

до наказу від \_\_\_\_\_ 2016 р. № \_\_\_\_\_

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра \_\_\_\_\_ надійності техніки \_\_\_\_\_



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету

З.В. Ружилю

\_\_\_\_\_ 2020 р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

на засіданні кафедри надійності техніки

Протокол № 10 від 18 травня 2018 р.

Завідувач кафедри

доц. Новицький А.В.

\_\_\_\_\_

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Надійність технічних систем обладнання лісового комплексу

Галузь знань: 13 – Механічна інженерія

Спеціальність : 133 – Галузеве машинобудування

Освітня програма : «Обладнання лісового комплексу»

Факультет: конструювання та дизайну

Розробник: к.т.н., доцент Новицький Андрій Валентинович

*(посада, науковий ступінь, вчене звання)*

Київ – 2020 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Надійність технічних систем обладнання лісового комплексу

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
	Магістр	
галузь знань:	2 – Механічна інженерія	
спеціальність	133 – Галузеве машинобудування	
освітня програма	Обладнання лісового комплексу	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	105	
Кількість кредитів ECTS	3,5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	
Семестр	2	
Лекційні заняття	15 год.	
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	15 год.	
Самостійна робота	75 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	2 год.	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - є навчити майбутніх фахівців забезпечувати експлуатаційні показники якості технічних систем обладнання лісового комплексу протягом встановленого часу за умови оптимальних витрат матеріальних і трудових ресурсів на їх проектування, виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт.

### Завдання:

- розкрити поняття технічних систем, їх класифікацію;

- подати методику оптимізації кількості резервних елементів за умови раптових і поступових відмов елементів технічних систем;
- розкрити взаємозв'язок між надійністю технічних систем, їх параметрами та показниками ефективності їх роботи;
- ознайомити студентів з елементами булевої алгебри та прикладним аспектом використання її апарату для розрахунку надійності технічних систем;
- ознайомити студентів з методом простору можливих станів та його застосуванням для аналізу надійності та продуктивності технічних систем;
- ознайомити студентів з можливостями апарату імітаційного моделювання для дослідження надійності технічних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- знати:** 1) математичний апарат аналізу надійності технічних систем;
- 2) основні показники надійності технічних систем і методи їх визначення;
- 3) основи системного аналізу та розрахунку основних показників надійності технічних систем.
- вміти:** 1) самостійно будувати схеми надійності технічних систем;
- 2) оптимізувати кількість резервних елементів систем;
- 3) розрахувати показники надійності технічних систем з відновлюваними та невідновлюваними елементами;
- 4) готувати необхідну інформацію для імітаційного моделювання роботи технологічних систем.

### **3. Програма навчальної дисципліни для:**

- повного терміну денної (заочної) форми навчання;
- скороченого терміну денної (заочної) форми навчання.

#### **Змістовний модуль 1. Системні методи оцінки надійності систем**

**Тема 1. Сучасні проблеми забезпечення надійності обладнання лісового комплексу – 2 год.**

Вступ. Основні поняття та положення. Завдання і значення дисципліни. Основи надійності технічних систем. Надійність технічних систем, які відновлюються та не відновлюються при втраті працездатності.

**Тема 2.** *Схеми надійності технічних систем та їх аналіз – 2 год.*

Поняття системи. Історія розвитку систем. Основні поняття в галузі надійності технічних систем. Види технічних систем, основне з'єднання механічних систем. Показники надійності основного з'єднання технічних систем обладнання лісового комплексу.

**Тема 3.** *Аналіз схем надійності технічних систем – 2 год.*

Основні напрямки забезпечення надійності обладнання лісового комплексу. Резервування технічних систем, класифікація, види, кратність. Способи резервування, схемні позначення. Основні розрахункові формули.

**Тема 4.** *Розрахунок надійності резервованих систем, які не відновлюються – 2 год.*

Способи резервування: загальне резервування заміщенням, роздільне резервування заміщенням, загальне резервування з дробною кратністю і постійно включеним резервом. Рекомендації до розрахунків систем з резервуванням.

