

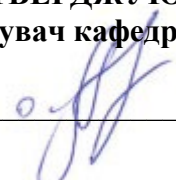
# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

Кафедра прикладної математики, статистики та економіки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

 (Авраменко О.В.)

«30» серпня 2018 року

### РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 113 Прикладна математика

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

освітня програма Прикладна математика

(назва)

Факультет фізико-математичний

(назва інституту, факультету, відділення)

форма навчання денна/заочна

(денна, заочна.)

2018 – 2019 навчальний рік

Робоча програма «Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів» для аспірантів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Розробники:

Авраменко Ольга Валентинівна, професор, завідувач кафедри прикладної математики, статистики та економіки; доктор фізико-математичних наук.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики, статистики та економіки

Протокол № 1 від «30» серпня 2018 року

Завідувач кафедри прикладної математики,  
статистики та економіки

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

Авраменко О.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_, 20\_\_ рік  
\_\_\_\_\_, 20\_\_ рік

1. **Опис навчальної дисципліни**

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна/заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>11 Математика та статистика</u> (шифр і назва)	Професійна наукова підготовка
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>Аналітичний звіт</u> (назва)	Спеціальність: <u>113 Прикладна математика</u> (шифр і назва) Спеціалізація	Рік підготовки
Загальна кількість годин – 150		1-й
		Семестр
		1, 2-й
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		16 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		114 год.
		Індивідуальні завдання:
		0 год.
		Вид контролю:
		Екзамен, Залік
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 6	Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u>	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів» є:

- освітня (навчальна) – сприяти становленню сучасного всебічнорозвинутого висококваліфікованого фахівця, здатного на достатньому рівні володіти спеціалізованими знаннями і навичками, необхідними для розв’язання значущих проблем у сфері математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів;
- розвиваюча – розвивати критичний аналіз, оцінку і синтез нових та комплексних ідей, формувати здатність до започаткування, планування, реалізації та коригування послідовного процесу ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності;
- виховна – формувати здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення, демонстрацію значної авторитетності, високого ступеню самостійності, академічної та професійної доброчесності, постійної відданості розвитку нових ідей.

**Завдання** курсу «Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів»:

- узагальнення та поглиблення теоретичних засад у сфері математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів;
- набуття навичок розроблення та впровадження математичних моделей реальних явищ та процесів, що включає в себе: правильний вибір об’єкта дослідження, грамотний вибір гіпотез, коректну постановку задачі, вибір методів дослідження, чисельний аналіз результатів моделювання;
- оволодіння різними підходами до побудови математичних моделей та різними типами математичного моделювання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни у аспіранта мають бути сформовані такі компетентності:

*Інтегральні компетентності:*

Здатність застосовувати сучасні спеціалізовані уміння/навички та інноваційні методи, необхідні для розв’язання значущих проблем прикладної математики, а також для розширення та переоцінки цілісних знань і професійної практики у названій та суміжних галузях знань; критичний аналіз, оцінку і синтез нових та комплексних ідей у дослідницько-інноваційній та науково-педагогічній діяльності.

*Фахові компетентності:*

ФК 1. Здатність до обґрунтування на концептуальному рівні доцільності застосування математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів у різних сферах науки .

ФК 2. Здатність до виявлення об’єктів ґрунтовного наукового дослідження математичного моделювання та критичного аналізу основних елементів їх структури.

ФК 3. Здатність до синтезу нових та комплексних ідей у ході вибору та застосування методів математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів;

ФК 4. Методологічне вміння ґрунтовно інтерпретувати об'єкт дослідження математичного моделювання у комп'ютерну модель та реалізовувати елементи його структури.

ФК 8. Здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН 2.1. Уміння обґрунтовувати на концептуальному рівні доцільності застосування математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів у різних сферах науки .

ПРН 2.2. Виявляти об'єкти ґрунтового наукового дослідження математичного моделювання та критичного аналізу основних елементів їх структури.

ПРН 2.3. Уміння синтезувати нові та комплексні ідеї у ході вибору та застосування методів математичного моделювання детермінованих та стохастичних процесів;

ПРН 2.4. Уміння ґрунтовно інтерпретувати об'єкт дослідження математичного моделювання у комп'ютерну модель та реалізовувати елементи його структури.

ПРН 2.8. Безперервний саморозвиток та самовдосконалення.

## **3. Тематичний план навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль №1.**

#### **Математичне моделювання як метод наукового пізнання економічних явищ та фізичних процесів**

Тема 1: Фізичне та математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Етапи побудови математичної моделі. Перевірка коректності та адекватності моделей. Практичне застосування. [1, 18, 20]

Тема 2: Моделювання в умовах невизначеності: різні підходи. Моделювання в умовах стохастичної невизначеності. [3, 5]

Тема 3: Математичні моделі динамічних процесів із зосередженими та розподіленими параметрами. Дискретні та неперервні процеси. Фазовий стан і керування. [8, 17]

Тема 4: Методи ідентифікації параметрів математичних моделей та статистичного оцінювання параметрів моделей. Методи перевірки гіпотез. [9]

Тема 5: Методи оцінки фазового стану при неповних спостереженнях. Фільтри Калмана-Бьюсі для дискретних і неперервних систем. Методи ідентифікацій динамічних моделей при неповних спостереженнях. [8, 10]

### **Змістовий модуль №2.**

#### **Математичні моделі фізичних процесів на основі диференціальних рівнянь в частинних похідних.**

Тема 6: Нелінійні хвилі в середовищах з дисипацією (рівняння Бюргерса) .

Приклади ударних хвиль. Стаціонарні нелінійні хвилі. [6, 11, 16, 19]

Тема 7: Модульовані хвилі в нелінійних середовищах. Нелінійне рівняння Шредінгера та метод багатьох масштабів. Нестійкість просторово-однорідного рішення. Трихвильова взаємодія у квадратично-нелінійному середовищі. [6, 11, 16, 19]

Тема 8: Нелінійні хвилі в середовищах з нестійкістю. Рівняння Гінзбург-Ландау. Аналіз на абсолютну та конвективну нестійкості. Модуляційна нестійкість. Конвекція Релея-Бенара. Про автоколивання в розподілених системах. Динамічна модель просторового розвитку турбулентності. [6, 11, 16, 19]

Тема 9: Моделювання стохастичних хвильових полів в рідких середовищах. Стаціонарна та нестаціонарна динаміка стохастичних поверхневих хвиль в рідині. [6, 11, 16, 19]

Тема 10: Точні методи інтегрування нелінійних рівнянь хвилі. Закони збереження рівняння КДВ та перетворення Міури. Метод зворотної задачі розсіювання для рівняння КДВ. Багатосолітонні розв'язки. Зворотна задача розсіювання у формулюванні Лакса. Подальше узагальнення методу зворотної задачі. Метод Хіроті та багатосолітонні розв'язки. Перетворення Беклунду. [6, 11, 16, 19]

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	денна форма			
	усього	у тому числі		
Л		Пр	С.р.	
<b>Змістовий модуль №1. Математичне моделювання як метод наукового пізнання економічних явищ та фізичних процесів.</b>				
Тема 1: Фізичне та математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Етапи побудови математичної моделі. Перевірка коректності та адекватності моделей. Практичне застосування.	<b>16</b>	2		12
Тема 2: Моделювання в умовах невизначеності: різні підходи. Моделювання в умовах стохастичної невизначеності.	<b>14</b>	2	2	10
Тема 3: Математичні моделі динамічних процесів із зосередженими та розподіленими параметрами. Дискретні та неперервні процеси. Фазовий стан і керування.	<b>14</b>	2	2	12
Тема 4: Методи ідентифікації параметрів математичних моделей та статистичного оцінювання параметрів моделей. Методи перевірки гіпотез.	<b>15</b>	2	2	11

Тема 5: Методи оцінки фазового стану при неповних спостереженнях. Фільтри Калмана-Бьюсі для дискретних і неперервних систем. Методи ідентифікацій динамічних моделей при неповних спостереженнях.	16	2	2	12
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>75</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>57</b>
<b>Змістовий модуль №2. Математичні моделі фізичних процесів на основі диференціальних рівнянь в частинних похідних.</b>				
Тема 6: Нелінійні хвилі в середовищах з дисипацією (рівняння Бюргерса) . Приклади ударних хвиль. Стаціонарні нелінійні хвилі.	13	2		11
Тема 7: Модульовані хвилі в нелінійних середовищах. Нелінійне рівняння Шредінгера та метод багатьох масштабів. Нестійкість просторово-однорідного рішення. Трихвильова взаємодія у квадратично-нелінійному середовищі.	15	2	2	11
Тема 8: Нелінійні хвилі в середовищах з нестійкістю. Рівняння Гінзбург-Ландау. Аналіз на абсолютну та конвективну нестійкості. Модуляційна нестійкість. Конвекція Релея-Бенара. Про автоколивання в розподілених системах. Динамічна модель просторового розвитку турбулентності.	13	2	2	11
Тема 9: Моделювання стохастичних хвильових полів в рідких середовищах. Стаціонарна та нестаціонарна динаміка стохастичних поверхневих хвиль в рідині.	16	2	2	12
Тема 10: Точні методи інтегрування нелінійних рівнянь хвилі. Закони збереження рівняння КДВ та перетворення Міури. Метод зворотної задачі розсіювання для рівняння КДВ. Багатосолітонні розв'язки. Зворотна задача розсіювання у формулюванні Лакса. Подальше узагальнення методу зворотної задачі. Метод Хіроти та багатосолітонні розв'язки. Перетворення Беклунду.	18	2	2	12
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>75</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>57</b>
<b>Всього консультацій</b>				
<b>Усього на курс</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>114</b>

### 3. Теми практичних (семінарських) занять

№	Назва теми	Кількість
---	------------	-----------

з/п		годин
1	Моделювання в умовах невизначеності: різні підходи. Моделювання в умовах стохастичної невизначеності.	2
2	Математичні моделі динамічних процесів із зосередженими та розподіленими параметрами. Дискретні та неперервні процеси. Фазовий стан і керування.	2
3	Методи ідентифікації параметрів математичних моделей та статистичного оцінювання параметрів моделей. Методи перевірки гіпотез..	2
4	Методи оцінки фазового стану при неповних спостереженнях. Фільтри Калмана-Бьюсі для дискретних і неперервних систем. Методи ідентифікацій динамічних моделей при неповних спостереженнях.	2
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>8</b>
5	Модульовані хвилі в нелінійних середовищах. Нелінійне рівняння Шредінгера та метод багатьох масштабів. Нестійкість просторово-однорідного рішення. Трихвильова взаємодія у квадратично-нелінійному середовищі.	2
6	Нелінійні хвилі в середовищах з нестійкістю. Рівняння Гінзбург-Ландау. Аналіз на абсолютну та конвективну нестійкості. Модуляційна нестійкість. Конвекція Релея-Бенара. Про автоколивання в розподілених системах. Динамічна модель просторового розвитку турбулентності.	2
7	Моделювання стохастичних хвильових полів в рідких середовищах. Стаціонарна та нестаціонарна динаміка стохастичних поверхневих хвиль в рідині.	2
8	Точні методи інтегрування нелінійних рівнянь хвилі. Закони збереження рівняння КДВ та перетворення Міури. Метод зворотної задачі розсіювання для рівняння КДВ. Багатосолітонні розв'язки. Зворотна задача розсіювання у формулюванні Лакса. Подальше узагальнення методу зворотної задачі. Метод Хіроти та багатосолітонні розв'язки. Перетворення Беклунду.	2
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		<b>8</b>
<b>Всього на курс</b>		<b>16</b>

## 6. Теми лабораторних занять

Даний вид роботи для курсу «Математичне моделювання детермінованих та стохастичних процесів» навчальним планом не передбачений.

## 7. Завдання для самостійної роботи



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1: Фізичне та математичне моделювання. Класифікація математичних моделей. Етапи побудови математичної моделі. Перевірка коректності та адекватності моделей. Практичне застосування.	12
2	Тема 2: Моделювання в умовах невизначеності: різні підходи. Моделювання в умовах стохастичної невизначеності.	10
3	Тема 3: Математичні моделі динамічних процесів із зосередженими та розподіленими параметрами. Дискретні та неперервні процеси. Фазовий стан і керування.	12
4	Тема 4: Методи ідентифікації параметрів математичних моделей та статистичного оцінювання параметрів моделей. Методи перевірки гіпотез.	11
5	Тема 5: Методи оцінки фазового стану при неповних спостереженнях. Фільтри Калмана-Бьюсі для дискретних і неперервних систем. Методи ідентифікацій динамічних моделей при неповних спостереженнях.	12
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>57</b>
6	Тема 6: Нелінійні хвилі в середовищах з дисипацією (рівняння Бюргера) . Приклади ударних хвиль. Стаціонарні нелінійні хвилі.	11
7	Тема 7: Модульовані хвилі в нелінійних середовищах. Нелінійне рівняння Шредінгера та метод багатьох масштабів. Нестійкість просторово-однорідного рішення. Трихвильова взаємодія у квадратично-нелінійному середовищі.	11
8	Тема 8: Нелінійні хвилі в середовищах з нестійкістю. Рівняння Гінзбург-Ландау. Аналіз на абсолютну та конвективну нестійкості. Модуляційна нестійкість. Конвекція Релея-Бенара. Про автоколивання в розподілених системах. Динамічна модель просторового розвитку турбулентності.	11
9	Тема 9: Моделювання стохастичних хвильових полів в рідких середовищах. Стаціонарна та нестаціонарна динаміка стохастичних поверхневих хвиль в рідині.	12
10	Тема 10: Точні методи інтегрування нелінійних рівнянь хвилі. Закони збереження рівняння КДВ та перетворення Міури. Метод зворотної задачі розсіювання для рівняння КДВ. Багатосолітонні розв'язки. Зворотна задача розсіювання у формулюванні Лакса. Подальше узагальнення методу зворотної задачі. Метод Хіרותи та багатосолітонні розв'язки. Перетворення Беклунду.	12



