3. Аналіз великих даних (Big Data) у дослідженнях надійності.                |           |           |  |           |
| 4. Перспективи розвитку інструментів прогнозування та управління надійністю. |           |           |  |           |
| <b>Всього</b>                                                                | <b>20</b> | <b>20</b> |  | <b>50</b> |

#### 4. МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

| ДРН                                                                                                                                                                                       | Методи викладання (робота, що буде проведена викладачем під час аудиторних занять, консультацій)                                                     | Кількість годин | Методи навчання (які види навчальної діяльності має виконати студент самостійно)             | Кількість годин |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ДРН 1. Здатність розробляти концептуальні, математичні та комп'ютерні моделі для аналізу та прогнозування надійності технічних систем                                                     | Проблемна лекція, тематична дискусія, навчання через дію, «круглий стіл», обговорення актуальних питань, консультації викладача,                     | 8               | Самостійна робота з підручником, опрацювання теоретичного матеріалу.                         | 10              |
| ДРН 2. Здатність застосовувати сучасні статистичні методи аналізу даних, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи для оцінки стану та надійності технічних систем                | Проблемна лекція, тематична дискусія, навчання через дію, «круглий стіл», обговорення актуальних питань.                                             | 8               | Самостійна робота з підручником, виконання індивідуальних завдань.                           | 10              |
| ДРН 3. Здатність планувати й виконувати експериментальні та теоретичні дослідження з використанням сучасних інструментів і дотриманням норм професійної та академічної етики              | Проблемна лекція, тематична дискусія, навчання через дію, «круглий стіл», обговорення актуальних питань.                                             | 8               | Персоналізоване навчання, самостійна робота з підручником, виконання індивідуальних завдань. | 10              |
| ДРН 4. Здатність використовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та програмне забезпечення для моделювання та оцінки надійності                                            | Проблемна лекція, тематична дискусія, навчання через дію, «круглий стіл», обговорення актуальних питань.                                             | 8               | Персоналізоване навчання, самостійна робота з підручником, виконання індивідуальних завдань. | 10              |
| ДРН 5. Здатність застосовувати принципи механічної інженерії та методологію наукових досліджень для вирішення завдань прогнозування та управління надійністю в галузевому машинобудуванні | Проблемна лекція, тематична дискусія, навчання через дію, «круглий стіл», обговорення актуальних питань. консультації викладача, тематична дискусія. | 8               | Самостійна робота з підручником, навчання через дослідження.                                 | 10              |
| <i>Всього годин</i>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                      | 40              |                                                                                              | 50              |

#### 5. ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

##### 5.1. Діагностичне оцінювання (зазначається за потреби)

##### 5.2. Сумативне оцінювання:

5.2.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

| №  | Методи сумативного оцінювання      | Бали / Вага у загальній оцінці | Дата складання |
|----|------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| 1. | Виконання індивідуального завдання | 25 балів / 25%                 | На 4 тижні     |
| 2. | Виконання індивідуального завдання | 25 балів / 25%                 | На 7 тижні     |

|    |                                          |                |             |
|----|------------------------------------------|----------------|-------------|
| 3. | Виконання індивідуального завдання       | 25 балів / 25% | На 10 тижні |
| 4. | Аналітичний огляд з презентацією (залік) | 25 балів / 25% | На 13 тижні |