**Змістовий модуль 2. Забезпечення надійності машин і систем**

**Тема 5.** *Забезпечення надійності ремонтваних систем резервуванням – 2 год.*

Модель експлуатації технічної системи обладнання лісового комплексу. Часова діаграма експлуатації, потік подій. Математична модель простішого потоку подій. Потік подій сукупності об'єктів обладнання лісового комплексу.

**Тема 6.** *Аналіз надійності технічних систем методом просторових можливих станів – 2 год.*

Експлуатація систем які відновлюються при втраті працездатності. Модель експлуатації з кінцевим часом відновлення. Розмічений граф станів, диференційні рівняння ймовірностей станів систем (рівняння Колмогорова). Правила складання рівнянь. Функції готовності і простою, фінальні ймовірності відмов та відновлень.

**Тема 7.** *Аналіз надійності технічних систем методом дерева відмов – 2 год.*

Математична модель «дерева відмов», аналітичні залежності для розрахунку ймовірностей відмов та ймовірностей відновлень. «Дерево відмов» обладнання лісового комплексу на прикладі дослідження впливу основних видів пошкоджень.

**Тема 8.** Використання імітаційного моделювання для розрахунку показників надійності технічних систем. Забезпечення надійності технічних систем. – 2 год.

Імітаційне моделювання для оцінки та забезпечення надійності технічних систем. Методологія моделювання. Оптимізація резервування технічних систем, недоліки резервування. Системні методи забезпечення надійності технічних систем обладнання лісового комплексу.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	ти жні	усього	у тому числі					усього го	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Змістовий модуль 1. Системні методи оцінки надійності систем</b>														
Тема 1. Сучасні проблеми забезпечення надійності обладнання лісового комплексу	1	12	2	-	1	-	10							
Тема 2. Схеми надійності технічних систем та їх аналіз	2	14	2	-	2	-	10							
Тема 3. Аналіз схем надійності технічних систем.	3	14	2	-	2	-	10							
Тема 4. Розрахунок надійності резервованих систем, які не відновлюються.	4	14	2	-	2	-	10							
Разом за змістовим модулем 1		55	8		7		40							
<b>Змістовий модуль 2. Забезпечення надійності машин і систем</b>														
Тема 1. Забезпечення надійності ремонтваних систем резервуванням.	5	1	1	-	2	-	9							
Тема 2. Аналіз надійності технічних систем методом просторових можливих станів.	6	1	2	-	2	-	9							
Тема 3. Аналіз надійності технічних систем методом дерева відмов.	7	1	2	-	2	-	9							
Тема 4. Використання імітаційного моделювання для розрахунку показників надійності технічних	8	1	2	-	2	-	8							

систем. Забезпечення надійності складних машин, як технічних систем													
Разом за змістовим модулем 2	40	7		8		35							
Усього годин	105	15	-	15	-	75							
Курсовий проект (робота) _____ (якщо є в робочому навчальному плані)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Усього годин	-	15	-	15	-	75							

### 5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистичне визначення показників надійності технічних систем.	2
2	Теоретичне визначення показників надійності технологічних систем.	2
3	Схеми надійності технічних систем та їх аналіз. Аналіз схем надійності технічних систем.	2
4	Оцінка і забезпечення надійності ремонтваних систем	2
5	Забезпечення надійності складних технічних систем резервуванням	2
6	Аналіз надійності технічних систем методом просторових можливих станів (стаціонарні процеси).	2
7	Аналіз надійності технічних систем методом дерева відмов.	2
8	Використання імітаційного моделювання для розрахунку показників надійності технічних систем.	2

### 6. Теми самостійної роботи студентів

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв'язати задачі з визначення ймовірності безвідмовної роботи системи для різних теоретичних законів розподілу.	8
2	Розв'язати задачі з визначення інтенсивностей вімов та відновлень для різних теоретичних законів розподілу.	8
3	Розв'язати задачі з визначення ймовірності безвідмовної роботи резервованих систем.	8
4	Розв'язати задачі з визначення ймовірності відмов систем методом дерева відмов.	8
5	Розв'язати задачі з визначення коефіцієнта готовності системи та коефіцієнту оперативної готовності.	10
6	Розв'язати задачі з визначення коефіцієнта готовності на основі імітаційного моделювання.	8
7	Аналіз надійності технічних систем методом простору можливих станів (стаціонарні процеси).	8

8	Аналіз надійності технічних систем методом простору можливих станів (нестационарні процеси).	8
9	Скласти структурну схему машини (механізму). Визначити ймовірність безвідмовної роботи системи.	7

## 7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

### Контрольні питання

1. Які показники надійності називаються статистичними?
2. Які показники та величини використовуються для математичного (кількісного) опису випадкових величин?
3. Що таке ймовірність безвідмовної роботи? Запишіть вираз для її визначення.
4. Що таке ймовірність відмови? Запишіть вираз для її визначення.
5. Що таке частота відмов? Запишіть вираз для її визначення.
6. Що таке інтенсивність відмов? Запишіть вираз для її визначення.
7. Що таке напрацювання на відмову? Запишіть вираз для її визначення.
8. Що таке параметр потоку відмов? Запишіть вираз для її визначення.
9. В яких одиницях вимірюють напрацювання виробів?
10. Запишіть формулу і дайте визначення коефіцієнту готовності.
11. Запишіть формулу і дайте визначення коефіцієнту технічного використання.
12. Які показники надійності використовуються для кількісного і якісного аналізу надійності технологічних систем?
13. Які теоретичні закони розподілу використовуються для математичного (кількісного) опису випадкових величин?
14. Що таке ймовірність безвідмовної роботи? Запишіть вираз для визначення вказаного показника.
15. Що таке ймовірність відмови? Запишіть вираз для визначення вказаного показника.
16. Для опису яких відмов використовується експоненціальний закон розподілу?
17. Для опису яких відмов використовується нормальний закон розподілу?
18. Для опису яких відмов використовується закон розподілу Вейбулла-Гнеденко?
19. Розкрийте поняття «теорія систем»
20. Дайте визначення термінів «система» та «підсистема».
21. Яка система має основне з'єднання елементів? Вкажіть формулу, яка використовується для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи?
22. Яка формула використовується для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи системи для експоненціального закону розподілу?
23. Яка формула використовується для розрахунку частоти відмов системи для експоненціального закону розподілу?
24. Яка формула використовується для розрахунку середнього наробітку на відмову?

25. Яка формула використовується для розрахунку інтенсивності відмов системи при умові рівно надійності елементів?
26. Як можна провести класифікацію систем з позицій надійності?
27. Що таке структурна схема надійності?
28. Які існують схеми з'єднання елементів (підсистем) в системі?
29. Як визначається надійність системи при послідовному з'єднанні?
30. Як визначається надійність системи при резервуванні заміщенням?
31. Як визначається надійність системи з паралельно включеними елементами ?
32. Які існують схеми з'єднання елементів (підсистем) в системі?
33. Що таке резервування? Дайте характеристику існуючих видів резервування.
34. Як розрахувати виграш надійності системи?
35. Яка відмінність між резервуванням та дублюванням?
36. Яка існує класифікація систем з позицій надійності?
37. Що таке структурна схема надійності системи?
38. Які існують схеми з'єднання елементів (підсистем) в системі?
39. Що таке структурна формула надійності системи?
40. Запишіть формулу для визначення середнього часу відновлення елементу.
41. Які існують схемні методи представлення систем з позицій надійності?
42. Дерево відмов, як логіко-імітаційна модель в теорії надійності систем?
43. Вкажіть основні етапи формування дерева відмов.
44. З допомогою яких логічних і стандартних символів зображується дерево відмов? Опишіть оператори «Основне перенесення» та «Вторинна основна подія».
45. З допомогою яких логічних і стандартних символів зображується дерево відмов? Опишіть оператори «» та «Подія на виході».
46. Які аналітичні залежності використовуються для опису оператора «АБО»?
47. Які аналітичні залежності використовуються для опису оператора «І»?
48. Яка аналітична залежність використовується для визначення ймовірності події?

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

#### Екзаменаційні запитання

1. Дати визначення і приклади складних систем різного виду.
2. Роль системного підходу в науковому дослідженні. Системний аналіз. Системний синтез.

