

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

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Анатолій КУЛІК

(підпис)

(ініціали та прізвище)

«26» серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРІВ
СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

Форма навчання: денна


Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник:


Джуглаков В.Г., доцент кафедри систем управління літальних апаратів (№ 301)

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


(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Систем управління літальних апаратів (№ 301)
Протокол № 1 від “ 26 ” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ

(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	<p>Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»</p> <p>Спеціальність: 173 «Авіоніка»</p> <p>Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»</p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Обов'язкова дисципліна
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання: –		Семестр
Загальна кількість годин <i>кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин</i> 56 / 135		1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Лекції*
Семестр 1		24 години
Аудиторних – 3,5 год.		Практичні, семінарські*
Самост. роботи – 4,94 год.		–
		Лабораторні*
	32 години	
	Самостійна робота	
	79 години	
	Вид контролю	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 56 / 79.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоєння інженерних методик проектування структури та схематичної реалізації контролерів (обчислювано-керуючих модулів) і сучасних технологій розробки і тестування програмного забезпечення контролерів.

Завдання: отримання навичок аналізу технічного завдання на розробку контролеїв для систем управління технічними об'єктами, обґрунтований вибір засобів схематичної реалізації і узгодження інтерфейсів; засвоєння принципів розробки і тестування багатомодульного програмного забезпечення контролерів для збирання та обробки даних і формування сигналів управління у реальному часі.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми для спеціальності 173 «Авіоніка» ОПП «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів» студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК4. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК6. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності (ФК):

ФК2. Здатність проектувати та сертифікувати системи авіоніки та інформаційні системи літальних апаратів і наземних комплексів.

ФК5. Здатність оцінювати технічні, економічні, екологічні, безпекові та інші ризики при проектуванні та впровадженні систем авіоніки та інформаційних систем літальних апаратів і наземних комплексів.

ФК7. Здатність використовувати передові технології при дослідженні і проектуванні систем керування літальних апаратів, розробці апаратних та програмно-алгоритмічних засобів підвищення точності, надійності, живучості, ресурсів функціонування систем авіоніки.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Відшуковувати необхідні дані в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати науково-технічну літературу у вітчизняних та закордонних джерелах для визначення стану та пошуку сучасних та перспективних розробок у професійній діяльності.

ПРН7. Розробляти алгоритми керування рухом літальних апаратів.

ПРН8. Розробляти і використовувати мікропроцесорні системи та програмні засоби моделювання для розв'язування складних задач авіоніки.

Пререквізити:

Відповідно до ОПП підготовки бакалавра за спеціальністю 173 «Авіоніка»: Мікроконтролери в системах управління. Проектування систем управління. Інформаційно-вимірювальні пристрої авіоніки. Приводи систем авіоніки.

Кореквізити:

Сучасні методи побудови і моделювання систем управління.

Постреквізити:

Випробування та сертифікація систем авіоніки. Кваліфікаційна робота магістра.

3. Програма навчальної дисципліни

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Етапи, засоби і технології проектування мікропроцесорних контролерів та їх програмного забезпечення

Змістовий модуль 1. Етапи, засоби і технології проектування мікропроцесорних контролерів та їх програмного забезпечення.

Вступ до дисципліни «Проектування та програмування контролерів СУ»

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Проектування та програмування контролерів СУ». Зв'язок із попередніми дисциплінами. Огляд літературних джерел.

Тема 1. Характеристика етапів і технічного завдання на проектування мікропроцесорних контролерів

Технологія розробки мікропроцесорних контролерів. Магістрально-модульна організація контролера. Етапи проектування мікропроцесорного контролера. Структура та склад ТЗ на проектування системи розподілених ієрархічних контролерів. Варіанти апаратної архітектури АСУ ТП. Критерії вибору контролера. Вибір структури та елементів процесорного блока. Інтерфейси процесорного блока. Принципи побудови багатоканальних систем збирання даних і управління.

