

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки (№ 503)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова НМК


(підпис)

М.С. Зряхов

"30" 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Надійність і відмовостійкість комп'ютерних систем
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Комп'ютерні системи та мережі

Освітня програма: Системне програмування

Освітня програма: Програмовні мобільні системи та Інтернет речей

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Надійність і відмовостійкість комп'ютерних систем

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія"

освітньою програмою Комп'ютерні системи та мережі

освітньою програмою Системне програмування

освітньою програмою Програмовні мобільні системи та Інтернет речей

« 26 » 08 2019 р., – 15 с.

Розробник: Харченко В. С., завідувач кафедри, д.т.н., професор  ;

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри _____

комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «30» 08 2019 р.

Завідувач кафедри _____ д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

 (підпис)

В. С. Харченко

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>12 "Інформаційні технології"</u> (шифр та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>123 "Комп'ютерна інженерія"</u> (код та найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>Комп'ютерні системи та мережі</u> <u>Системне програмування</u> <u>Програмовні мобільні системи та Інтернет речей</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 4		2019/ 2020
Індивідуальне завдання: 1		Семестр
Загальна кількість годин: 64 / 135		7-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4,5		Лекції¹⁾
		32 годин
		Практичні, семінарські¹⁾
		8 годин
		Лабораторні¹⁾
	24 годин	
	Самостійна робота	
	71 година	
	Вид контролю	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/71.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: отримання студентами компетенцій, необхідних для створення комп'ютерних систем з урахуванням вимог до надійності та відмовостійкості.

Завдання: вивчення базових положень теорії надійності та відмовостійкості, принципів та технологій створення надійних та відмовостійких комп'ютерних систем; оволодіння практичними навиками оцінки надійності комп'ютерних систем.

Програмні компетентності. Дисципліна має допомогти сформувати у студентів такі компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ФК1. Здатність застосовувати законодавчу та нормативно-правову базу, а також державні та міжнародні вимоги, практики і стандарти з метою здійснення професійної діяльності в галузі комп'ютерної інженерії.

ФК4. Здатність забезпечувати захист інформації, що обробляється в комп'ютерних та кіберфізичних системах та мережах з метою реалізації встановленої політики інформаційної безпеки.

ФК5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ФК6. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення.

ФК7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК8. Готовність брати участь у роботах з впровадження комп'ютерних систем та мереж, введення їх до експлуатації на об'єктах різного призначення.

ФК14. Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.

Програмні результати навчання. В результаті вивчення дисципліни студенти мають досягти такі програмні результати навчання:

ПРН2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін у циклі загальної і професійної підготовки, передбачених навчальним планом спеціальності.

Матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін із циклу професійної підготовки, а саме "Теорія інформації та кодування", "Алгоритм та методи обчислювань", "Дискретна математика", "Комп'ютерні системи".

Матеріал, засвоєний під час вивчення цієї дисципліни, є базою для дисциплін із циклу професійної підготовки, а саме виконання Дипломної роботи (проекту) бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Основи теорії надійності КС

Змістовний модуль 1. Основні поняття та показники надійності та відмовостійкості КС.

Тема 1. Загальна характеристика дисципліни. Базові поняття теорії надійності та безпеки КС.

Предмет, мета вивчення і задачі дисципліни. Структура і зміст дисципліни, а також методичні рекомендації по її вивченню. Місце дисципліни в навчальному процесі. Вимоги до знань і умінь студентів. Характеристика рекомендованих під час вивчення дисципліни джерел інформації. Стани (справний, несправний; працездатне, непрацездатний; граничне) і події (несправність, пошкодження, відмова; класифікація відмов, відтворення та ремонт; схема станів і подій-переходів). Властивості (системний аналіз властивостей; надійність та її складові: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність і збереженість; відмовостійкість і готовність; живучість і безпека). Системи і елементи в теорії надійності і безпеки (поняття системи і елемента, класифікація та характеристика основних типів систем).

Тема 2. Показники надійності та безпеки КС.