4	4	4	4	4	40	40	100
---	---	---	---	---	----	----	-----

### Залік (2 семестр)

Поточне тестування та самостійна робота					Індивідуальне завдання	Колоквіум	Усього
T6	T7	T8	T9	T10			
8	8	8	8	8	40	20	100

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
82-89	добре	
74-81		
64-73	задовільно	
60-63		
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 12. Рекомендована література

### Основна

1. Белов П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1 : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 211 с.
2. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник / В. М. Дубовой. — Вінниця : ВНТУ, 2012. — 308 с.
3. Жлуктенко В. І. Стохастичні процеси та моделі в економіці [Електронний ресурс] : навч. посіб. / В. І. Жлуктенко, Л. Г. Тарасова, Ю. В. Ігнатова. — К. : КНЕУ, 2014. — 230 с.
4. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень / [під заг. ред. Р. Н. Кветного] — Вінниця : ВНТУ, 2012. — ч. 1— 196 с.; ч. 2 — 230 с.
5. Кушлик-Дивульська О.І., Кушлик Б.Р. Основи теорії прийняття рішень. — К., 2014. — 94с.,
6. Лайтхилл Дж. Волны в гидкостях Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 598 с.,
7. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. —Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.—519 с.
8. Математичні методи ідентифікації динамічних систем : навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 260 с.,
9. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів / В.Є. Бахрушин. — Запоріжжя : КПУ, 2011. — 268 с.
10. Методи і моделі упорядкування експериментальної інформації для ідентифікації і прогнозування стану безперервних процесів: монографія. Херсон: Книжкове видавництво ПП Вишемирський В. С., 2020. 174 с.
11. Методи ідентифікації параметрів математичних моделей коливальних процесів : монографія / І. В. Павленко, В. І. Симоновський. — Суми : Сумський державний університет, 2020. — 145 с.
12. Моделювання та оптимізація систем: підручник / [Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В.] —Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. — 804 с.
13. Полников, Владислав Гаврилович (1947-). Нелинейная теория случайного поля волн на воде / В. Г. Полников. - Москва : URSS, 2007. - 404 с. : ил., табл.; 22 см.,
14. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами : монографія / В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман, І. В. Пилипенко, М. М. Байас. — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 223 с.
15. Прикладна математика. Підручник. Засуха В.А., Лисенко В.П., 2006. — 376 с.
16. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. // Учеб. пособие для вузов. —М.: Наука. Физматлит, 2000. —272 с.,
17. Теорія систем керування: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусев, О.В. Герасіна, В.П. Щокін; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. — Дніпро: НГУ, 2017. — 497 с.
18. Усов А. В. Математичні методи моделювання : підручник / А. В. Усов, О. С. Савельєва, І. І. Становська — Одеса : Пальміра, 2011. — 500 с.
19. Чалий О. В., Лукомський В. П., Ганджа І.С. та ін."Нелінійні процеси у фізиці: коливання, хвилі, самоорганізація" К., Наукова думка, 2004 р. 356 с.,
20. Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. Системний аналіз: Навч.-метод. посібник для самот. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 2003. — 154 с.

### Допоміжна

21. Авраменко О. В. Аналіз поширення слабконелінійних хвиль в двошаровій рідині з вільною поверхнею / О.В. Авраменко, В.В. Нарadowий // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2015. — 4, №7 (76). — С. 39-45.
22. Авраменко О. Модуляційна стійкість хвильових пакетів у тришаровій гідродинамічній системі / О. Авраменко, М. Луньова // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Математика. Механіка. — 2019. — Вип. 1. — С. 30-35.