#### Тестові завдання різних типів

**1. Відповідно до позицій на рисунку виберіть назви представлених графіків:**





	5. – ймовірність безвідмовної роботи
--	--------------------------------------

**2. Який термін пропущено в кінці речення?**

Властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в установлених межах значення усіх параметрів, що характеризують здатність функціонувати в заданих режимах та умовах називається.....	<i>(у бланку відповідей подати одним словом)</i>
---	--

**3. Встановіть для кожного показника надійності формулу для його визначення:**

<i>Показник надійності</i>	<i>Формула</i>
1. Інтенсивність відмов 2. Середнє напрацювання до першої відмови 3. Параметр потоку відмов 4. Ймовірність безвідмовної роботи	А. $\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t}$ Б. $T_{сер1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ ; В. $P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N_0}$ ; ; Г. $\omega(t) = \frac{m_{сер}(t + \Delta t) - m_{сер}(\Delta t)}{\Delta t}$ ;

**4. Які з представлених теоретичних законів розподілу використовують для дискретних, а які для неперервних величин?**

<i>Назва теоретичного закону розподілу</i>	<i>Відрізняльна особливість(використовують для дискретних, а які для неперервних величин)</i>
А. Експоненціальний закон Б. Закон нормального розподілу В. Закон Пуассона Г. Закон Вейбулла-Гнеденко	1. Використовують для опису неперервних величин  2. Використовують для опису дискретних величин

**5. Вкажіть одне слово, пропущене в кінці речення:**

Величини, які приймають лише кінцеві значення (кількість відмов, кількість ремонтів, кількість відновлень) називаються .....	<i>у бланку відповідей пропущене слово в кінці речення</i>
--	--

**6. Системотехніка – це науковий напрямок, що охоплює:**

1	проектування систем
2	створення і випробовування систем
3	проектування, створення, випробовування і експлуатацію складних систем
4	експлуатацію складних систем

**7. Назвіть застосовані методи структурного резервування технічних систем:**

1.	стале резервування
2.	змінне резервування,
3.	заміщувальне резервування заміщенням,
4.	загальне резервування,

5.	почасове резервування
6.	роздільне резервування.

**8. Яка з нижче наведених залежностей являє розподіл Вейбулла-Гнеденка?**

1.	$f(t) = \frac{1}{S_i \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-m_i)^2}{2S_i^2}}$
2.	$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$
3.	$P_i = e^{-\lambda_i t}$

**9. Міцнісне резервування в механічних системах полягає в:**

1	Збільшенні запасу міцності
2	Збільшенні функціональних параметрів
3	Використовуванні кращих матеріалів
4	Введення запасу потужності
5	Збільшенні площі перерізу деталей

**10. Параметри потоків відмов (А) та відновлень (Б), виходячи з експоненціального закону розподілу, можуть бути визначені згідно відомих рівнянь**

А - параметр потоку відмов	1. $\omega_i = \frac{1}{t_{oi}}$ ;
Б – параметр потоку відновлень	2. $\mu_i = \frac{1}{t_{Bi}}$ ,
	3. $T_{cpc} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{(n-1)!}{\lambda(m+1)} \sum_{i=0}^m \frac{1}{v_i(v_i+1) \dots (v_i+n-1)}$ ,
	4. $\lambda_c = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i = n \cdot \lambda_i$
	5. $\omega(t) = \frac{m_{cep}(t + \Delta t) - m_{cep}(\Delta t)}{\Delta t}$

**8. Методи навчання.**

Метод навчання — це взаємопов'язана діяльність викладача та студентів, спрямована на засвоєння системи знань, набуття умінь і навичок, їх виховання і загальний розвиток.

У вузькому значенні методи навчання використовуються наступні: 1) *пояснювально-ілюстративний* - викладач організує сприймання та усвідомлення студентами інформації, а вони в свою чергу здійснюють сприймання, осмислення і запам'ятовування її; 2) *репродуктивний* - викладач дає завдання, у процесі виконання якого учні здобувають уміння застосовувати знання за зразком; 3) *проблемного виконання* - викладач формулює проблему і вирішує її, тим часом

студенти стежать за ходом творчого пошуку; 4) *частково-пошуковий* - викладач формулює проблему, поетапне вирішення якої здійснюють студенти під його керівництвом (при цьому відбувається поєднання репродуктивної та творчої діяльності); 5) *дослідницький* - викладач ставить перед студентами проблему, і ті вирішують її самостійно, висуваючи ідеї.

