

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

Кафедра «Інженерії програмного забезпечення» (№ 603)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

А.Г. Чухрай
(ініціали та прізвище)

« 29 » 08 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи реального часу

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: F Інформаційні технології

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: F2 Інженерія програмного забезпечення

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інженерія програмного забезпечення (ОНП)

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків – 2025 р.

Розробник: Ігор ТУРКІН, д.т.н., проф.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри інженерії програмного забезпечення (№ 603)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д-р техн.наук., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Ігор ТУРКІН
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти
Представник студентського самоврядування


(підпис)

Діана ДИКУН
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Туркін Ігор Борисович

Посада: завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор.

Перелік дисциплін, які викладає:

- Основи програмної інженерії
 - Екосистеми програмного забезпечення
 - Системи реального часу
 - НДР магістра.
-

Напрями наукових досліджень: інженерія програмного забезпечення, екосистеми програмного забезпечення та цифрові платформи, програмне забезпечення бортових мікроконтролерів супутників та БПЛА.

Контактна інформація:

E-mail: i.turkin@khai.edu

Signal: IhorTurkin.89

2. Опис навчальної дисципліни

Форми навчання - інституційна (очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева).

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Дисципліна – обов’язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом – 120 годин (4 кредити ЄКТС), у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 72 годин:

Види занять – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - надбання та зміцнення знань і навичок в галузі проектування, розробки та використання ПЗ спеціалізованих автоматизованих систем реального часу, таких як: системи автоматизованого управління технологічними процесами, вбудовані системи, а також познайомити студентів з особливостями розробки ПЗ для них з урахуванням підвищених вимог до надійності, ефективності, прогнозованості.

Завдання - Навчити студентів розуміти принципи ПЗ систем реального часу, надати представлення про притаманні цим системам принципи побудови ПЗ, навчити вирішувати ці проблеми в програмних проектах систем реального часу.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність продукувати нові ідеї, розв’язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямів, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

Фахові (спеціальні) компетентності:

СК01. Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.

СК03. Здатність проєктувати архітектуру програмного забезпечення, моделювати процеси функціонування окремих підсистем і модулів.

СК05. Здатність розробляти, аналізувати та застосовувати специфікації, стандарти, правила і рекомендації в сфері інженерії програмного забезпечення.

СК09. Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.

Програмні результати навчання:

РН01. Знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення

РН02. Оцінювати і вибирати ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу.

РН03. Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.

РН04. Виявляти інформаційні потреби і класифікувати дані для проєктування програмного забезпечення.

РН05. Розробляти, аналізувати, обґрунтовувати та систематизувати вимоги до програмного забезпечення.

РН06. Розробляти і оцінювати стратегії проєктування програмних засобів; обґрунтовувати, аналізувати і оцінювати варіанти проектних рішень з точки зору якості кінцевого програмного продукту, ресурсних обмежень та інших факторів.

РН07. Аналізувати, оцінювати і застосовувати на системному рівні сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач інженерії програмного забезпечення.

РН08. Розробляти і модифікувати архітектуру програмного забезпечення для реалізації вимог замовника.

РН10. Модифікувати існуючі та розробляти нові алгоритмічні рішення детального проєктування програмного забезпечення.

РН14. Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.

РН17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.

РН18. Розробляти математичне і програмне забезпечення для наукових досліджень в галузі інженерії програмного забезпечення.

РН20. Планувати і виконувати наукові дослідження в сфері інженерії програмного забезпечення, обирати методики та інструменти, аналізувати результати, обґрунтовувати висновки.

РН21. Вміти застосовувати на практиці теоретичні положення та стандарти з інженерії систем та програмних засобів

РН22. Формулювати, обґрунтовувати і застосовувати на практиці комплексні рішення щодо існуючих систем, їх компонентів, процесів життєвого циклу та бізнес-моделей з урахуванням внутрішньої політики сталого розвитку програмних продуктів та процесів в організації.

Пререквізити – відсутні.

Кореквізити – відсутні.

Постреквізити –PRISMA - вторинні наукові дослідження (КП), Науково-дослідницька робота магістра (КП).

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теорія та патерни програмного забезпечення систем реального часу.

Тема 1. Вступ. Патерни програмного забезпечення систем реального часу

Анотація: Постановка теми. Система реального часу. Ефективність. Корисний ефект. Залежність корисного ефекту від часу вирішення задачі. Класифікація задач реального часу: фонові, другорядні завдання, періодичні, інтерактивні завдання взаємодії з користувачем-оператором, імпульсні завдання автоматичного управління. Вимоги до систем з підвищеними вимогами до надійності: постійна готовність; надійність; функціональна безпека (safety); інформаційна безпека (security). Патерни систем реального часу: модель автономних виконавців, модель покадрової обробки, захищений канал, гомогенний Шаблон надлишковості, Шаблон потрібної надмірності, Шаблон гетерогенної надмірності, Монітор, Sanity Check, Watchdog, Шаблон безпечного виконання, Шаблон 5-ти рівневої архітектури, Віртуальна машина.