Загальна характеристика показників надійності комп'ютерних систем (поняття і класифікація). Одиничні показники надійності (показники безвідмовності, загальний закон надійності, експонентний закон; показники ремонтпридатності; загальна характеристика показників довговічності і зберігання). Закони розподілу випадкових величин в надійності. Комплексні показники надійності (коефіцієнти готовності, оперативної готовності та технічного використання). Загальна характеристика показників відмовостійкості (класифікація, спеціальні показники). Загальна характеристика показників живучості та безпеки (класифікація, спеціальні показники живучості та безпеки).

Змістовний модуль 2. Оцінювання надійності КС.

Тема 3. Оцінювання надійності невідновлюваних КС.

Класифікація методів забезпечення надійності (загальна характеристика

методів забезпечення надійності при розробці, виробництві і експлуатації; особливості забезпечення надійності апаратних і програмних засобів). Оцінювання надійності нерезерованих невідновлювальних систем (структурна схема надійності, урахування режимів роботи і умов експлуатації, послідовність розрахунку безвідмовності). Оцінювання надійності невідновлювальних резервованих систем. Методи резервування (основні поняття теорії резервування, класифікація методів резервування; паралельне резервування, мажоритарну резервування, резервування заміщенням). Оцінювання надійності систем з послідовно-паралельним з'єднанням елементів. Надійність мажоритарних систем з одно- і багатоярусної структурою. Особливості оцінювання адаптивних систем. Надійність систем при резервуванні заміщенням (облік режимів роботи резерву; ковзне резервування; порівняльний аналіз безвідмовності резервованих систем).

Тема 4. Оцінювання надійності відновлюваних КС.

Оцінювання надійності відновлюваних нерезерованих систем (основні співвідношення для розрахунку безвідмовності, ремонтпридатності і готовності). Оцінювання надійності відновлюваних резервованих систем (особливості відновлюваних резервованих систем, поняття про марковські випадкові процеси в теорії надійності; методика оцінки надійності (аналіз станів, граф переходів, рівняння Колмогорова-Чепмена в диференціальному і алгебраїчному вигляді і особливості їх аналізу, розрахунок показників готовності і оперативної готовності). Використання інструментальних засобів для оцінювання.

Модуль 2. Методи забезпечення надійності та відмовостійкості КС

Змістовний модуль 3. Методи діагностування та оцінювання програмних засобів КС.

Тема 1. Методи діагностування апаратних і програмних засобів КС.

Основні поняття технічної діагностики (об'єкти, процеси, засоби і системи контролю і діагностування; властивості - достовірність контролю і достовірність функціонування, контролепридатність; логічна модель і помилки контролю і діагностування). Структурна організація систем контролю і діагностування (структурні схеми робочого, тестового і комбінованого контролю і діагностування; основні елементи структур - перетворювачі вхідних впливів і вихідних реакцій, формувач очікуваних реакцій, блок аналізу, генератор тестових впливів). Показники ефективності систем контролю і діагностування (показники достовірності контролю і діагностування, повнота контролю, глибина діагностування; оперативність контролю і діагностування; складність і надійність засобів контролю і діагностування). Класифікація методів контролю і діагностування (ознаки класифікації, загальна характеристика методів робочого і тестового контролю). Методи робочого контролю і діагностування (контроль дублюванням, мажоритарний контроль, контроль за модулем, програмно-логічні методи контролю, оцінка характеристик). Методи тестового контролю і діагностування (метод таблиць

несправностей, метод активізації шляхів, методики отримання тестів перевірки працездатності і пошуку дефектів, псевдовипадкове тестування, сигнатурний аналіз, вбудовані засоби тестування НВІС, принципи апаратно-програмної реалізації систем тестового діагностування).

Тема 2. Методи оцінювання і забезпечення надійності програмних засобів.

Особливості оцінювання надійності програмних засобів КС (поняття надійності програмних засобів, класифікація та аналіз дефектів, показники надійності програмних засобів). Моделі якості. Огляд та вимоги стандартів ІЕС25010, ІЕС25010 та інш. Загальна характеристика моделей надійності програмних засобів (класифікація, аналіз основних моделей - метрик Холстеда, моделі Джелінські-Моранді, Шумана та ін.). Вибір і верифікація моделей надійності (матриця припущень, процедури вибору і комплексування моделей). Застосування методик і інструментальних засобів. Огляд і аналіз методів забезпечення надійності програмних компонентів.

Змістовний модуль 4. Методи оцінювання та забезпечення та відмовостійкості КС.

Тема 3. Методи оцінювання безпеки КС.

Особливості оцінювання функціональної безпеки КС. Огляд та вимоги стандартів ІЕС61508, ІЕС26262, ІЕС15408 та інш. Класифікація і огляд методів оцінювання. Аналіз сутності та приклади застосування методів ХМЕСА, ХТА, ХІТ, ХВД. Особливості оцінювання функціональної безпеки КС з використанням марковських випадкових процесів. Урахування фактору кібербезпеки.

Тема 4. Методи забезпечення відмовостійкості КС.

Загальна послідовність та зміст етапів забезпечення надійності та функціональної безпеки при створенні та використанні КС. Поняття про оптимальне резервування та обмеження при проектуванні надійних і відмовостійких і відмовобезпечних КС. Принципи одиначної відмови, незалежності та диверсності та їх впровадження. Методи і технології багатoversійного проектування. Перспективні технології забезпечення надійності та функціональної безпеки КС. Підведення підсумків лекційної частини дисципліни.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Основні поняття та показники надійності та відмовостійкості КС.					
Тема 1. Загальна характеристика. Базові поняття теорії надійності та безпеки КС.	4	2			2
Тема 2. Показники надійності та безпеки КС. Модульний контроль	10	4			6
Разом за змістовим модулем 1	14	6			8
Змістовний модуль 2. Оцінювання надійності КС.					
Тема 3. Оцінювання надійності невідновлюваних КС.	26	8		8	10
Тема 4. Оцінювання надійності відновлюваних КС. Модульний контроль	20	2		4	14
Разом за змістовним модулем 2	46	10		12	24
Усього годин у модулі 1	60	16		12	32
Модуль 2					
Змістовний модуль 3. Методи діагностування та оцінювання програмних засобів КС.					
Тема 1. Методи діагностування апаратних і програмних засобів ІУС.	15	4		4	7
Тема 2. Методи оцінювання і забезпечення надійності програмних засобів. Модульний контроль	16	4		4	8
Разом за змістовним модулем 3	31	8		8	15

Змістовний модуль 4. Методи оцінювання та забезпечення та відмовобезпеки КС.					
Тема 3. Методи оцінювання безпеки КС.	19	4		4	11
Тема 4. Методи забезпечення відмовостійкості КС. Модульний контроль	25	4	8		13
Разом за змістовним модулем 4	44	8	8	4	24
Усього годин у модулі 2	75	16	8	12	39
Усього годин по дисципліні	135	32	8	24	71

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сучасні методи та засоби забезпечення надійності та відмовостійкості комп'ютерних систем	8
	Разом	8

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Не передбачено</i>	
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок і дослідження надійності (безвідмовності і зберігання) промислових комп'ютерів з урахуванням режимів роботи і умов експлуатації.	4
2	Дослідження методів резервування і розрахунок надійності невідновлювальних КС.	4
3	Дослідження надійності відновлюваних КС з використанням апарату Марковських процесів.	4

4	Розробка тестів для контролю і діагностування цифрових схем КС.	4
5	Дослідження моделей надійності програмних засобів	4
6	Розробка і дослідження методів оцінки безпеки компонентів КС.	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Показники надійності (довговічності і збереженості). Ризики критичних відмов та методи його визначення.	6
2	Принципи програмно-апаратної реалізації відновлювальних пристроїв для різних методів резервування комп'ютерних систем.	9
3	Інструментальні засоби оцінювання надійності та безпеки комп'ютерних систем.	10
4	Методи он-лайн контролю мікропроцесорних систем.	8
5	Моделі зростання надійності (SRGM) програмних засобів.	10
6	Оцінка надійності і безпеки з використанням різних типів дерев відмов і атак.	8
7	Розрахунок готовності та оптимальне резервування компонентів комп'ютерних систем.	6
8	Типові архітектури та технології проектування відмовостійких і відмовобезпечних комп'ютерних систем.	14
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічне завдання за індивідуальним варіантом. Тема «Розрахунок готовності та оптимальне резервування компонентів ІУС» (за темою 2, змістовного модулю 2, модулю 2, 8 годин самостійної роботи)

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, семінарів, консультацій, а також самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, тестування знань, письмового модульного контролю, підсумковий контроль у вигляді екзамену.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Підготовка до семінарського заняття (визначення теми, підбір та огляд літератури, формування плану звіту та презентації)	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	2	0...10
Змістовний модуль 4			
Виконання і захист розрахунково-графічного завдання	0...10	1	0...10
Виступ з доповіддю та захист звіту на семінарському занятті (підготовка презентації, звіту, доповіді)	0...10	1	0...10
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається із двох теоретичних та одного практичного запитання, максимальна кількість балів за кожне теоретичне запитання, складає 34 балів, а за практичне – 32 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- знати основні поняття і показники надійності, відмовостійкості, живучості та безпеки комп'ютерних систем;
- знати методи і засоби оцінювання надійності та безпеки апаратних і програмних компонентів і комп'ютерних систем в цілому;
- знати методи і засоби забезпечення надійності та безпеки комп'ютерних систем на різних етапах життєвого циклу.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- уміти аналізувати вимоги до надійності, виходячи з вимог стандартів та технічних завдань на розроблення системи;
- уміти розраховувати показники надійності і функціональної безпеки системи, базуючись на електричних схемах і програмному забезпеченні систем з використанням відповідних методів і засобів оцінювання;
- уміти приймати рішення щодо забезпечення вимог до надійності шляхом прийняття відповідних проектних рішень, вибору елементної бази, видів резервування, методів контролю і діагностування;
- уміти презентувати запропоновані рішення, базуючись на сучасних методах забезпечення надійності та відмовостійкості.

Необхідний обсяг навичок для одержання позитивної оцінки:

- мати навички аналізу технічного завдання на розроблення системи, її програмних, апаратних компонентів за розділом вимоги до надійності і безпеки;
- мати навички оцінювання виконання вимог технічного завдання, базуючись на програмно-технічній документації та визначення варіантів підвищення надійності і безпеки з урахуванням обмежень на використання системи.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60 – 74). Показати мінімум знань та умінь. Показати позитивні результати по лабораторним роботам 1 – 5, розрахунково-графічному завданню та семінару.

Знати основні поняття і показники надійності та безпеки комп'ютерних систем; методи оцінювання надійності апаратних і програмних компонентів і комп'ютерних систем в цілому; методи забезпечення надійності комп'ютерних систем на різних етапах життєвого циклу.

Вміти аналізувати вимоги до надійності, виходячи з вимог технічних завдань на розроблення системи; розраховувати показники надійності, базуючись на електричних схемах і програмному забезпеченні систем з використанням відповідних методів оцінювання; вибирати елементну базу, методи і об'єм резервування відповідно до вимог.

Добре (75 – 89). Твердо знати мінімум. Показати позитивні результати по лабораторним роботам 1 – 5 (не нижче 3), отримати бали по розрахунково-графічному завданню (не нижче 5) та семінару (не нижче 5).

Знати основні поняття і показники надійності, відмовостійкості, живучості та безпеки комп'ютерних систем; методи оцінювання надійності апаратних і програмних компонентів і комп'ютерних систем в цілому; методи забезпечення надійності комп'ютерних систем на різних етапах життєвого циклу.

Вміти аналізувати вимоги до надійності, виходячи з вимог технічних завдань на розроблення системи; розраховувати показники надійності і функціональної безпеки системи, базуючись на електричних схемах і програмному забезпеченні систем з використанням відповідних методів оцінювання; вибрати елементну базу, методи і об'єм резервування відповідно до вимог.

Відмінно (90 – 100). Здати всі лабораторні роботи з оцінкою «добре» або «відмінно». Виконати у повному обсязі розрахунково-графічне завдання або його ускладнений варіант. Підготувати аналітичний звіт, презентацію, виступити на семінарі і захистити звіт.

