

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ****Національний авіаційний університет**Аерокосмічний факультет  
Кафедра технологій аеропортівУЗГОДЖЕНО  
Декан АКФ

Микола КУЛИК

« 30 » 11 2022 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Проректор з навчальної роботи

Анатолій ПОЛУХІН

« 04 » 12 2022 р.



Система менеджменту якості

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
навчальної дисципліни****«Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту»**

Освітньо-професійна програма: Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів

Галузь знань: 27 Транспорт

Спеціальність: 272 Авіаційний транспорт

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	ДЗ/РГР/К	КР/КП	Форма семестрового контролю
Денна	2	105/3,5	18	–	18	69	–		Диф. залік 2с
Заочна	1-2	105/3,5	6	–	6	93	К-2		Диф. залік 2с

Індекс: НМ-1-272-2/21-2.1.6

Індекс: НМ-1-272-2з/21-2.1.6

СМЯ НАУ РП 07.02.06-02-2022



Робочу програму навчальної дисципліни «Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів», навчальних та робочих навчальних планів № НМ-1-272-2/21, № НМ-1-272-2з/21, № РМ-1-272-2/22 та № РМ-1-272-2з/22 підготовки здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр» за спеціальністю 272 «Авіаційний транспорт» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:

професор кафедри технологій аеропортів

Олександр ТАМАРГАЗІН

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів», спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» – кафедра технологій аеропортів, протокол № 1 від «25» 08 2022 р.

Гарант освітньо-професійної програми

Олександр ТАМАРГАЗІН

Завідувач кафедри технологій аеропортів

Олександр ТАМАРГАЗІН

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 3 від «30» 11 2022 р.

Голова НМРР

Катерина БАЛАЛАЄВА

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**



## ЗМІСТ

сторінка

<b>Вступ</b> .....	4
<b>1. Пояснювальна записка</b> .....	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни .....	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна .....	5
1.3. Компетентності, які має можливість здобути навчальна дисципліна .....	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки .....	5
<b>2. Програма навчальної дисципліни</b> .....	6
2.1. Зміст навчальної дисципліни .....	6
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля .....	6
2.3. Тематичний план .....	7
2.4. Завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН) .....	8
2.5. Перелік питань для підготовки до підсумкової контрольної роботи .....	8
<b>3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни</b> .....	8
3.1. Методи навчання .....	8
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) .....	9
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті .....	9
<b>4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь</b> .....	10



## ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затвердженої наказом ректора від 29.04.2021 №249/од, та відповідних нормативних документів.

### 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

#### 1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця в галузі технології робіт та технологічного обладнання аеропортів.

**Метою** викладання дисципліни є систематизація уявлень про особливості технологічних процесів у сучасному аеропорту та прищеплення умінь використовувати сучасні технології імітаційного моделювання з метою їх дослідження та автоматизації.

**Завданнями** вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння знанням з імітаційного моделювання технологічних процесів в аеропорту;
- оволодіння методиками прийняття рішень з управління технологічними процесами за результатами їх імітаційного моделювання.

#### 1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

Наприкінці курсу студент зможе:

ПРН01. Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.

ПРН02. Застосовувати сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, цифрові технології, методи аналізу даних для розв'язання складних задач авіаційного транспорту, зокрема в сфері функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН03. Розв'язувати складні задачі створення, експлуатації, утримання, ремонту та утилізації об'єктів авіаційного транспорту, зокрема авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, екологією та економікою.

ПРН06. Застосовувати у професійній діяльності універсальні і спеціалізовані системи управління життєвим циклом (PLM), автоматизованого проектування (CAD), виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE).


ПРН07. Розробляти і впроваджувати енергозберігаючі технології в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН09. Розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі, що стосуються створення, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту об'єктів авіаційного транспорту, зокрема експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН12. Виконувати техніко-економічні розрахунки, порівняння та обґрунтування проєктів виробництва, ремонту, реновації, експлуатації, технічного обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, зокрема авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН13. Приймати ефективні рішення з питань авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів, у тому числі у складних і непередбачуваних умовах; прогнозувати їх розвиток; визначати фактори, що впливають на досягнення поставлених цілей; аналізувати і порівнювати альтернативи; оцінювати ризики та імовірні наслідки рішень.