### 5.2.2. Критерії оцінювання

| Компонент                          | Незадовільно                                                                                                       | Задовільно                                                                                                                                                                                                                                  | Добре                                                                                                                                                                                                                                                        | Відмінно                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | <15 балів                                                                                                          | 15-18 балів                                                                                                                                                                                                                                 | 19-22 балів                                                                                                                                                                                                                                                  | 23-25 балів                                                                                                                                                                                                               |
| Виконання індивідуального завдання | Незначна обізнаність щодо проблеми, наведено короткий опис. Не демонструє самостійного мислення щодо обраної теми. | Наведено більшою мірою опис проблеми (без аналізу), недостатнє обґрунтування основних моментів, не достатньо послідовна аргументація, презентація відсутня або подана поверхнево. Опрацьована лише література, що рекомендована викладачем. | Продемонстровано розуміння, глибину та/або деталізацію проблеми; основні проблемні аспекти обґрунтовані, аргументи є послідовними; вивчаються різні точки зору, презентація є змістовною, послідовною. Опрацьована література лише рекомендована викладачем. | Досить глибоко та / або детально розкрита проблема, проаналізовані різні погляди на проблему; всі основні моменти викладені, аргументи послідовні та вагомі; аналізуються різні точки зору, наводяться власні пропозиції. |
| Аналітичний огляд з презентацією   | <30 балів                                                                                                          | 15-17 балів                                                                                                                                                                                                                                 | 18-20 балів                                                                                                                                                                                                                                                  | 21-25 балів                                                                                                                                                                                                               |
|                                    | Вимоги щодо завдання не виконано                                                                                   | Більшість вимог не виконано, але окремі складові відсутні або недостатньо розкриті, відсутній аналіз інших підходів до питання                                                                                                              | Виконано усі вимоги завдання                                                                                                                                                                                                                                 | Виконані усі вимоги завдання, продемонстровано, креативність, вдумливість, запропоновано власне вирішення проблеми                                                                                                        |

### 5.3. Формативне оцінювання:

Для оцінювання поточного прогресу у навчанні та розуміння напрямів подальшого удосконалення передбачено

| № | Елементи формативного оцінювання                                                              | Дата           |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1 | Комп'ютерна симуляція з елементами проблемних завдань                                         | Під час занять |
| 2 | Усний зворотний зв'язок від викладача та здобувача під час виконання індивідуального завдання | Під час занять |
| 3 | Усний зворотний зв'язок від викладача та здобувача щодо аналітичного огляду з презентацією    | 13-й тиждень   |

## 6. НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ (ЛІТЕРАТУРА)

### 6.1. Основні джерела:

- Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості : підручник для здобувачів освітніх рівнів бакалавра, магістра та доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Ю. М. Кузнецов, Б. І. Придальний. - Луцьк : Вежа-Друк, 2023. – 284 с.  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57114/1/kuznietsov\\_prydalnyi\\_tts.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57114/1/kuznietsov_prydalnyi_tts.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Надійність технологічних систем: курс лекцій / Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 168 с.  
<https://library.kre.dp.ua/Books/2-4%20kurs/%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%BA%D0%BE>

<https://lpu.ua/sites/default/files/2022/radaphd/19249/disertaciya-simec-ivan.pdf>

3. Симець І. І. Моделі і методи прогнозування та аналізу надійності технічних систем з урахуванням процесу розробки ПЗ : дис. доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» (12 – «Інформаційні технології»). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2022. 188 с.  
<https://lpu.ua/sites/default/files/2022/radaphd/19249/disertaciya-simec-ivan.pdf>
4. Bolvashenkov, I., Kammermann, J., Frenkel, I., Herzog, HG. (2020). Multi-level Hierarchical Reliability Model of Technical Systems: Theory and Application. In: Ram, M., Pham, H. (eds) Advances in Reliability Analysis and its Applications. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-31375-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31375-3_5)
5. Goel, H., J. Grievink, P. Herder and M. Weijnen, "Optimal reliability design of process systems at the conceptual stage of design," Annual Reliability and Maintainability Symposium, 2003., 2003, pp. 40-45, doi: 10.1109/RAMS.2003.1181900
6. Marvin Rausand, Arnljot Hoyland. (2020). System reliability theory: models, statistical methods, and applications, 3rd Edition. ISBN: 978-1-119-37352-0. 864 Pages