Знати основні поняття і показники надійності, відмовостійкості, живучості та безпеки комп'ютерних систем; методи і засоби оцінювання надійності та безпеки апаратних і програмних компонентів і комп'ютерних систем в цілому; методи і засоби забезпечення надійності та безпеки комп'ютерних систем на різних етапах життєвого циклу; перспективні напрями розвитку та впровадження засобів забезпечення відмовостійкості та безпеки.

Вміти аналізувати вимоги до надійності, виходячи з вимог стандартів та технічних завдань на розроблення системи; розраховувати показники надійності і функціональної безпеки системи, базуючись на електричних схемах і програмному забезпеченні систем з використанням відповідних методів і засобів оцінювання; приймати рішення щодо забезпечення вимог до надійності шляхом прийняття відповідних проектних рішень, вибору елементної бази, видів резервування, методів контролю і діагностування.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Харченко В. С. Конспект лекцій (Харченко В. С. (ред). Надійність цифрових систем. Підручник. МОН України, 2006, 342 с.)

2. Лисенко І. В., Тарасюк О. М., Харченко В. С., Надійність і відмовостійкість комп'ютерних систем. Методичний посібник до лабораторних

робіт, ХАІ, 2012, 98 с.

3. Харченко В. С. Методичні вказівки до підготовки до семінару.

4. Харченко В. С. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи.

14. Рекомендована література

Базова

1. Основи діагностики цифрових систем. Підручник/ За ред. Харченка В.С., Люшка В.М. - Харків: Міністерство освіти та науки, 2007. – 360 с.

2. Основи надійності цифрових систем. Підручник/ За ред. Харченка В.С., Жихарева В.Я. - Харків: Міністерство освіти та науки, 2006. – 342 с.

3. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 2008. - 221 с.

4. Харченко В.С., Тарасенко В.В., Ушаков А.А. Отказоустойчивые встроенные цифровые системы на ПЛИС.- Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 2012. - 189 с.

5. Отказобезопасные информационно-управляющие системы на программируемой логике/ Под ред. Харченко В.С., Скляра В.В. НАКУ «ХАИ», НПП «Радий», 2013. - 291 с.

6. Харченко В.С., Лысенко И.В., Тарасюк О.М. Надежность и отказоустойчивость компьютерных систем. Руководство к лабораторным работам. – Харьков: ХАИ, 2013. - 98 с.

Допоміжна

1. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. — М.: Сов. радио, 1975. - 349с.

2. Харченко В.С., Скляр В.В., Конорев Б.М. и др. Оценка и обеспечение качества программных средств космических систем. Национальное космическое агентство Украины, НАКУ «ХАИ», Сертцентр АСУ, 2013. - 294 с.

3. Основи цифрових систем. Підручник/ За ред. Благодарного М.П., Харченка В.С. - Харків: Міністерство освіти та науки, 2004. – 351 с.

4. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП. – М.: Инфра-инженерия, 2012.

5. Методи системного аналізу у комп'ютерній інженерії та радіоелектроніці: підручник / За ред. С.Ю. Даншиної, В.С. Харченка.– Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2013. – 312 с.

6. Издания ХАИ по проектам MASTAC (2009-2010), SAFEGUARD (2011-2013), GREENCO (2014-2015), SEREIN (2015-2018), ALIOT (2019).

15. Інформаційні ресурси

1. Бабчук С.М. Надійність комп'ютерних систем і мереж, 2017 [Електрон. ресурс]. – <http://194.44.112.13/chyitalna/5417/index.html#p=1>.

2. Вишнівський В.В. Основи надійності та діагностики телекомунікаційних систем, 2016 [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1092_31009342.pdf

3. The First 50 Years of Software Reliability Engineering: A History of SRE with First Person Accounts James J. Cusick, PMP, New York, 2017 [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1902/1902.06140.pdf/>

4. Operating System Reliability from the Quality of Experience Viewpoint: An Exploratory Study [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/236332149_Operating_System_Reliability_from_the_Quality_of_Experience_Viewpoint_An_Exploratory_Study

5. Advances in System Reliability Engineering [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elsevier.com/books/advances-in-system-reliability-engineering/ram/978-0-12-815906-4>