Тема 2. Технології автоматизованого проектування ПЗ контролерів

Задачі, що вирішуються ПЗ верхнього та нижнього рівнів керувальних комп'ютерних систем. Послідовність та взаємозв'язок етапів та засобів проектування ПЗ контролерів. Класифікація САПР функціонального ПЗ. Особливості тестування функціонального ПЗ. Апаратно-програмні засоби тестування мікроконтролерних систем. Компоненти інтегрованих середовищ розробки ПЗ. Системи візуальної розробки інтерфейсу користувача. Системи візуальної розробки алгоритмів для прикладних програм (SoftLogic- та SoftPLC-системи). Автоматизоване проектування ПЗ верхнього рівня (SCADA-системи). Інженерні мови програмування FBD, SFC, LD, ST, IL, FC. Переваги, недоліки та сфера застосування візуальних інженерних мов.

Тема 3. Програмування алгоритмів кінцевих автоматів у реальному часі

Задачі управління, що потребують реалізації у вигляді кінцевих автоматів. Класифікація дискретних кінцевих автоматів, їх формалізований опис і розрахунок параметрів. Алгоритмічна реалізація кінцевих автоматів у реальному часі.

Тема 4. Базові алгоритми обробки даних у мікроконтролерних регуляторах

Типові алгоритми корегування та управління. Алгоритм релейного управління із гістерезисом. Алгоритми промислового ПД-управління [Д-1]

Тема 5. Особливості побудови і опису багатозадачних систем реального часу

Вимоги до програмного забезпечення керуючих обчислювачів. Особливості побудови та програмування систем реального часу. Поняття багатозадачності, процеси і потоки. Формальна характеристика системи задач, що виконуються на одному процесорі. Функції операційних систем в програмному середовищі реального часу. Види розкладів виконання задач. Статичний розклад без переривань. Динамічний розклад із перериваннями (багатозадачність із витисканням). Квантовано-паралельний розклад (багатозадачність без витискання). Особливості розрахунку розкладів та побудова діаграми завантаження обчислювача.

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

Модуль 2. Проектування інтерфейсів мікропроцесорних контролерів

Змістовий модуль 2. Проектування інтерфейсів мікропроцесорних контролерів

Тема 1. Інтерфейси бортових і промислових датчиків

Система параметрів та характеристик промислових датчиків. Типові стандартизовані аналогові інтерфейси бортових і промислових датчиків. Функції первинної обробки сигналів та вибір їх параметрів. Аналіз вхідних параметрів алгоритмів. Обчислення невимірюваних параметрів алгоритмів керування [Д-1].

Тема 2. Міжконтролерні інтерфейси систем управління

Класифікація апаратних інтерфейсів контролерів систем управління. Централізована та розподілена шинні архітектури. Параметри шини. Особливості організації та різновиди послідовних інтерфейсів. Параметри інтерфейсу RS-232. Базовий послідовний інтерфейс RS-485 (стандарт на електричні параметри).

Тема 3. Мультиплексні канали інформаційного обміну (МКІО)

Вимоги до бортових мультиплексних каналів інформаційного обміну (МКІО). Загальна структура МКІО. Організація обміну інформацією. Стандарти MIL-STD-1553B та ARINC 429(629). Апаратна реалізація. Характеристики пакетів.

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Семестр 1(9)					
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Етапи, засоби і технології проектування мікропроцесорних контролерів та їх програмного забезпечення					
Вступ до дисципліни «Проектування та програмування контролерів СУ»	1	1	–	–	–
Тема 1. Характеристика етапів і технічного завдання на проектування мікропроцесорних контролерів	9	3	–	–	6
Тема 2. Технології автоматизованого проектування ПЗ контролерів	16	4	–	4	8
Тема 3. Програмування алгоритмів кінцевих автоматів у реальному часі	18	2	–	8	8
Тема 4. Базові алгоритми обробки даних у мікроконтролерних регуляторах [Д-1]	18	6	–	4	8
Тема 5. Особливості побудови і опису багатозадачних систем реального часу	20	2	–	8	10
Модульний контроль. Модульна контрольна робота (підготовка та написання)	6	–	–	–	6
Разом за змістовним модулем 1	88	18	–	24	46
Модуль 2					
Змістовний модуль 2. Проектування інтерфейсів мікропроцесорних контролерів					
Тема 1. Інтерфейси бортових і промислових датчиків [Д-1]	20	2	–	8	10
Тема 2. Міжконтролерні інтерфейси систем управління	12	2	–	–	10
Тема 3. Мультиплексні канали інформаційного обміну (МКІО)	10	2	–	–	8
Модульний контроль: Модульна контрольна робота (підготовка та написання)	5	–	–	–	5
Разом за змістовним модулем 2	47	6	–	8	33
Усього за модулями 1, 2	135	24	–	32	79
Контрольний захід – семестровий іспит					