Тема лекції 1. Вступ. Критерії оцінювання успішності студентів. Ефективність. Класифікація задач реального часу.

Тема лекції 2. Відмови. Надійність; постійна готовність; функціональна безпека (safety); інформаційна безпека (security)

Тема лекції 3. Патерни систем реального часу.

Тема практичного завдання 1. Засоби вимірювання часу в ОС

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Тема 2. Теорія програмного забезпечення систем реального часу

Анотація: Види часу. UTC (Universal Time Coordinated - Універсальний Координований Час), Атомний час TAI - (International Atomic Time), Астрономічні часи: UTO, UT1, UT2. Абсолютний час, Відносний час, Календарний час, Місцевий час, розділений час. Карта годинних поясів. Джерела сигналів часу в комп'ютері. Фактори, що вносять похибку в вимір інтервалів часу. Часова база (timing base) в ОС QNX. Джерела періодичних апаратних переривань в комп'ютері. Класифікація таймерів: періодичні (інтервальні), одноразові, разові, затримки (очікування), повідомлення, відносні, абсолютні, затримки в режимі зайнятого очікування. Інтервальні таймери повідомлення, jitter - "тремтіння". Таймери затримки в стандарті POSIX. Накопичений дрейф таймера при завданні періоду за допомогою таймера затримки. Вимірювання часових інтервалів. Похибки годинника і таймерів. Планування завдань реального часу: Rate-Monotonic та EDF (earliest deadline first) алгоритми. Достатня і необхідна умова планування періодичних завдань в RMA (Rate Monotonic Analysis).

Тема лекції 4. Час в комп'ютері.

Тема лекції 5. Служба часу в ОС реального часу QNX.

Тема лекції 6. Теорія планування завдань реального часу.

Тема практичного завдання 2. Процеси і потоки в ОС Windows.

Тема практичного завдання 3. Об'єкти ядра ОС Windows для синхронізації потоків.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Змістовий модуль 2. Практика розробки програмного забезпечення систем реального часу.

Тема 3. Проблеми, стандарти та архітектури ОС реального часу.

Анотація: Проблеми: інверсія пріоритетів, голодування (starvation), взаємоблокування (deadlock - тупик). Умови для виникнення тупиків. Виявлення та усунення взаємоблокувань. Запобігання тупиків. Кооперація процесів і основні аспекти її реалізації. Логічна організація механізму обміну інформацією (класифікація). Програмні алгоритми для організації взаємодії процесів. Специфікація IEEE POSIX (Portable Operating System Interface for computing environments or portable OS for UNIX). Архітектури ОС та їх класифікація. Вибір ОС - технічні та економічні критерії.

Тема лекції 7. Проблеми ОС реального часу.

Тема лекції 8. Кооперація процесів.

Тема лекції 9. Стандарти та архітектури ОС реального часу.

Тема практичного завдання 4. Об'єкти та функції Windows API для міжпроцесного обміну інформацією.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Тема 4. Огляд програмних рішень операційних систем для синхронізації та взаємодії завдань.

Анотація: Концепція процесів і потоків. Роль процесів, потоків і волокон в мультипрограмуванні. Управління процесами і потоками/ Створення процесів і потоків. Моделі процесів і потоків. Диспетчеризація потоків в ОС QNX та ОС Windows. Міжпроцесний обмін даними в ОС QNX: неблокуючі та блокуючі повідомлення. Міжпроцесний обмін даними в ОС Windows: Clipboard, COM (Component Object Model), Data Copy - повідомлення WM_COPYDATA, DDE - (Dynamic Data Exchange), File Mapping, Mailslots, Pipes: канали анонімні і іменовані, RPC (remote procedure call) - механізм віддаленого виклику процедур, Windows Sockets - сокети.

Тема лекції 10. Засоби розпаралелювання задач в ОС.

Тема лекції 11. Алгоритми планування та диспетчеризації.

Тема лекції 12. Механізми синхронізації та інформаційної взаємодії в ОС QNX та ОС Windows.

Тема практичного завдання 5. Шаблони (патерни проектування) у системах реального часу.

Тема практичного завдання 6. Використання шаблонів у системах реального часу.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Модульний контроль 2

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

6. Методи навчання

Лекції з елементами інтерактиву (пояснення з використанням презентацій, прикладів, міні-опитувань). *Практичні заняття* – підготовка та захист звітних документів. Робота в малих групах – колективний аналіз наданих документів. *Використання системи онлайн-тестування.* *Самостійна робота* – індивідуальні завдання, робота з електронними матеріалами та онлайн-курсами. *Консультації* – індивідуальні та групові (очно або онлайн) для підтримки та корекції навчального процесу.

