

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМЕНІ В.М.ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МЕТОДИ ФОРМАЛЬНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ РЕАКТИВНИХ СИСТЕМ (ДВА.2.01.04)

для здобувачів освітньо-наукового рівня «доктор філософії»

галузь знань	12 «Інформаційні технології»
спеціальність	112 «Комп'ютерні науки»
освітній рівень	третій (освітньо-науковий)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерні науки»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна / заочна
Навчальний рік	2020/2021
Рік навчання	2
Кількість кредитів ECTS	2
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: **Чеботарьов Анатолій Миколайович**, д.т.н.,

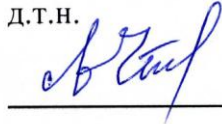
Пролонговано Вченою радою Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Навчальні роки пролонгації	Голова вченої ради	Підпис	№ протоколу	Дата протоколу
20___/20___ р.	_____	_____	_____	_____
20___/20___ р.	_____	_____	_____	_____
20___/20___ р.	_____	_____	_____	_____
20___/20___ р.	_____	_____	_____	_____

КИЇВ – 2020

РОЗРОБНИК:

провідний науковий співробітник відділу перетворювачів форми інформації
д.т.н.



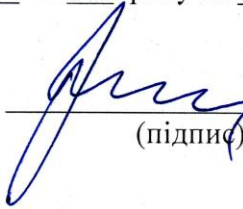
Чеботарьов Анатолій Миколайович

Робочу програму розглянуто та схвалено на засіданні відділу мікропроцесорної техніки

Протокол від “02” 07 20 20 року № 4

Завідувач відділу

академік НАН України, д.т.н.



О.В. Палагін

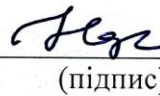
(підпис)

Робочу програму ухвалено науково-методичною радою

Протокол від “15” 07 20 20 року № 3

Голова науково-методичної ради

академік НАН України



І.В. Сергієнко

(підпис)

**Робочу програму затверджено Вченою радою Інституту кібернетики імені
В.М. Глушкова НАН України**

Протокол від “28” 07 20 20 року № 13

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми 122 «Комп’ютерні науки»

“15” 07 20 20 року

Гарант освітньої програми

академік НАН України



О.В. Палагін

(підпис)

1. Мета навчальної дисципліни полягає: у наданні знань по основним принципам та методам формальної верифікації апаратних та програмних систем, що взаємодіють із зовнішнім для них середовищем; навчанні методам побудови, опису та аналізу моделей інформаційних процесів у комп'ютерних системах; навчанні описувати властивості таких моделей з використанням темпоральних логік, логік першого порядку та μ -числень; в оволодінні новими логічними методами верифікації математичних моделей систем та алгоритмів; у формуванні у аспірантів комплексу практичних навичок ефективного розв'язання сучасних проблеми верифікації.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- 1. Знати:** різновиди основних автоматних моделей, що використовуються для опису реактивних систем, елементи математичної логіки першого порядку та методи перевірки несуперечливості формул цієї логіки, властивості відношень еквівалентності та часткового порядку на множинах.
- 2. Вміти:** аналізувати та застосовувати знання для розв'язання конкретних завдань та прикладних задач, використовуючи сучасні САПР.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Методи формальної верифікації реактивних систем» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. і спрямована на здобуття аспірантом загальної математичної підготовки і практичних навичок для розв'язання проблеми коректного проектування алгоритмів та компонентів обчислювальної техніки шляхом перевірки правильності їх функціонування на рівні схем та програм промислового рівня складності. Наводиться широкий клас абстрактних моделей обчислювальних систем, формальних мов специфікації вимог до їхнього функціонування у вигляді властивостей систем та надаються алгоритми перевірки виконаності специфікацій на цих моделях. Вона надає аспіранту знання, необхідні для проведення досліджень за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія», їх практичного використання, та висвітлює перспективні напрями розвитку методу перевірки виконаності на моделі.

4. Завдання (навчальні цілі): набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у області розробки методів коректного проектування алгоритмів функціонування обчислювальних пристроїв, відповідно науково-освітньої кваліфікації «Доктор філософії». Зокрема, розвивати і реалізовувати нові конкурентоздатні ідеї в галузі інформаційних технологій, здатність критично переосмислювати наявні інформаційні технології верифікації алгоритмів та відстежувати тенденції їх розвитку.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	Знати основні підходи до проектування коректних алгоритмів на основі формальної верифікації.	<i>Лекція, семінарське заняття</i>	<i>Залік, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	20%
РН 1.2	Знати засоби подання властивостей математичних моделей функціонування алгоритмів реального часу у вигляді формул темпоральних логік LTL, CTL і μ -числення..			
РН 1.3	Знати основні моделі, що використовуються для верифікації алгоритмів реального часу..			20%
РН 1.4	Знати теоретичні основи методів символічної перевірки на моделі.			
РН 2.1	Вміти на основі аналізу вихідної задачі	<i>Лекція,</i>	<i>Залік,</i>	20%

	формулювати властивості функціонування відповідної моделі	семінарське заняття, самостійна робота	виконання завдань, винесених на самостійну роботу	
РН 2.2	Вміти записувати потрібні властивості моделі у вигляді формул темпоральних логік та монадичної логіки першого порядку.			20%
РН 2.3	Вміти спрощувати моделі, які аналізуються, з метою суттєвого зменшення кількості їх станів..	семінарське заняття, самостійна робота	Залік, виконання завдань, винесених на самостійну роботу	5%
РН 3.1	Обґрунтовувати власний погляд на вибір, основних методів формальної верифікації отриманої моделі.			5%
РН 4.1	Демонстрація авторитетності, інноваційності, високий ступінь самостійності, академічна та професійна добросесність, послідовна відданість розвитку нових ідей у процесі професійної та наукової діяльності.			5%
РН 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни									
	РН 1.1	РН 1.2	РН 1.3	РН 1.4	РН 2.1	РН 2.2	РН 2.3	РН 3.1	РН 4.1	РН 4.2
<i>(з опису освітньої програми)</i>										
ПРН-1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.	+	+	+	+						
ПРН-3. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, ...) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.		+						+		
ПРН-4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках.						+	+			
ПРН-6. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.							+			
ПРН-7. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної науки з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних,										+

економічних, екологічних та правових аспектів.										
ПРН-8. Глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук та у викладацькій практиці.	+						+			
ПРН-9. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації комп'ютерних наук.									+	+
ПРН-10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проєктів з комп'ютерних наук.	+								+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання здобувачів освітньо-наукового ступеня:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4 – 10 балів/6 балів;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 20 балів/12 балів;
3. Захист виконаних завдань: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН3.1, РН4.1. – 30 балів/18 балів;

- підсумкове оцінювання: залік.

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1, РН2, РН3, РН4;
- форма проведення і види завдань: письмова робота.

Для здобувачів освітньо-наукового ступеня, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – 20 балів, за рішенням відділу не допустити до складання Іспиту із рекомендацією захистити завдання до повторного складання Іспиту.

Рекомендований мінімум – 36 балів.

7.2. Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу за графіком робочої програми.

Обов'язковим для Іспиту є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, до вказаної викладачем дати, перед початком екзаменаційної сесії, згідно навчального плану.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: протягом навчального періоду;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: протягом навчального періоду;
3. Захист виконаних завдань : до 9 тижня навчального періоду.