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені	
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені	
2		
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Технологія візуального проектування функціонального програмного забезпечення контролерів	4
2	Програмна реалізація алгоритму кінцевого автомата з реакцією на зовнішні події	4
3	Підключення виконавчих пристроїв до мікроконтролерної системи. Розробка та тестування програми для управління кроковим двигуном	4
4	Розробка алгоритму і програмної реалізації для управління термостатом	4
5	Розробка програми для промислового алгоритму ПД-управління і дослідження особливостей управління в замкнутому контурі	4
6	Розробка алгоритму та його програмної реалізації для управління стрічковим транспортером із варіативним набором датчиків на основі дворівневого комплексу	4
7	Розробка алгоритму і програмної реалізації диспетчера задач	8
	Разом з дисципліни	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура і задачі дисципліни «Проектування та програмування контролерів СУ» (Тема 1)	–
2	Сучасні моделі промислових та бортових контролерів для централізованих та розподілених систем управління бортовим і технологічним обладнанням. Програмовані логічні матриці (Тема 2)	6
3	Ознайомлення із стандартом ІЕС 61131-3 на інженерні мови	8

	програмування. Огляд сучасних промислових SCADA-систем і SoftLogic-систем: Genesis, UltraLogik, LabView, FIX, TraceMode, IsaGraph. Об'єктно-орієнтоване розширення стандарту мови FBD. Програмна реалізація алгоритмів управління на основі ООП. Класифікація сигналів в САПР ФПЗ, вимірювальні та вихідні канали. Опис апаратних адрес зовнішніх пристроїв та модулів ПСО. Задавання характеристик сигналів (Тема 3)	
4	Характеристики та програмні механізми операційних систем реального часу. Особливості алгоритмічної та програмної реалізації різних видів розкладів виконання задач (Тема 4)	8
5	Інженерні методи обчислення нелінійних функцій. Сфера застосування та обмеження алгоритму ПІД-управління. Різновиди алгоритмів ПІД-управління. Алгоритми нечіткого управління. Двосторонні протоколи обміну даними як алгоритми дискретних автоматів. Програмна реалізація кінцевих автоматів у реальному часі (Тема 5)	8
6	Характеристики та програмні механізми операційних систем реального часу. Особливості алгоритмічної та програмної реалізації різних видів розкладів виконання задач (Тема 6)	10
7	Сучасні цифрові інтерфейси датчиків і виконавчих пристроїв (I2C, One-Wire, HART). Перевірка працездатності та достовірності датчиків. Цифрова фільтрація вхідних сигналів контролерів (Тема 7)	10
8	Шинні інтерфейси на основі RS-485 (CAN, Modbus, Profibus). Використання інтерфейсу USB при роботі із мікроконтролерами. Інтерфейс внутрішньосистемного програмування ISP. Інтерфейс внутрішньосистемного тестування JTAG (Тема 8)	10
9	Система ідентифікації параметрів в стандартах ARINC 429(629) та RTM-1495-75 (Тема 9)	8
11	Підготовка і написання модульних контрольних робіт	11
	Разом	79

9. Індивідуальні завдання

Назва індивідуального завдання	Кількість годин
Не передбачено	

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, виконання модульної контрольної роботи; фінальний контроль – семестровий іспит.

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
Семестр 1			
Змістовний модуль 1			
Виконання лабораторних робіт	3...5	5	15...25
Захист лабораторних робіт	3...5	5	15...25
Модульний контроль	6...10	1	6...10
Змістовний модуль 2			
Виконання лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Захист лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Модульний контроль	12...20	1	12...20
Усього за семестр 1 (9)			60...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/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань. Перше запитання – теоретичне, максимальна кількість балів становить 20. Друге запитання – задача для розв’язання, максимальна кількість балів – 40. Третє запитання – лабораторне (стендове), максимальна кількість балів – 40.