7. Методи контролю

Поточний контроль: опитування на лекціях та практичних заняттях; програмований контроль (тестування, онлайн-тести); оцінювання виконання індивідуальних і групових практичних завдань.

Модульний контроль: складання модульного контролю;

Підсумковий контроль: іспит.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Тестування після лекції	0..1	8	0..8

Виконання і захист практичних робіт	2...5	4	8...20
Модульний контроль (тестування)	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Тестування після лекції	0..1	8	0..8
Виконання і захист практичних робіт	2...5	4	8...20
Модульний контроль (тестування)	0...22	1	0...22
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість повторно пройти контроль знань та покращити свою оцінку з теорії. Тест складається з 30 питань та виконується з обмеженням часу – 30 хвилин.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Мати уявлення про особливості систем реального часу з урахуванням специфічних вимог до них; основні підходи до створення операційних систем реального часу та їх базові структури; особливості вирішення задач реального часу в операційній системі QNX

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування та позааудиторну самостійну роботу. Розуміти основні особливості систем реального часу з урахуванням специфічних вимог до них; основні підходи до створення операційних систем реального часу та їх базові структури; особливості вирішення задач реального часу в операційній системі QNX. Вміти проектувати системи реального часу для вирішення прикладних задач управління технологічними процесами; експлуатувати системи реального часу, виконувати їх адміністрування та адаптацію до вирішуваних задач.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

9. Політика навчального курсу

Процедура відпрацювання пропущених занять: здобувач самостійно ознайомлюється з пропущеним матеріалом: лекційними конспектами, навчальними презентаціями, записами занять або додатковими матеріалами, наданими викладачем. Пропущене практичне заняття відпрацьовується шляхом виконання всіх завдань, передбачених для цього. За потреби здобувач може узгодити індивідуальну консультацію з викладачем для роз'яснення складних тем або перевірки виконаних завдань. Після виконання завдань здобувач надає результати викладачу для перевірки у форматі звіту про виконану роботу. Виконане заняття оцінюється за тими ж критеріями, що і основне заняття. Відпрацювання вважається успішним після схвалення викладачем результатів та підтвердження засвоєння матеріалу.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що розроблені здобувачами програми та звіти до них будуть оригінальними. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

1. Дистанційний курс дисципліни розроблено у системі дистанційного навчання Mentor, яку впроваджено в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доступ до курсу за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=221>.

11.Рекомендована література

Базова

1. Операційні системи: навч. посіб. / В. Г. Зайцев, І. П. Дробязко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 240 с.

2. Авраменко В. С., Авраменко А. С. Основи операційних систем. Навчальний посібник. – Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2018. – 524 с.: ISBN 966-552-157-8

3. Методи та алгоритми обробки даних у задачах реального часу. Лабораторний практикум, Туркін І.Б., Лучшев П.А., Василенко Т.В. Харків: Нац. аерокосмічний ун-т, 2007 р., 110 с.

Допоміжна

1. Morgan Kaufmann. Design Methods for Reactive Systems: Yourdon, Statemate, and the UML ISBN:1558607552, 2003

2. Douglass, Bruce. (2003). Real-Time Design Patterns: Robust Scalable Architecture for Real-Time Systems.

3. Перевірка і твердження програм реального часу / Під. Ред. Уи.Дж.Квирка. – Київ : Наук. думка, 1990. – 216 с.

12.Інформаційні ресурси

1. Kopetz, H. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications / Hermann Kopetz. – 2nd ed. – Springer, 2011. – 378 p. – Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-11992-7>, вільний.

2. Real-Time Systems Journal / Springer. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/11241>, за підпискою.

3. The Real-Time Linux Wiki // Real-Time Linux. – Режим доступу: <https://rt.wiki.kernel.org>, вільний.

4. Real-Time Embedded Systems Specialization [Електронний ресурс] / University of Colorado Boulder, Coursera. – Режим доступу: <https://www.coursera.org/specializations/real-time-embedded-systems>, вільний.

5. Embedded Systems - Shape the World [Електронний ресурс] / University of Texas, edX. – Режим доступу: <https://www.edx.org/course/embedded-systems-shape-the-world>, вільний.
6. Georgia Tech. Real-Time Systems [Електронний ресурс]: лекції на каналі YouTube. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/c/GeorgiaTech>, вільний.
7. FreeRTOS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.freertos.org>, вільний.
8. Xenomai Project [Електронний ресурс]: система реального часу для Linux. – Режим доступу: <https://xenomai.org>, вільний.
9. ROS (Robot Operating System) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ros.org>, вільний.
10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF
11. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. ДСТУ 3008:2015 // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF