

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
ТА АРХІТЕКТУРИ»**

Кафедра комп'ютерних наук, інформаційних технологій та прикладної математики

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Проректор з навчально-виховної роботи  
Галина СВСССВА  
« 02 » вересня 2021 року



## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Моделювання та аналіз програмного забезпечення

спеціальність	122 «Комп'ютерні науки»
освітньо-професійна програма	«Комп'ютерні науки»
освітній ступінь	бакалавр
форма навчання	денна
розробник	Єршова Ніна Михайлівна

### 1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Моделювання та аналіз програмного забезпечення» входить до варіативних компонентів циклу професійної підготовки освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки». Мета дисципліни: освоїти методіку розробки математичних моделей динамічних процесів в складних системах і технологію їх реалізації в системах моделювання і комп'ютерних програмах. Зміст дисципліни: короткі відомості з теорії автоматичного управління, еволюція систем моделювання, система моделювання МВТП 3.7, система моделювання SimlnTech, комп'ютерна програма SINTEZ. Предметом вивчення навчальної дисципліни є технології роботи в системах моделювання при реалізації математичних моделей різної складності. Розглядаються задачі проектування виробничих систем: розробка математичної моделі життєвого циклу підприємства; дослідження впливу параметрів підприємства на виробничу потужність; моделювання кризових ситуацій всередині підприємства; оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства. Побудовані математичні моделі динамічних процесів і їх комп'ютерні схеми моделювання. Наведено технології роботи в різних системах моделювання: МАСС, МДС/ПК, ПДС(PDS), МВТП 3.7, SimlnTech. Виконано моделювання розглянутих задач в системах моделювання МВТП 3.7, SimlnTech і комп'ютерної програмі SINTEZ.



## 2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр	
			VII	
Всього годин за навчальним планом, з них:	165	5,5	165	
<b>Аудиторні заняття, у т.ч:</b>	52		52	
лекції	22		22	
лабораторні роботи	16		16	
практичні заняття	14		14	
<b>Самостійна робота, у т.ч:</b>	113		113	
підготовка до аудиторних занять	30		30	
підготовка до контрольних заходів	2		2	
виконання курсової роботи	15		15	
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	36		36	
підготовка до екзамену	30	1	30	
<b>Форма підсумкового контролю</b>			екзамен	

## 3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета дисципліни:** формування систем теоретичних і прикладних знань з методології та інструментарію побудови і використання різних типів математичних моделей динамічних процесів виробничих систем.

**Завдання дисципліни:** вивчення моделей задач проектування виробничих систем, їх комп'ютерних схем моделювання, технології реалізації в системах моделювання, комп'ютерних програмах і аналіз результатів з метою використання в практиці.

**Пререквізити дисципліни:** дисципліна побудована на знаннях, які отримані з дисциплін: «Лінійна алгебра», «Аналітична геометрія», «Математичний аналіз», «Диференціальні рівняння», «Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика», «Алгоритмізація та програмування», «Математичні методи дослідження операцій», «Теорія прийняття рішень».

**Постреквізити дисципліни:** Знання, які бакалаври отримують під час вивчення дисципліни «Моделювання та аналіз програмного забезпечення», будуть використані при вивченні дисциплін «Сучасна теорія управління динамічними системами» і «Теорія оптимального управління динамічними процесами», виконані кваліфікаційної роботи, а також в професійної і наукової діяльності.

### Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерних наук, інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

### Загальні компетентності

**ЗК-2.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК-3.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК-7.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

**СК-1.** Здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та досліджування математичних моделей, зокрема дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, інтерпретування отриманих результатів.

**СК-5.** Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні рішення, будувати моделі оптимального вибору управління з урахуванням змін параметрів економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.

**СК-7.** Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання, реалізовувати алгоритми моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити експерименти за програмою моделювання з обробкою й аналізом результатів.

#### **Програмні результати навчання**

**РН-4.** Оцінювати предмет навчальної діяльності, визначати загальну мету і конкретні задачі, вибирати адекватні засоби їх розв'язання для досягнення результату, здійснювати необхідний самоконтроль, використовувати довідкову літературу і технічну документацію, розвивати та застосовувати у професійній діяльності свої творчі здібності, організувати робоче місце, планувати робочий час.

**РН-8.** Проводити аналіз сильних і слабких сторін рішення, зважувати і аналізувати можливості і ризики ухвалених рішень, оцінювати ефективність прийнятих рішень.

**РН-11.** Реалізовувати систему моральних стосунків у професійній діяльності.

**РН-12.** Ефективно використовувати сучасний математичний апарат в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі аналізу, синтезу та проектування інформаційних систем за галузями.

**Заплановані результати навчання.** У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

#### **знати:**

- типи динамічні ланки і їх характеристики;
- розробку математичних моделей динамічних процесів виробничих систем;
- засоби створення для математичної моделі комп'ютерної схеми моделювання;
- методи аналізу динамічних процесів;
- технологію реалізації математичних моделей в системах моделювання і комп'ютерних програмах.

#### **вміти:**

- створити математичну модель розглянутих задач;
- отримати результати з допомогою програми «SINTEZ»;
- отримати результати в системі моделювання;
- виконати аналіз результатів дослідження.

**Методи навчання:** словесні методи (лекція); наочні методи (ілюстрація); практичні методи (вправа, практична робота).

**Форми навчання:** фронтальні; групові; аудиторні; позааудиторні.

### **4. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ**

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб	с/р
<b>Змістовий модуль 1. Аналіз програмного забезпечення та моделювання</b>					
Стислі зведення з теорії автоматичного управління	18	6	2		10
Еволюція комп'ютерних систем моделювання динамічних процесів	8	2			6
Технологія роботи в системі моделювання МВТІ 3.7	20	2	2	4	12
Моделювання задач виробничих систем в системі SimInTech	34	6	6	6	16

Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства	40	6	4	6	24
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>120</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>68</b>
<b>Змістовий модуль 2. Курсова робота «Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства»</b>					
Оптимізація параметрів процесу випуску валового продукту підприємства матричним методом динамічного програмування	4				4
Розробка алгоритму пошуку проектних рішень	5				5
Методика роботи користувача з комп'ютерною програмою «SINTEZ»	2				2
Моделювання процесу випуску валового продукту підприємства в системі SimInTech	4				4
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>15</b>				<b>15</b>
<b>Підготовка до екзамену</b>	<b>30</b>				<b>30</b>
<b>Усього годин</b>	<b>165</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>113</b>

### 5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1-3	<b>Стислі зведення з теорії автоматичного управління.</b> Загальні відомості. Перехідна функція. Передавальна функція. Типові динамічні ланки і їх характеристики. Структурні схеми і передавальні функції	6
4	<b>Еволюція комп'ютерних систем моделювання динамічних процесів.</b> Загальні відомості. Системи моделювання: МАСС, МДС/ПК, ПДС(PDS), МВТП 3.7	2
5	<b>Технологія роботи в системі моделювання МВТП 3.7</b>	2
6-8	<b>Моделювання задач виробничих систем в системі SimInTech.</b> Дослідження впливу параметрів підприємства на його виробничу потужність. Моделювання кризових ситуацій всередині підприємства.	6
9-11	<b>Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства.</b> Загальні відомості. Розробка математичних моделей. Оптимізація параметрів процесу випуску валового продукту підприємства матричним методом динамічного програмування. Вибір вагових коефіцієнтів квадратичного функціоналу якості. Алгоритм пошуку проектних рішень. Комп'ютерна програма «SINTEZ».	6

### 6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Аналітичне визначення перехідної характеристики основних типів динамічної ланки	2
2-4	Програма дослідження впливу параметрів підприємства на його виробничу потужність	6
5	Програма моделювання кризових ситуацій всередині підприємства	2
6-7	Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства	4

### 7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1-3	Робота 1. Типові динамічні ланки і їх характеристики	6
4-8	Робота 2. Моделювання динамічних процесів виробничого підприємства	10

### 8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
1	<b>Підготовка до аудиторних занять</b>	30
2	<b>Підготовка до контрольних заходів</b>	2
3	<b>Виконання курсової роботи</b>	15
	Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства	
3	<b>Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях:</b>	36
	Моделі, моделювання та комп'ютерні системи моделювання. Розробка математичної моделі життєвого циклу підприємства	
4	<b>Підготовка до екзамену</b>	30
	<b>Всього</b>	<b>113</b>

### 9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методами контролю знань з дисципліни «Моделювання та аналіз програмного забезпечення» є усний метод, письмовий, самоконтроль та самооцінка.

### 10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Структура оцінювання видів навчальної роботи студента у кожному змістовому модулі

#### Змістовий модуль 1. Аналіз програмного забезпечення та моделювання

№ п/п	Вид навчальної роботи студента	Максимальна кількість балів
1	<b>Виконання лабораторних робіт:</b> 1. Типові динамічні ланки і їх характеристики 2. Моделювання динамічних процесів виробничого підприємства	40 (20 балів * 2 лабораторні роботи)
2	<b>Виконання практичних робіт:</b> 1. Аналітичне визначення перехідної характеристики основних типів динамічної ланки. 2. Програма дослідження впливу параметрів підприємства на його виробничу потужність. 3. Програма моделювання кризових ситуацій всередині підприємства. 4. Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства.	40 (10 балів * 4 практичні роботи)
3.	Захист лабораторних робіт	20
	<b>Разом</b>	<b>100</b>

**Змістовий модуль 2. Курсова робота «Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства»**

№ п/п	Вид навчальної роботи студента	Максимальна кількість балів
1	<b>Виконання курсової роботи:</b> Оптимізація параметрів процесу випуску валового продукту підприємства матричним методом динамічного програмування. Розробка алгоритму пошуку проектних рішень. Методика роботи користувача з програмою «SINTEZ». Моделювання процесу випуску валового продукту підприємства	60 (робота повинна бути виконана в повному обсязі відповідно до завдання)
2.	Захист курсової роботи	40
	<b>Разом</b>	100

**Критерії оцінювання лабораторних робіт**

Максимальна кількість балів за виконання однієї лабораторної роботи – 20. Загальна кількість лабораторних робіт – 2.

**Кількість балів «20»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. Моделювання задач виконано логічно послідовно, отримано правильні результати. Робота оформлена охайно.

**Кількість балів «17-19»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. Моделювання задач виконано логічно послідовно, отримано в цілому правильні результати, однак мають місце несуттєві помилки. Робота оформлена охайно.

**Кількість балів «14-16»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. Моделювання задач виконано логічно послідовно, отримано в цілому правильні результати, однак мають місце несуттєві помилки. Робота оформлена не досить охайно.

**Кількість балів «11-13»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. При моделюванні задач отримано в цілому правильні результати, однак мають місце суттєві помилки. Робота оформлена не досить охайно.

**Кількість балів «9-10»** – ставиться, якщо студент у відведений час неповністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта, не всі отримані результати є правильними, робота оформлена неохайно.

**Кількість балів «0-8»** – ставиться, якщо студент у відведений час не виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта, при моделюванні задач мають місце суттєві помилки.

**Критерії оцінювання захисту лабораторних робіт**

Максимальна кількість балів за захист однієї лабораторної роботи – 10. Загальна кількість лабораторних робіт – 2.

При захисті лабораторної роботи студент повинен відповісти на 2 питання щодо даної роботи. Максимальна кількість балів за відповідь на 1 питання – 5 балів.

**Відповідь на питання**

**Кількість балів «5»** – ставиться студенту за повну, змістовну, правильну відповідь на питання щодо даної роботи.

**Кількість балів «4»** – ставиться студенту за загалом правильну відповідь на питання щодо даної роботи. Але відповідь не повністю розкриває суть питання.

**Кількість балів «3»** – ставиться студенту за відповідь на питання щодо даної роботи,

в якій не повністю розкривається суть поставленого питання і мають місце різні незначні помилки.

**Кількість балів «0-2»** – ставиться студенту за відсутність конкретної відповіді на питання щодо даної роботи. Відповідь носить поверхневий безсистемний характер, наявні грубі помилки, що свідчить про відсутність у студента мінімуму знань з дисципліни.

#### **Критерії оцінювання практичних робіт**

Максимальна кількість балів за виконання однієї практичної роботи – 10. Загальна кількість практичних робіт – 4.

**Кількість балів «10»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. Розв'язання задач виконано логічно послідовно, отримано правильні результати.

**Кількість балів «6-9»** – ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта. При розв'язанні задач отримано в цілому правильні результати, однак мають місце незначні помилки (при аналізі результатів роботи, складанні програм дослідження та моделювання тощо).

**Кількість балів «3-5»** – ставиться, якщо студент у відведений час неповністю виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта, не всі отримані результати є правильними.

**Кількість балів «0-2»** – ставиться, якщо студент у відведений час не виконав обсяг робіт відповідно до передбаченого варіанта, при розв'язанні задач мають місце суттєві помилки.

#### **Критерії оцінювання захисту курсової роботи**

Максимальна кількість балів за захист курсової роботи – 40.

При захисті курсової роботи студент повинен відповісти на 4 питання щодо даної роботи. Максимальна кількість балів за відповідь на 1 питання – 10 балів.

##### **Відповідь на питання**

**Кількість балів «10»** – ставиться студенту за повну, змістовну, правильну відповідь на питання щодо даної роботи.

**Кількість балів «7-9»** – ставиться студенту за загалом правильну відповідь на питання щодо даної роботи. Але відповідь не повністю розкриває суть питання.

**Кількість балів «4-6»** – ставиться студенту за відповідь на питання щодо даної роботи, в якій не повністю розкривається суть поставленого питання і мають місце різні незначні помилки.

**Кількість балів «0-3»** – ставиться студенту за відсутність конкретної відповіді на питання щодо даної роботи. Відповідь носить поверхневий безсистемний характер, наявні грубі помилки, що свідчить про відсутність у студента мінімуму знань з дисципліни.

#### **Критерії оцінювання знань студентів на екзамені**

Максимальна кількість балів на екзамені – 100.

Екзамен проводиться в письмовий формі у вигляді відповідей на білети, що містять теоретичні і практичні запитання з вивченого матеріалу дисципліни. Білет містить три питання (2 теоретичних і 1 практичне завдання).

Максимальна кількість балів за відповідь на одне теоретичне питання – 25. Загальна кількість теоретичних питань – 2.

- **25 балів** ставиться за змістовну, логічно послідовну, правильну відповідь на теоретичне питання;
- **16-24 балів** ставиться за змістовну, логічно послідовну, загалом правильну відповідь на теоретичне питання, але окремі підпункти питання розкриті не в повному обсязі, мають місце різні незначні помилки;
- **10-15 балів** ставиться за відповідь на теоретичне питання, якщо студент надав поверхову відповідь. Допущені суттєві помилки, відсутня логічна послідовність

відповіді;

- **0-9 балів** ставиться студенту за відсутність конкретних відповідей на теоретичне питання, відповідь носить безсистемний характер і свідчить про відсутність у студента мінімуму знань з дисципліни.

Максимальна кількість балів за виконання практичного завдання 50 балів.

- **50 балів** ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання і відповів на поставлені питання;
- **40-49 балів** ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання і відповів на поставлені питання; при виконанні практичних розрахунків допущені незначні помилки, наприклад, при аналізі результатів розрахунків.
- **30-39 балів** ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання, а при виконанні практичних розрахунків допущені різні незначні помилки; студент відповів на поставлені питання;
- **20-29 балів** ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання, а при виконанні практичних розрахунків допущені значні помилки; студент відповів на поставлені питання;
- **10-19 балів** ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав завдання, при виконанні практичних розрахунків допущені значні помилки, наприклад, при створенні комп'ютерної схеми моделювання, і студент не відповів на поставлені питання;
- **0-9 балів** ставиться за відсутність розв'язання задачі, що свідчить про відсутність у студента мінімуму знань з дисципліни.

**Підсумкова оцінка** з дисципліни визначається як середня між оцінкою змістових модулів 1 і 2 та оцінкою екзамену.

## 11. ПОЛІТИКА КУРСУ

Порядок зарахування пропущених занять:

- пропущена лекція відпрацьовується підготовкою реферату відповідно до теми пропущеного заняття та його захистом.
- пропущені лабораторні заняття відпрацьовуються студентами виконанням відповідної лабораторної роботи самостійно та її захистом.
- пропущені практичні заняття відпрацьовуються студентами виконанням відповідної практичної роботи самостійно.

Зміни в нарахуванні балів у випадках несвоєчасного виконання завдань не відбувається.

Дотримання академічної доброчесності студента передбачає:

- самостійне та добросовісне виконання завдань, в тому числі поточного та підсумкового контролю;
- відповідальне ставлення до своїх обов'язків;
- повага до честі й гідності інших осіб;
- посилання на джерела інформації у разі запозичення ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- використання при виконанні завдань лише перевірених та достовірних джерел інформації.