*Лекція* — інформативно-доказовий виклад великого за обсягом, складного за логічною побудовою навчального матеріалу.

Метод лекції передбачає ознайомлення студентів з її планом, що допомагає стежити за послідовністю викладу матеріалу. Важливо навчити студентів конспектувати зміст лекції, виділяючи в ній головне. Це розвиває пам'ять, сприйняття, волю, вміння слухати, увагу, культуру мови.

До методів навчання належать: ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження.

*Метод ілюстрування* — оснащення ілюстраціями статичної наочності, плакатів, малюнків, картин, карт, схем та ін.

*Метод демонстрування* — показ рухомих засобів наочності, приладів, дослідів, технічних установок тощо. У різних випадках студентам показують різноманітні об'єкти — реальних предметів (безпосередня наочність) та їх зображень. Використовують для безпосереднього пізнання дійсності, поглиблення знань, формування вмінь і навичок. До них належать: вправи, лабораторні, практичні, графічні й дослідні роботи.

Ефективність використання методів навчання в сучасному ВНЗ значною мірою обумовлене наявністю матеріально-технічних засобів.

*Технічні засоби навчання* — обладнання й апаратура, що застосовуються в навчальному процесі з метою підвищення його ефективності (транспаранти, діапозитиви, діафільми, дидактичні матеріали для епіпроекції).

## **9. Форми контролю:**

- контрольна робота;
- модульна контрольна робота;

- залік;

- **екзамен.**

Контроль знань і умінь студентів (поточний і підсумковий) з дисципліни здійснюють згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу. Рейтинг студента із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою. Він складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

Критерії оцінки рівня знань на лабораторних, семінарських та практичних заняттях. На лабораторних заняттях кожен студент з кожної теми виконує 11 індивідуальні завдання.

Рівень знань оцінюється: “відмінно” – студент дає вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично вірні відповіді не менш ніж на 90% запитань, рішення задач та лабораторні вправи вірні, демонструє знання підручників, посібників, інструкцій, проводить узагальнення і висновки, акуратно оформляє завдання, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “добре” – коли студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій і розрахунків, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “задовільно” – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 60% питань, або на всі запитання дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки, які виправляє за допомогою викладача. При цьому враховується наявність конспекту за темою завдань та самостійність; “незадовільно з можливістю повторного складання” – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 35% питань, або на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки. Має неповний конспект лекцій.

Підсумкова (загальна оцінка) курсу навчальної дисципліни. Є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне та підсумкове тестування рівня засвоєності теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи (модульний контроль);

оцінка (бали) за виконання лабораторних досліджень. Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок за змістовні модулі. Остаточна оцінка рівня знань складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

**10. Розподіл балів, які отримують студенти.** Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 27.12.2020 р. протокол № 5 з табл. 1.

<b>Політика щодо дедлайнів та перескладання:</b>	Студент повинен здавати роботи в визначені викладачем терміни. Роботи, що здаються з порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
<b>Політика щодо академічної доброчесності:</b>	Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т. ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
<b>Політика щодо відвідування:</b>	Студент зобов'язаний щодня відвідувати заняття всіх видів відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

### ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни РДИС (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи RHP (до 70 балів):  $R_{ДИС} = R_{HP} + R_{AT}$ .

## **11. Методичне забезпечення:**

- підручники та посібники;
- методичні вказівки для виконання лабораторних робіт;
- стенди, плакати;
- обладнання та різні пристосування.

