

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни “Надійність технологічних систем” та виконання контрольних робіт для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” усіх форм навчання

Методичні вказівки з вивчення дисципліни “Надійність технологічних систем” та виконання контрольних робіт для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” усіх форм навчання /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: НУ“Запорізька політехніка”, 2025. – с. 13

Укладач: В.В. Солоха, доцент, к.т.н.

Рецензенти: В.В. Циганов, професор, дт.н.

Відповідальний
за випуск М.В. Фролов, доцент, к.т.н..

Розглянуто та затверджено
на засіданні кафедри “Металорізальні
верстати та інструмент”

Протокол № ____
від “__” ____ 2025

Рекомендовано до видання навчально-
методичною комісією машинобудівного
факультету
Протокол № ____
від “__” ____ 2025

ЗМІСТ

1. Загальні методичні вказівки	4
2. Робоча програма дисципліни і методичні вказівки до вивчення тем	5
3. Перелік практичних занять	9
4. Контрольні завдання	9
5. Рекомендована література	12

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна “Надійність технологічних систем” є нормативною дисципліною підготовки магістрів для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи”.

Час, відведений навчальним планом для аудиторних занять, не дає можливості в повному обсязі викласти матеріал, передбачений навчальною програмою дисципліни. Тому в навчальному плані передбачені години для самостійної роботи студентів, коли вони мають поглиблювати свої знання з дисципліни, та й матеріал, що читається на лекціях, та вивчається та практичних заняттях потребує подальшого закріплення, шляхом самостійної роботи студента.

Згідно навчального плану спеціальності вивчення дисципліни “Надійність технологічних систем” здійснюється протягом 2 семестру: - 150 годин (5 кредити), в тому числі – 30 (6) лекції, 30 (2) – практичних занять, 90 (142) - самостійна робота. Значення в дужках для заочної форми навчання. По закінченню 2 семестру передбачено залік з дисципліни.

Студенти заочної форми протягом семестру виконують 1 контрольну роботу. Практична робота виконується протягом установочної сесії. На цю ж сесію виносяться лекції: 1. Якість та надійність машин. 2. Основні поняття надійності. 3. Відмови машин.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ

В кожній темі зазначені години на самостійну роботу студента, в дужках для заочної форми навчання.

2.1 Якість та надійність машин – 15 (18) год.

Філософські питання надійності. Економічні аспекти надійності. Показники “ціни” надійності. Области станів виробу

Методичні вказівки

Слід звернути увагу на абсолютну і відносну втрату якості. Розглянути складові економічної ефективності експлуатації машин та шляхи її забезпечення. Порівняти область працездатності та область станів і її зміни протягом експлуатації.

Питання для самоперевірки

1. Які складові економічної ефективності машини в експлуатації?
2. Яка тривалість економічно доцільної експлуатації машини?
3. Що являє собою область станів виробу?
4. Яка різниця між областю станів виробу і областю працездатності?

2.2 Основні поняття надійності – 14 (28) год.

Основні терміни і визначення по надійності. Показники для оцінки безвідмовності виробу. Вибір показників безвідмовності. Показники для оцінки довговічності виробу. Показники довговічності.

Методичні вказівки

Розуміти відмінності між напрацюванням на відмову та ресурсом роботи виробу. Приділити увагу показникам оцінки безвідмовності виробу: функції густини розподілу та інтенсивності відмов; оцінці імовірності безвідмовної роботи системи елементів; показникам довговічності машини.

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою термін служби виробу?
2. Яка відмінність між безвідмовністю та довговічністю виробу?
3. Що характеризує властивість ремонтпридатність виробу?
4. Як визначається густина розподілу $f(t)$ напрацювання до відмови?
5. Як визначається інтенсивність відмов $\lambda(t)$?
6. Як оцінюється імовірність безвідмовної роботи?

7. Як оцінюється імовірність безвідмовної роботи системи з n послідовних елементів?

8. Як визначається коефіцієнт довговічності?