Приклади екзаменаційних білетів

Білет 1

- 1. Теоретичне запитання.** Особливості програмних систем реального часу. Функції ОС РВ.
- 2. Задача для розв’язання.** Сформував алгоритм для реалізації періоду дискретності виконання задачі управління на основі 16-розрядного таймера МК. Тривалість періоду $T_0 = 0,4$ с. Період імпульсів ГТІ МК: $T_{ГТІ} = 1,0$ мкс.
- 3. Лабораторне (стендове) завдання.** На основі програми для лабораторної роботи №5 здійснити дослідження реакції системи управління на появу і відміну значного задавального впливу ($G > 80$), який призводить до насичення регулятора. Провести експерименти за наявності і відсутності блока обмеження інтегральної складової. Пояснити результати.

Білет 2

- 1. Теоретичне запитання.** Характеристика послідовних інтерфейсів. Стандарти RS-232 і RS-485.
- 2. Задача для розв’язання.** Розрахувати час передачі пакету даних через послідовний порт UART. Склад пакету: три числа формату «байт із знаком», одно число формату «3-хбайтове з плаваючою точкою», п’ять чисел формату «2 байти зі знаком». Швидкість передачі 19200 біт/с. Біт контролю парності не формується.
- 3. Лабораторне (стендове завдання):** В програмі для лабораторної роботи №6 (управління стрічковим транспортером) замінити джерело інформації про швидкість руху стрічки на альтернативний варіант, заданий в лабораторній роботі. Порівняти і пояснити результати експерименту.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи побудови та аналізу технічного завдання, систему вимог до контролерів систем управління;
- принципи побудови каналів передачі даних, організацію фізичного, каналного та програмного інтерфейсу між контролерами;
- стандарти на сучасні інтерфейси для побудови контролера;
- принципи побудови локальних обчислювальних мереж, типи протоколів передачі даних, типові схемотехнічні рішення для організації каналів зв'язку;
- сучасну елементну базу та параметри стандартизованих блоків для побудови промислових контролерів;
- етапи і засоби розробки і налагодження ПЗ контролерів;
- способи програмної реалізації інформаційних зв'язків між функціональними елементами ПЗ управляючих обчислювальних систем;
- принципи модульно-ієрархічної побудови комплексів програм;
- підходи до управління обчислювальним процесом та розподілом обчислювальних ресурсів;
- сучасні методи і засоби автоматизації проектування ПЗ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- формувати структуру контролера, що відповідає умовам технічного завдання;
- визначати оптимальний розподіл інтерфейсних ресурсів контролера;
- формувати чи вибирати протоколи передачі даних каналами зв'язку;
- формувати протоколи управління елементами промислового контролера у реальному часі;
- розробляти обчислювальні алгоритми на основі формального опису задачі;
- працювати з інтегрованими пакетами для розробки і налагодження програм на основі технології візуального проектування ПЗ;
- формувати вимоги до програм управління обчислювальним процесом та розробляти елементи програм-диспетчерів реального часу;
- визначати потрібні обчислювальні ресурси для реалізації ПЗ.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60...74 бали):

Здобувач володіє теоретичним матеріалом не в повному обсязі, допустив помилки у вирішенні задачі або практичного (лабораторного) завдання, його відповіді на запитання не є повними. Зменшення кількості балів в межах 68...74 бали можливе за неточні та неповні відповіді на додаткові запитання. Якщо здобувач невпевнено володіє теоретичним матеріалом вирішив задачу або практичне (лабораторне) завдання з грубими помилками, не відповів на деякі додаткові запитання, виставляється оцінка в межах 60...67 балів.

Добре (75...89 балів):

Здобувач має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни, правильно розв'язав практичне (лабораторне) завдання, але його відповіді не є чіткими. Зменшення кількості балів можливе при неточності у формулюваннях та неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання. Зменшення кількості балів в межах 75...89 балів можливе за неточні відповіді на теоретичні додаткові запитання.