### **Методичне забезпечення**

1. Бойко А.І. Забезпечення надійності складних технічних систем резервуванням // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, С.С. Карабиньош, В.А. Сиволапов, А.А. Засулько / К., Видавничий центр НУБіПУ, 2012. – 8 с.
3. Бойко А.І. Оцінка надійності складних систем методом дерева відмов // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, С.С. Карабиньош, В.А. Сиволапов, А.А. Засулько / К., Видавничий центр НУБіПУ, 2012. – 8 с.
4. Бойко А.І. Забезпечення надійності складних технічних систем резервуванням // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, С.С. Карабиньош / К., Видавничий центр НУБіПУ, 2013. – 11 с.
5. Бойко А.І. Статистичне визначення показників надійності технічних систем // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило / К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2011. – 8 с.
6. Бойко А.І. Проектування і розрахунок технологічних систем // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, В.М. Савченко, С.В. Міненко, О.О. Банний, В.А. Сиволапов, З.А. Морозовська / К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2014. – 30 с.
7. Бойко А.І. Збірник задач і завдань по теорії надійності складної сільськогосподарської техніки // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, В.М. О.О. Банний / К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2014. – 29 с.
8. Бойко А.І. Оцінка надійності складних систем. Теорія графів. // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило / К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2014. – 29 с.

## **12. Рекомендована література**

- основна

1. 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.
2. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. – М.: Высшая школа, 1985. – 168 с.
3. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем/ Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Мир, 1980. – 598 с.
4. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники. – М.: Агропромиздат, 1989. – 335 с.
5. Надійність сільськогосподарської техніки/ С.Г.Гранкін, В.С. Малахов, М.І.Черновол, В.Ю.Черкун; За ред. В.Ю.Черкуна. – К.: Урожай, 1988. – 208 с.
6. Надежность оборудования предприятий по хранению и переработке зерна/ А.А. Вайнберг. – К.: Вища школа, 1986. – 408 с.
7. Пронников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
8. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
9. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники. – К.: Вища школа, 1988. – 247 с.
10. Райншке К., Ушаков И.А. Оценка надежности систем с использованием графов/ Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
11. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с.
12. Ветошкин А.Г., Марунин В.И. Надёжность и безопасность технических систем/ А.Г. Ветошкин, В.И. Марунин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 129 с.
13. Червоный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. – М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.
14. Эндрени Дж. Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах/ Под ред. Ю.Н. Руденко, 1983. – 336 с.
15. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення. ДСТУ 2470-94. - [Чинний від 01.01.95] – К.: Держспоживстандарт України. 1994.

– допоміжна:

1. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. – М.: Советское радио, 1977. – 216 с.
2. Хенли Х. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Под ред. В.С. Сыромятникова. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
4. Лозинский О.Ю., Марущак Я.Ю., Костробій П.П. Розрахунок надійності електроприводів: Підручник. – Львів, видавництво ДУ “Львівська політехніка”, 1996. – 234 с.
5. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
6. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 томах/ Ред. совет: В.С.Авдуевский (предс) и др. – М.: Машиностроение, 1986, 1987.
7. Пронников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
8. Селиванов А.И., Артемьев Ю.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1978. – 248 с.
9. Черкесов Г.Н. Надежность технических систем с временной избыточностью/ Под ред. А.М.Половко. – М.: Советское радио, 1974. – 296 с.

11. Інформаційні ресурси

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C>

2. Національний стандарт України. Оцінка і прогнозування надійності за результатами випробовувань (або) експлуатації в умовах малої статистики відмов. [http://www.immsp.kiev.ua/activity/Napriam%208\\_Standarty/Standart\\_Statystyka\\_vidmov.pdf](http://www.immsp.kiev.ua/activity/Napriam%208_Standarty/Standart_Statystyka_vidmov.pdf)

3. Інформаційний сайт [Електронний ресурс]: LIB.LNTU.INFO. – Режим доступу: <http://lib.lntu.info/book/fbd/pcb/2012/12-53/page5.html>



4. Інформаційний сайт [Електронний ресурс]: BOOKWU.NET. – Режим доступу: [http://bookwu.net/book\\_ekspluataciya-ta-obslugovuvannya-mashin\\_1037/18\\_5-obrobka-statistichno-informaci-pro-nadijnist](http://bookwu.net/book_ekspluataciya-ta-obslugovuvannya-mashin_1037/18_5-obrobka-statistichno-informaci-pro-nadijnist).
5. Інформаційний сайт [Електронний ресурс]: STUDOPEDIA.INFO. – Режим доступу: <http://studopedia.info/1-59846.html>