2.3 Відмови машин – 17 (23) год

Відмови випадкові й систематичні. Поступові (зносіві) і раптові відмови. Відмови функціонування і параметричні відмови. Фактичні і потенційні відмови. Припустимі і неприпустимі відмови.

Методичні вказівки

З'ясувати відмінності між відмовами випадковими і систематичними, відмовами параметричними і функціонування, припустимими та не припустимими відмовами. Звернути увагу на ознаки та природу виникнення відмов поступових (зносівих) і раптових.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікуються причини виникнення відмов?
2. Які основні ознаки виникнення поступової відмови виробу?
3. Що є ознакою раптової відмови?
4. Які відмови характеризують терміном «поступові за розвитком й раптові за проявом відмови»?
5. В чому полягають відмінності між параметричними відмовами та відмовами функціонування?

2.4 Забезпечення надійності напрямних ковзання – 11 (15) год.

Характеристики умов роботи напрямних ковзання. Розрахунок напрямних ковзання за видом тертя. Знос жорстко зв'язаних сполучень. Забезпечення працездатності напрямних. Матеріали напрямних. Мащення напрямних.

Методичні вказівки

З'ясувати основні причини відмов напрямних ковзання. Вивчити залежність довговічності напрямних різних типів від конструктивних особливостей, умов роботи та експлуатації.

Питання для самоперевірки

1. Які основні причини відмов напрямних ковзання?
2. Як залежить величина критичної швидкості в напрямних ковзання від геометричних параметрів напрямних?
3. Які фактори сприяють збільшенню зношування і утворенню задирок на напрямних ковзання?
4. Які основні шляхи зниження зношування напрямних ковзання?

5. З якою метою в напрямних ковзання використовують полімерні композиційні матеріали "Turcite B", "Rulon 143" та наповнені фторопласти Ф4, Ф4К15?

6. Від чого залежить в'язкість мастила, що використовується для змащення напрямних ковзання?

2.5 Надійність напрямних кочення верстатів – 5 (18) год.

Характеристики умов роботи напрямних кочення. Довговічність напрямних кочення. Тертя в напрямних кочення. Попередній натяг в напрямних кочення.

Методичні вказівки

З'ясувати чинники, що спонукають використовувати напрямні ковзання в конструкції верстатів.

Вивчити причини, що зумовлюють зниження працездатності напрямних кочення. Оцінити фактори, що визначають довговічність напрямних кочення.

З'ясувати доцільність застосування і вплив на працездатність попереднього натягу в напрямних кочення.

Питання для самоперевірки

1. Які чинники впливають на довговічність напрямних кочення?
2. Як впливає кількість опор, встановлених на робочому органі на довговічність напрямних?
3. Як визначається середнє навантаження прикладене до опор в разі змінності їх умов роботи?
4. Які види мастила використовуються для змащування напрямних кочення?
5. Що впливає на вибір величини попереднього натягу в опорі напрямної кочення?

2.6 Довговічність кулькових гвинтових передач – 6 (12) год.

Ресурс роботи передачі. Статична вантажопідйомність. Допустима частота обертання ходового гвинта. Значення параметру $d \cdot n$. Температурні деформації ходового гвинта. Точність позиціювання кулькової гвинтової передачі.

Методичні вказівки

З'ясувати основні причини відмов кулькових гвинтових передач, залежність довговічності гвинтових передач від конструктивних особливостей, умов роботи та експлуатації.

Питання для самоперевірки

1. Як впливають короткі ходи на працездатність кулькової гвинтової передачі?
2. Які фактори впливають на граничне осьове навантаження з погляду подовжньої сталості?
3. Які обмеження накладають на допустиму частоту обертання ходового гвинта?
4. Які фактори впливають на критичну частоту обертання ходового гвинта?
5. Як впливає попередній натяг в кульковій гвинтовій передачі на її довговічність?
6. Від чого залежить значення параметру $d \cdot n$?

2.7 Роль технології в забезпеченні надійності машин – 14 (18) год.

Зв'язок параметрів технологічного процесу з показниками надійності виробів. Залишкові й побічні явища технологічних процесів.

Методичні вказівки

Звернути увагу на вплив параметрів технологічного процесу на надійність виробів. Вивчити вплив залишкових явищ на працездатність.

Питання для самоперевірки

1. Як параметри технологічного процесу впливають на експлуатаційні властивості виробу?
2. В чому полягає вплив залишкових явищ технологічного процесу на властивості виробу?
3. Якими періодами характеризується час експлуатації виробу?

2.8 Закони розподілу термінів служби – 10 (12) год.

Періоди роботи виробу за час його експлуатації, експоненціальний закон розподілу. Нормальний закон розподілу та області його застосування. Логарифмічно нормальний закон розподілу. Особливості застосування розподілу Вейбула.

Методичні вказівки

Приділити увагу періодам експлуатації виробів, та оцінці безвідмовності виробу за різних законів розподілу, яким підлягає напруження до відмови різних деталей.

Питання для самоперевірки

1. Безвідмовність яких виробів можна характеризувати експоненціальним законом розподілу?
2. Що собою являє нормальний закон розподілу?
3. Для опису яких процесів може використовуватися розподіл Вейбула?

3 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

На практичних заняттях розглядаються такі питання:

1. Визначення показників технологічної надійності за параметрами точності токарного автомата –6 год.
2. Розрахунок довговічності напрямних кочення верстатів – 6 год.
3. Вибір параметрів напрямних верстата, що забезпечують високі експлуатаційні показники та високу довговічність –2 год.

Методичні вказівки

Для підготовки до виконання практичних робіт слід користуватися навчальними посібниками [2, 7, 8]. Слід враховувати багатоваріантність умов роботи верстатних вузлів та деталей.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

4.1 Загальні вказівки

Контрольна робота з дисципліни “Надійність технологічних систем” виконується студентами заочної форми навчання в 2 (10) семестрі, в якому і вивчається дана дисципліна. Відповіді на контрольні питання мають бути повними та свідчити про поглиблене опрацювання студентом відповідного розділу курсу.

При оформленні контрольної роботи необхідно дотримуватися ДСТУ: ДСТУ 3008-95, СТП 15-11 ЗНТУ. Відповідно до вимог цих документів, контрольна робота повинна бути виконана в рукописному вигляді на одній стороні стандартних аркушів паперу формату А4 (297 x 210). Текст відповідей на питання контрольної роботи доцільно розділити на пункти, які повинні мати порядкові номери.

Відповіді на контрольні питання, в разі потреби, повинні супроводжуватися необхідними кресленнями, ескізами, схемами, описами і розрахунками. Наведені ілюстрації повинні бути чіткими і виконані в зручному для читання масштабі.

Всі наведені в контрольній роботі ілюстрації повинні бути пронумеровані арабськими цифрами в межах одного питання. Номер

ілюстрації повинен складатися з номера питання і номера рисунка, розділених крапкою.

В тексті контрольної роботи зазначаються посилання на довідники, підручники та інші матеріали використані для виконання роботи.

Контрольна робота повинна бути зброшуровані в зошит з щільною обкладинкою і титульним аркушем, на якому в обов'язковому порядку повинен бути зазначений шифр (номер залікової книжки) студента. Усі аркуші контрольної роботи повинні бути пронумеровані, причому першим - титульний лист. За ним поміщають текст контрольних питань. В кінці роботи наводять перелік використаної літератури

Контрольна робота повинна бути подана на перевірку викладачу і в разі відсутності зауважень захищена студентом до початку екзаменаційної сесії. Номер варіанта завдання вибирається студентом відповідно до шифру його залікової книжки.

Визначення варіанту контрольної завдання

Останні дві цифри залікової книжки	Номер варіанту
01...10, 11...20, 21...30, 31...40, 41...50	01...10

4.2. Контрольні питання

Варіанти для контрольної роботи з курсу «Надійність технологічних систем»

Варіант 1

1. Економічний аспект надійності.
2. Забезпечення надійності напрямних ковзання

Варіант 2

1. Області станів виробу
2. Розрахунок напрямних ковзання за видом тертя

Варіант 3

1. Основні терміни і визначення по надійності
2. Забезпечення працездатності напрямних. Матеріали напрямних. Машини напрямних

Варіант 4

1. Показники для оцінки безвідмовності виробу

2. Довговічність напрямних кочення

Варіант 5

1. Імовірність безвідмовної роботи складних системи

2. Тертя в напрямних кочення. Попередній натяг в напрямних кочення

Варіант 6

1. Вибір показників безвідмовності: γ - процентний ресурс; параметр потоку відмов

2. Довговічність кулькових гвинтових передач

Варіант 7

1. Показники довговічності виробу

2. Зв'язок параметрів технологічного процесу з показниками надійності виробів

Варіант 8

1. Поступові (зносіві) і раптові відмови

2. Нормальний закон розподілу термінів служби виробу

Варіант 9

1. Класифікація відмов

2. Вплив на надійність виробу залишкових й побічних явищ технологічних процесів

Варіант 10

1. Температурні деформації ходового гвинта. Точність позиціонування кулькової гвинтової передачі

2. Закони розподілу термінів служби виробу: експоненціальним; логарифмічно нормальний розподіл; розподіл Вейбула

5 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни “Надійність технологічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” денної та заочної форм навчання /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – с. 30

2. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Надійність технологічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве

машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - с. 84

6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

6.1 Основна література

1. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Надійність технологічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2025. - с. 164
2. Канарчук В. Є. Надійність машин. [Текст]: підруч./ В. Є. Канарчук, С. К. Полянський, М. М. Дмитрієв.– К.: Либідь, 2003.– 424 с.
3. Нечипоренко О. М. Основи надійності літальних апаратів [Текст]: навч. посіб. О. М. Нечипоренко.– К.: НТУУ “КПІ», 2010.–240с.
4. Черв’яков, А. В. Основи надійності об’єктів системотехніки [Текст]: навч. посіб /В. Д. Черв’яков, А. В. Павлов, О. Ю. Журавльов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 245 с.

6.2 Додаткова література

5. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 91 с.
6. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 32 с.
7. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними, 1995. – 128 с.
8. ДСТУ 8647:2016. Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань і/або експлуатації в умовах малої кількості відмов 2016. – 30 с.
9. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів : навч. посіб. / О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 129 с.
10. Lewis E. Introduction to Reliability Engineering: Second Edition / Lewis E.E. - John Wiley & Sons, Inc., 1994. – 442 p.
11. Patrick D. T. O’connor, Andre Kleynner. Practical Reliability Engineering. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Ltd., 2012. – 504 p.
<https://vibadirect.com/koolinks/documents/practical-reliability-engineering.pdf>

6.3 Інформаційні ресурси

12. THK. General catalog. Linear motion systems. Catalog No. 500-1E. – 1901 p. (<http://www.thk.com/>).
13. Precision Machine Components NSK Linear Guides Ball Screws Monocarriers. Cat. No E3162c 2013. – 553 p. <http://www.nsk.com/>.
14. Roller Rail Systems. Каталог Bosch Rexroth AG R999000354 (2015-10). p. 200. (www.boschrexroth.com/).
15. Ball rail systems. Ball runner blocks, ball rails, accessories. Каталог Bosch Rexroth AG 2014 R999000485 (2014-12). p. 232. (www.boschrexroth.com/).
16. Ajit Kumar Verma, Srividya Ajit, Durga Rao Karanki. Reliability and Safety Engineering. Second Edition.–Springer-Verlag London, 2016.–571 p. <http://repo.darmajaya.ac.id/4587/1/Reliability%20and%20Safety%20Engineering%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>. DOI 10.1007/978-1-4471-6269-8.