У випадку відсутності з поважних причин відпрацювання та перездачі завдань здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України”.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Семинарські	Самостійна робота
Методи формальної верифікації реактивних систем.				
1	Тема 1. Моделі, що використовуються для верифікації реактивних систем. Транзиційні системи. Композиції транзиційних систем. Синхронізована паралельна композиція. Структури Кріпке. Відношення моделювання (simulation relation). Подібність структур Кріпке <i>Самостійна робота:</i> Виконати задані вправи, що стосуються побудови транзиційних систем, їх композицій та структур Кріпке.	4		5
2	Тема 2. Темпоральні логіки. Логіка LTL (синтаксис і семантика). Рівносильності для формул логіки LTL. Логіка CTL (синтаксис і семантика). Типові формули логіки CTL. Разгортка формул. Рівносильності для формул логіки CTL. Класифікація властивостей моделей реактивних систем. <i>Самостійна робота:</i> Для заданих властивостей записати відповідні формули логік LTL і CTL на прикладах ліфта, мікрохвильової печі та схеми арбітру.	2		5
3	Тема 3. Частковий порядок, ґратки та нерухомі точки. Визначення поняття часткового порядку. Мінімальні й найменші елементи частково впорядкованої множини (ч.в.п.). Найбільша нижня й найменша верхня межі ч.в.п. Поняття ґратки. Неперервна і монотонна функції на ґратках. Нерухомі точки. <i>Самостійна робота:</i> Довести, що функціонали, які відповідають формулам CTL, неперервні та монотонні.	2		5
4	Тема 4. Подання операторів логіки CTL у термінах нерухомих точок. Найбільша й найменша нерухомі точки. Теорема Кнастера-Тарського. Обчислення множини станів структури Кріпке, в яких істина задана формула CTL. Стандартні процедури обчислення найменшої й найбільшої нерухомих точок. <i>Самостійна робота:</i> Для заданої структури Кріпке обчислити множини станів, в яких істинні формули CTL із заданої множини формул.	2		5
5	Тема 5. Методи символічної перевірки на моделі (model checking). Двійкові діаграми рішень. Подання множин та відношень. Обчислення образу відношення. Досяжність у структурах Кріпке. <i>Самостійна робота:</i> використовуючи кодування станів структури Кріпке і квантифікацію булевих	2		5

	формул виконати завдання для попередньої теми..			
6	Тема 6. Перевірка на моделі на базі μ-числення. Синтаксис і семантика μ -числення. Подання формул μ -числення. Основні властивості формул. Обчислення значення формул нерухомої точки. Трансляція STL у μ -числення. <i>Самостійна робота:</i> для заданої множини формул STL записати відповідні формули μ -числення.	4		5
7	Тема 7. Редукція часткових порядків. Редукція часткових порядків для LTL. Обчислення достатніх множин. Еквівалентності на моделях. Абстракція даних. Редукція на базі симетрії. <i>Самостійна робота:</i> використовуючи метод достатнього відбору, побудувати редукцію транзитивної системи, що описує властивість взаємного виключення.	2		5
ВСЬОГО:		18		40

Загальний обсяг 60 годин, в тому числі:

Лекцій – **18 годин**,

Консультація – **2 годин**,

Самостійна робота – **40 годин**.

9. Рекомендовані джерела

9.1. Основні:

1. Э.М. Кларк, О. Грамберг, Д. Пелед. Верификация моделей программ. Model checking. М.: Изд – во Московского центра непрерывного математического образования, 2002. – 416с.
2. K. Schneider. Verification of Reactive Systems. Springer. 2004. — 600 p.
3. E.M. Clarke, T.A. Henzinger, H. Veith, R. Bloem eds. Handbook of Model Checking. 2018. – 1209 p.
4. K.L. McMillan. Symbolic Model Checking. 1993. – 182 p.
5. Карпов Ю. Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 460 с. .
6. Чеботарев А.Н. . Теоретико-автоматный подход к верификации реактивных систем. Кибернетика и системный анализ. 2001, №6, С. 37–49.
7. Chebotarev A. Verification of specifications in language L with respect to temporal properties expressible by GR(1) formulas. Proc. IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012) Kharkov National University of Radioelectronics, 2012, P. 110– 113.

9.2. Додаткові:

1. Вельдер С. Э., Лукин М. А., Шалыто А. А., Яминов Б. Р. Верификация автоматных программ. — СПбГУ ИТМО, 2011. — 242 с.
2. Чеботарев А.Н. Верификация спецификаций в языке L относительно темпоральных свойств, не выразимых в этом языке. Кибернетика и системный анализ. 2009, №5, С. 3 –12.