Відмінно (90...100 балів):

Здобувач твердо знає принципи побудови та аналізу технічного завдання, систему вимог до контролера; принципи побудови каналів передачі даних, організацію фізичного, каналного та програмного інтерфейсу між окремими контролерами; стандарти на сучасні

інтерфейси для побудови контролера; принципи побудови локальних обчислювальних мереж, типи протоколів передачі даних, типові схемотехнічні рішення для організації каналів зв'язку; сучасну елементну базу та параметри стандартизованих блоків для побудови контролера СУ; етапи і засоби розробки і налагодження ПЗ контролера СУ; способи програмної реалізації інформаційних зв'язків між функціональними елементами ПЗ управляючих обчислювальних систем; принципи модульно-ієрархічної побудови комплексів програм; підходи до управління обчислювальним процесом та розподілом обчислювальних ресурсів; сучасні методи і засоби автоматизації проектування ПЗ. При цьому здобувач використовує знання з дисципліни, повно та правильно відповідає на всі питання, які були поставлені перед ним. У всіх відповідях студент, не допустив суттєвих неточностей, вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Здобувач проявляє вміння логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати типову задачу та практичне завдання, а також відповідати на всі додаткові питання. Зменшення кількості балів в межах 90...100 можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

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. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування та програмування контролерів систем управління». 2024 р.
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт. 2024 р.
3. Інтегроване середовище **Visual MCStudio**. Інструкція користувача.
4. Універсальна учбова мікроконтролерна система УУМС-2. Технічний опис.
5. Системне програмне забезпечення УУМС. Бібліотека службових підпрограм. Інструкція користувача.
6. Джулгаков, В.Г. Мікроконтролери в системах керування. *Microprocessor Control Systems* [Текст] : Навч. посіб. до лаб. робіт (українською та англійською мовами) / В. Г. Джулгаков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. - 144 с.

Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. Автор всіх розробок – доцент каф. 301 Джулгаков В.Г. Шлях для ознайомлення і скачування: R:\materials\Мікропроцесорні регулятори\ППК СУ

або

<https://drive.google.com/drive/folders/1okK3Mu9vgKR9wzfn94LumJfVMMAD9cls>

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2999>

14. Рекомендована література

Базова

1. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації. / В.Г. Трегуб. – Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2019. – 344 с.
2. Харченко, В.П. Авіоніка. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов – Навч. посібник. – К.: Національний авіаційний університет, 2012. – 272 с.
3. Проектування цифрових контролерів. / В.Г. Джулгаков, К.І. Руденко. – Навч. посібник. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008. – 100 с.
4. Невлюдов, І.Ш. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 264 с.
5. Міжнародний стандарт ІЕС 61131-3. Програмовані контролери. Мови програмування.
6. Military avionics systems / Ian Moir and Allan G. Seabridge. - John Wiley & Sons, Ltd., 2006. – 538 p.
7. Civil avionics systems / Ian Moir and Allan G. Seabridge. - Professional Engineering Publishing, UK, 2003. - 443 p.
8. Integrated Modular Avionics Development Guidance and Certification Considerations // RTO-EN-SCI-176/ – René L.C. Eveleens – National Aerospace Laboratory NLR, 2016.

Допоміжна

1. Рациональне управління працездатністю макетного блока електродвигунів-маховиків [Текст] / В. Г. Джулгаков, К. Ю. Дергачов, А. С. Кулік та ін. : за заг. ред. А. С. Куліка. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіаці. ін-т», 2023. – 224 с. ISBN 978-966-662-900-8
2. Розподіл обчислювальних ресурсів в модульній авіоніці / Головкина Л. В., Зайченко О. Б. //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Електроенергетика та перетворювальна техніка», 2019. – № 1. – С. 17-21.
3. Зозуля, В., Осадчий, С., Тимошенко, Г. Інформаційна технологія модельно-орієнтованого проектування контролеру реального часу // Automation of Technological and Business Processes, (2023) – № 15(1). С. 1-10.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.
2. Офіційний сайт провідного виробника мікроконтролерів: www.atmel.com