## 6.2. Додаткові джерела:

7. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; За заг. ред. М.І. Черновола.– Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. – 320 с.
8. Jasiulewicz-Kaczmarek, Małgorzata, Katarzyna Antosz, Chao Zhang, and Vitalii Ivanov. 2023. "Industry 4.0 Technologies for Sustainable Asset Life Cycle Management" *Sustainability* 15, no. 7: 5833. <https://doi.org/10.3390/su15075833>
9. Ivanov, Vitalii, et al. "Ensuring economic efficiency of flexible fixtures in multiproduct manufacturing" *Engineering Management in Production and Services*, vol. 13, no. 1, Sciendo, 2021, pp. 53-62. <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0004>
10. Джессіка Аббадія, Вивчення ролі штучного інтелекту в академічних дослідженнях. URL: <https://mindthegraph.com/blog/uk/ai-in-academic-research/>
11. Barrat D. (2018). Ostanniy vynakhid lyudstva: Shtuchnyy intelekt ta kinets' epokhy Homosapiens : navchal'nyy posibnyk [Artificial Intelligence and the End of the Homosapiens Era]. Kyiv, p. 152.
12. What is industry 4.0? (2016), available at: <http://www.industrialall-union.org/industry-40-the-industrial-revolution-happeningnow/> (accessed August, 2022).
13. Shcheglov, Vladyslav & Morozova, O.. (2022). МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ДЛЯ ГАРАНТОЗДАТНИХ СИСТЕМ ІНДУСТРІАЛЬНОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 4. 127-137. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.4.127.
14. Моніторинг та діагностування електротехнічного обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр за освітньою програмою: «Енергетичний менеджмент, електропостачання та інжиніринг електротехнічних комплексів», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Зайченко, Д. Г. Дерев'янка. - Електронні текстові дані (1 файл: 3.26 Мбайт). - Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського. - 189 с. - Назва з екрана.  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/61665>
15. Куліков, О. А., Ратушний, О. В., Івченко, О. В., Козін, В. М., Фесенко, Д. І., & Жигилій, Д. О. (2024). ПОЛІА ХАРАКТЕРИСТИК КОНТРТОРНИХ СТУПЕНІВ ГІДРОМАШИН. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (1 (55), 46-54. <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.6>
16. Ostroha, R., Yukhymenko, M., Myshchenko, D., Skydanenko, M., Ivchenko, O., Zhyhylii, D., Ponomarova, L., & Bocko, J. (2024). Determination of the energy efficiency of granulation equipment based on exergy analysis. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(79). <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.311777>

17. Ivchenko, O.; Andrusiak, V.; Kondus, V.; Pavlenko, I.; Petrenko, S.; Krupińska, A.; Włodarczak, S.; Matuszak, M.; Ochowiak, M. Energy Efficiency Indicator of Pumping Equipment Usage. *Energies* 2023, 16, 5820. <https://doi.org/10.3390/en16155820>
18. Pavlenko, I.; Ciszak, O.; Kondus, V.; Ratushnyi, O.; Ivchenko, O.; Kolisnichenko, E.; Kulikov, O.; Ivanov, V. An Increase in the Energy Efficiency of a New Design of Pumps for Nuclear Power Plants. *Energies* 2023, 16, 2929. <https://doi.org/10.3390/en16062929>
19. Pavlenko, I. et al. (2023). An Increase in Energy Efficiency and Vibration Reliability of Centrifugal Pumps for Nuclear Power Plants. In: Balog, M., Iakovets, A., Hrehova, S. (eds) EAI International Conference on Automation and Control in Theory and Practice . EAI ARTEP 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31967-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31967-9_4)
20. Sharapov, S., Yevtushenko, S., Panchenko, V., Kozin, V., & Ivchenko, O. (2022). Improving the efficiency of condensation installations of steam turbines by applying liquid-vapor ejector . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(8 (118)), 44–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263331>
21. Pavlenko, I., Simonovskiy, V., Verbovyi, A., Ivchenko, O., Ivanov, V. (2022). Rotor Dynamics and Stability of the Centrifugal Pump CPN 600-35 for Nuclear Power Plants. In: Ivanov, V., Pavlenko, I., Liaposhchenko, O., Machado, J., Edl, M. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_4)
22. Xin, D., Тарельник, В., Dumanchuk, M., Ivchenko, O., & Gerasimenko, V. (2023). RESEARCH ON METHODS OF IMPROVING THE QUALITY OF THE COATING OF LOW-MELTING ALLOY B83 FORMED BY ELECTROSPARK PROCESSING METHODS. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (3 (53)), 3-10. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.3.1>
23. Xin, D., Alforyov O., Ivchenko, O., & Dumanchuk, M. (2023). STUDY ON THE ELECTRO-SPARK DEPOSITION PROPERTIES OF SKH51 TRANSITION COATING IN COMPOSITE GRADIENT COATING. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (4 (54)), 8-15. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.4.2>
24. Korotun, M., Denysenko, Y., Ciszak, O., Ivchenko, O. (2021). Improvement of the Gear Shaping Effectiveness for Bimetal Gears of Internal Gearing with a Friction Coating. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., Peraković, D. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_44)