23. Авраменко О.В. Аналіз форми хвильових пакетів у тришаровій гідродинамічній системі «півпростір – шар – шар з твердою кришкою» / О.В. Авраменко, М.В. Луньова // . Мат. методи та фіз.-мех. поля. 2019. – 62, № 3. – С. 1-16.
24. Авраменко О.В. Умови поширення хвиль у напівнескінченній тришаровій гідро-динамічній системі з твердою кришкою / О.В. Авраменко, М.В. Луньова, В.В. Наратовий, І.Т. Селезов // Мат. методи та фіз.-мех. поля. 2017. – 60, № 4. – С. 137-151.
25. Авраменко О.В. Характерные свойства распространения волновых пакетов в двухслойной жидкости / О.В. Авраменко, Ю.В. Гуртовий, И.Т. Селезов // Прикладна гідромеханіка. – 2009. – Т. 11, № 4. – С. 3-8.
26. Анисимов В.В., Закусило О.К., Донченко В.С. Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем. – К.: Вища школа, 1987.
27. Борисов К.И. Теория массового обслуживания. М.: Наука, 2001.
28. Глибовець М.М., Отецький О.В. Штучний інтелект: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальністю „Комп’ютерні науки” та „Прикладна математика”. - К., 2002.
29. Закревский А. Д. Алгоритмы синтеза дискретных автоматов. - М.: Наука, 1971, 511 с.
30. Исследование операций в экономике / Под ред. Н.Ш.Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2001.
31. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Перевод с английского М. А. Зуева Под редакцией Ф. И. Горлина. - М.: “Радиосвязь” 1990 г. 540 с.
32. Лимарченко О.С. Зародження кругової хвилі на вільній поверхні рідини в рухомому еліпсоїді/ О. С. Лимарченко, І. С. Рудницький // Вісник КНУ. Серія фізико-математичні науки – 2009.– №4. – С. 43 – 46.
33. Математическая теория логического вывода. Сб. Переводов, - М., 1967 г.
34. Моклячук М. П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. – Київ, 2004. – 384 с.
35. Моклячук М. П., Ямненко Р. Є. Лекції з теорії вибору та прийняття рішень. – Київ, ВПЦ "Київський університет", 2007. – 256 с.
36. Нічуговська Л.І. Математичне моделювання в системі економічної освіти. Монографія.- Полтава, 2003.
37. Основа теории полета космических аппаратов. Под редакцией Г. С. Нариманова и М. К. Тихонравова. - М.: Издательство “Машиностроение”, Москва, 1972 г.
38. Охоцимский Д. У., Сихарулидзе Ю. Б. Основы механики космического полета. - М.: Издательство “Наука”, Главная редакция физико-математической литературы. 1990 г., 445 с.
39. Перевозчикова О.Л. Основы системного анализа объектов и процессов компьютеризации.- К.- 2003.
40. Перестюк М. О., Станжицький О. М., Капустян О. В. Екстремальні задачі. Навчальний посібник – К.: ТВіМС, 2008. – 80 с.
41. Перестюк М. О., Станжицький О. М., Капустян О. В. Задачі оптимального керування. Навчальний посібник – К.: ТВіМС, 2004. – 55 с.
42. Рабочая книга по прогнозированию. Отв. редактор Н. В. Бестужев-Лада , - М.: “Мысль”, 1982 г.
43. Рябинин И. А., Черкасов Г. Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем.
44. Селезов І.Т. Нелінійна стійкість розповсюдження хвильових пакетів в двошаровій рідині. / І.Т. Селезов, О.В. Авраменко, Ю.В. Гуртовий // Прикладна гідромеханіка. – 2006. – Том 8 (80). № 4. – С.60-65.
45. Стеценко О.Г. Нестационарный рух точкового вихору в шарі стратифікованої рідини скінченої товщини / О.Г. Стеценко // Прикладна гідромеханіка. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 65-74.
46. Стеценко О.Г. Нестационарный рух точкового вихору у двошаровій рідині / О.Г. Стеценко // Прикладна гідромеханіка. – 2012. – Т. 14, № 2. – С. 70-79.

47. Стеценко О.Г. Поверхневі хвилі за рухомою областю поверхневого тиску в каналі з трапецієвидним поперечним перерізом / О.Г. Стеценко, В.М. Ільченко // Прикладна гідромеханіка. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 66-78.
48. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів.- К.- 2003
49. Федоренко І. К, Черняк О. Л, Карагодова О. О. та ін. Дослідження операцій в економіці. — К.: Знання, 2006. — 720 с.
50. Фридман А. Л. Основы объектно-ориентированной разработки программных систем, - М.: “Финансы и статистика”, 2000 г., 192 с.
51. Худсон Д. Статистика для физиков. Лекции по теории вероятностей и элементарной статистике. - М.: Издательство “Мир” , 1970 г., 296 с.
52. Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных. - М.: Издательство “Наука”, Главная редакция физико-математической литературы. 1989 г., 286 с.
53. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. Красанд, 2009. 394с.

### **13. Інформаційні ресурси**