За порушення академічної доброчесності студент може бути притягнутий до академічної відповідальності (повторне проходження оцінювання).



## 12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Ершова Н. М., Вельмагіна Н. О. Математичне та комп'ютерне моделювання динамічних процесів виробничих систем: Монографія. Д.: ПДАБА, 2021. 242 с.
2. Вельмагіна Н.О., Ершова Н. М., Шибко О. М. Розробка теоретичних основ проектування підприємств і формування виробничих систем: Монографія. Дніпро: ПДАБА, 2020. 272 с.
3. Ладієва Л. Р. Оптимальне керування системами: навчальний посібник. К.: НМЦ ВО, 2000. 187 с.
4. Сиразетдинов Т. К. Динамическое моделирование экономических объектов. Казань: «Фан», 1996. 223 с.
5. Куршев В. Н. Теория управления. Техничко-экономические системы: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. 134 с.
6. Основы теории оптимального управления / Под ред. В. Ф. Кротова. М.: Высшая школа, 1990. 430 с.
7. Ершова Н. М. Оптимальное управление динамическими процессами экономических систем: Монография. Днепропетровск: Изд-во «Свидлер А. Л.», 2010. 156 с.
8. Ершова Н. М. Современные методы теории проектирования и управления сложными динамическими системами: Монография. Д.: ПГАСА, 2016. 282 с.
9. Карташов Б. А., Шабаетв Е. А., Козлов О. С., Щекотуров А. М. Среда динамического моделирования SimInTech: практикум по моделированию технических систем автоматического регулирования. ДМК Пресс, 2017. 424 с.
10. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.4: Теория оптимизации систем автоматического управления / Под ред. К. А. Пупкова и Н. Д. Егупова. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 744 с.; ил.

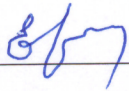
### Допоміжна

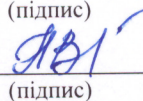
1. Ершова Н. М., Чуприна Н. С. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства» з дисципліни «Моделювання систем» для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» денної та заочної форм навчання. Дніпро: ПДАБА, 2021. 34 с.
2. Зарубин В. С. Моделирование: учеб. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 336 с.
3. Шишмарев В. Ю. Теория автоматического управления: учебник. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 352 с.
4. Ершова Н. М., Ершов В. И. Моделирование и оптимизация колебательных процессов колесных машин. Конспект лекций. Днепропетровск, ПГАСА, 2001. 126 с.

### 13. INTERNET – РЕСУРСИ

1. Деменков Н. П., Микрин Е. А. Управление в технических системах. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 456 с. [ebooks.bmstu.ru/catalog/200/book1700.html](http://ebooks.bmstu.ru/catalog/200/book1700.html)
2. Рачков, М. Ю. Оптимальное управление в технических системах: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во Юрайт, 2019. 120 с. <https://avidreaders.ru/book/optimalnoe-upravlenie-v-tehnicheskikh-sistemah-2.html>
3. Романова И. К. Методы теории оптимального управления в проектировании технических систем: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 152 с. [ebooks.bmstu.ru/catalog/201/book1609.html](http://ebooks.bmstu.ru/catalog/201/book1609.html)
4. Цурков В. И. Математические модели и методы управления сложных систем: курс лекций. <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title>

5. Оптимальное управление в динамических системах <http://www.mipt.ipu.ru/node/38589>
6. Андреева Е. А. Оптимальное управление динамическими системами: учебное пособие в 2 ч. Том. II. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26627718>
7. Метод динамического программирования. <http://www.myshared.ru/slide/151800/>
8. Пиявский С. А. Теория оптимального управления (сложными системами). <http://www.myshared.ru/slide/661356/>
9. Айсагалиев С., Кабидолданова А. Оптимальное управление динамических систем. <http://www.livelib.ru/book/1001920529-optimalnoe-upravlenie-dinamicheskikh-sistem-serikbaj-ajsagaliev>

Розробник  (Ніна ЄРШОВА)  
(підпис)

Гарант освітньої програми  (Наталя ВЕЛЬМАГІНА)  
(підпис)

Силабус затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук, інформаційних технологій та прикладної математики  
Протокол від 30.08.2021 року № 1.