ПРН14. Забезпечувати якість виробництва та експлуатації в сфері авіаційного транспорту,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.02.06-02-2022
		стор. 5 з 11	

зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН15. Відшукувати необхідні дані в науковій літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати, оцінювати та використовувати ці дані.

ПРН16. Визначати властивості та характеристики, розраховувати параметри об'єктів авіаційного транспорту, зокрема авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ПРН17. Розробляти та оптимізувати параметри об'єктів і систем та технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування і виробництва вузлів, агрегатів та систем об'єктів авіаційного транспорту.

### 1.3. Компетентності, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути наступні **компетентності**:

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК04. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК09. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК01. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та прикладні проекти в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ФК02. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних міждисциплінарних проблем в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ФК03. Здатність враховувати правові, соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні аспекти, що впливають на прийняття та реалізацію рішень на авіаційному транспорті в сфері функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

ФК04. Здатність інтегрувати знання та вирішувати складні наукові та виробничі проблеми в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів, з урахуванням ширшого міждисциплінарного інженерного контексту.

ФК05. Здатність управляти технологічними процесами в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.

ФК06. Здатність впроваджувати сучасні технології, досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси в сфері авіаційного транспорту, зокрема функціонування аеропорту і експлуатації авіаційної наземної техніки та обладнання аеропортів.

### 1.4. Міждисциплінарні зв'язки

Дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Філософські проблеми наукового пізнання», «Методологія прикладних досліджень у сфері авіаційного транспорту», «Математичні методи моделювання систем і процесів», «Статистичне оцінювання і прийняття рішень», «Проектування підрозділів аеропорту» та є базою для проходження Науково-дослідної практики у сфері технологій аеропортів та Переддипломної практики



## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального модуля № 1 «Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту», який є логічно завершеною, самостійною, цілісною частиною навчального плану, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

### 2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

#### Модуль № 1 Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту

##### Інтегровані вимоги модуля № 1:

###### Знати:

- технології імітаційного моделювання технологічних процесів в аеропорту;
- методики прийняття рішень з управління технологічними процесами за результатами їх імітаційного моделювання.

###### Вміти:

- аналізувати експлуатаційні властивості технологічних процесів в аеропорту;
- моделювати технологічні процеси в аеропорту із використанням теорії масового обслуговування;
- розробляти імітаційні моделі технологічних процесів в аеропорту;
- проводити дослідження ефективності технологічних процесів в аеропорту з використанням імітаційного моделювання;
- розробляти науково обґрунтовані рекомендації з модернізації та створення нових технологічних процесів в аеропорту.

#### Модуль №1. Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту

##### Тема 1.1. Основи моделювання в середовищі Anylogic.

Основи моделювання. Етапи моделювання. Класичний і системний підходи в моделюванні. Типи моделей. Основи імітаційного моделювання. Системна динаміка. Середовище імітаційного моделювання Anylogic. Користувачський інтерфейс середовища.

##### Тема 1.2. Базові елементи моделей Anylogic.

Дискретно-подійне моделювання в Anylogic. Бібліотека моделювання процесів. Об'єкт Source. Об'єкт Sink. Блок Resourcepool. Об'єкт Розклад. Блок Service. Блок Queue. Блок Timemeasurestart. Блок Timemeasureend. Блок Assembler. Блок Conveyor. Блок Batch. Розмітка простору. Бібліотека моделювання потоків. Блок Fluidsource. Блок Fluid Dispose. Блок Tank. Блок Processtank. Блок Mixtank. Блок Pipeline. Блок Bulkconveyor. Блок Fluidtoagent. Блок Agenttofluid. Бібліотека системної динаміки. Блок Накопичувач. Блок Потік. Блок Динамічна змінна. Блок Параметр. Агентне моделювання. Створення нового агента. Події в Anylogic. Діаграма станів. Діаграма дій. Статистика в Anylogic.

##### Тема 1.3. Математичні моделі дискретних систем.

Основні поняття математичного моделювання дискретних систем. Потік заявок. Стратегії керування потоками заявок. Класифікація моделей масового обслуговування. Параметри і характеристики систем масового обслуговування (СМО). Параметри і характеристики мереж масового обслуговування (MeMO).

##### Тема 1.4. Аналітичне моделювання СМО.

Одноканальні СМО з однорідним потоком заявок. Багатоканальні СМО з однорідним потоком заявок. Одноканальні СМО з неоднорідним потоком заявок. Розімкнуті експонентні MeMO з однорідним потоком заявок. Замкнені експонентні MeMO з однорідним потоком заявок. Розрахунки характеристик замкнених MeMO.



### Тема 1.5. Чисельне моделювання випадкових процесів.

Поняття випадкового процесу. Параметри й характеристики марковського випадкового процесу. Методи розрахунків марковських моделей. Марковські моделі систем масового обслуговування. Марковські моделі мереж масового обслуговування.

### 2.3. Тематичний план

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС	Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль №1 «Математичне моделювання технологічних процесів в аеропорту»</b>									
1.1	Основи моделювання в середовищі Anylogic	2 семестр				1 семестр			
		6	2	–	4	6	2	–	4
1.2	Ознайомлення з інтерфейсом та базовими принципами моделювання в AnyLogic	6	–	2	4	4	–	–	4
1.3	Дискретно-подійне моделювання в Anylogic	6	2	–	4	6	2	–	4
1.4	Моделювання в AnyLogic систем регулювання руху пасажирів та спецтранспорту	6	–	2	4	4	–	–	4
1.5	Моделювання потоків в Anylogic	6	2	–	4	4	–	–	4
1.6	Моделювання в AnyLogic систем підвіски автомобіля	6	–	2	4	4	–	–	4
1.7	Математичні моделі дискретних систем	6	2	–	4	2 семестр			
						7	2	–	5
1.8	Моделювання в AnyLogic системи регулювання рівня палива в резервуарі	6	–	2	4	7	–	2	5
1.9	Аналітичне моделювання систем масового обслуговування	6	2	–	4	5	–	–	5
1.10	Моделювання в AnyLogic технологічних процесів з реєстрації пасажирів та багажу в аеропорту	6	–	2	4	7	–	2	5
1.11	Аналітичне моделювання мереж масового обслуговування	6	2	–	4	5	–	–	5
1.12	Моделювання в AnyLogic роботи автозаправної станції	6	–	2	4	7	–	1	6
1.13	Параметри й характеристики марковського випадкового процесу	6	2	–	4	6	–	–	6
1.14	Моделювання в AnyLogic технологічних процесів обслуговування повітряних суден на пероні	6	–	2	4	6	–	–	6
1.15	Марковські моделі систем масового обслуговування	6	2	–	4	5	–	–	5
1.16	Моделювання в AnyLogic роботи станції з обслуговування спецтехніки в аеропорту	7	–	2 1	4	6	–	–	6
1.17	Марковські моделі мереж масового обслу-	6	2	–	4	6	–	–	6



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	говування								
1.18	Модульна контрольна робота №1	2	–	1	1	–	–	–	–
1.19	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	–	–	–	–	8	–	–	8
1.20	Підсумкова семестрова контрольна робота (ЗФН)	–	–	–	–	2	–	1	1
<b>Усього за модулем № 1</b>		<b>120</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>69</b>	<b>105</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>69</b>
<b>Усього за 2 семестр</b>		<b>105</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>69</b>	–	–	–	–
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>105</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>69</b>	<b>105</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>93</b>

#### 2.4. Завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН)

Для студентів ЗФН – завдання для виконання розробляються автором робочої програми. Навчальні матеріали затверджуються протоколом засідання випускової кафедри, доводяться до відома студента індивідуально і виконуються відповідно до методичних рекомендацій. Наприклад, номер варіанту теоретичної частини та завдання дорівнює сумі трьох останніх цифр індивідуального навчального плану студента.

#### 2.5. Перелік питань для підготовки до підсумкової контрольної роботи

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до підсумкової контрольної роботи, розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми, затверджується на засіданні кафедри та доноситься до відома студентів.

### 3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:

- пояснювально-ілюстративний метод;
- метод проблемного викладу;
- репродуктивний метод;
- дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою, аналізі та вирішенні конфліктних ситуацій під час планування технологічними процесами в аеропорту.

#### 3.2. Рекомендована література

##### Базова література

3.2.1. Ramin S. Esfandiari, Bei Lu. Modeling and Analysis of Dynamic Systems. 2018 by Taylor & Francis Group, LLC. 619 p.

3.2.2. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling. 2013. AnyLogic North America. 614 p.

3.2.3. Kai Velten. Mathematical Modeling and Simulation Introduction for Scientists and Engineers. 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 364 p.

##### Допоміжна література

3.2.4. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: Практикум. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с

3.2.5. Java: A Beginners Guide, Seventh Edition, 2018, McGraw-Hill Education, 810 p.

3.2.6. The Art of Process-Centric Modeling with AnyLogic. Arash Mahdavi, Simulation Modeling Consultant, The AnyLogic Company. 314 p.





### **3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті**

3.3.1. <http://www.anylogic.com>

3.3.2. <http://vensim.com>



#### 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ

4.1. Поточне оцінювання набутих студентом знань та вмінь знань проводиться за 5-бальною системою, тобто виставляється **рейтингова оцінка**: 1, 2, 3, 4, 5.

4.2. Визначається **поточна модульна рейтингова оцінка**, як середнє значення суми **рейтингових оцінок** усіх видів занять та контролю, які передбачені навчальною робочою програмою (лекції, лабораторні та практичні роботи, домашні завдання, КР, КП, тестування, МКР, диференційований. залік та екзамен тощо).

4.3. Відповідність **поточної модульної рейтингової оцінки** мінімальному значенню оцінки знань студента за 100-бальною шкалою Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS) встановлюється за табл.1, (стовпчик 2).

Таблиця 4.1

Поточна модульна рейтингова оцінка	Мінімальне значення оцінки за ECTS	Заохочувальні бали	Підсумкова рейтингова оцінка ECTS	Оцінка	Індекс
5	90	0-10	90 - 100	відмінно	A
4,5 - 4,9	82	0-10	82 - 89	добре	B
4,0 - 4,4	75	0-10	75 - 81	добре	C
3,5 - 3,9	67	0-10	67 - 74	задовільно	D
3,0 - 3,4	60	0-10	60 - 66	задовільно	E
2,5 - 2,9	35	0	35 - 59	не задовільно	FX
1,0 - 2,4	1	0	1- 34	не задовільно	F

4.4. До мінімального значення оцінки за ECTS додається сума заохочувальних балів відповідно до таблиці 2, які характеризують ставлення студента до вивчення предмета (не більше 10 балів).

Таблиця 4.2

№ пор.	Критерій заохочення	Бали
1	Відсутність пропусків занять	0 - 3
2	Активність на заняттях	0 - 3
3	Своєчасність захисту робіт	0 - 2
4	Коректність поведінки	0 - 2

4.5. Сума мінімальної оцінки ECTS та заохочувальних балів і складає **підсумкову (модульну, семестрову) рейтингову оцінку**, яка заноситься до відомості модульного контролю, а також до навчальної картки, залікової книжки та Додатку до диплома, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.



(Ф 03.02 – 01)

### АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки
1	03.02	07.12.22	Редоренко К.А.		
2	04.02.06	07.12.22	Тамаргазік О.А.		

(Ф 03.02 – 02)

### АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

### АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

### АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

### УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				