

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технології машинобудування**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан інженерно-
технічного факультету
_____ /Туряниця І.І./

« » 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«РОЗМІРНЕ І МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ»**

Рівень вищої освіти магістр
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітня програма Прикладна механіка
Спеціалізація Технологія машинобудування
Статус дисципліни обов'язкова
Мова навчання українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Розмірне і математичне моделювання та аналіз» для здобувачів вищої освіти галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка 131 Прикладна механіка предметної спеціалізації Технологія машинобудування освітньої програми **Прикладна механіка**.

Розробник: Жигуц Ю.Ю., професор, док. техн. наук, зав. кафедри ТМ

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

технології машинобудування

протокол № 1 від «31» серпня 2021 р.

Завідувач кафедри _____ Жигуц Ю.Ю.

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-технічного факультету

протокол № _____ від « _____ » 20 _____ р.

Голова науково-методичної комісії _____

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС - 3	Рік підготовки: 1	
Загальна кількість годин - 90		
Кількість модулів - 1	Семестр: 2	
Тижневих годин 2,1		
для денної форми навчання: 2,1	Лекції:	
аудиторних - 36		
самостійної роботи студента - 54	Практичні (семінарські): 36	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: залік	Самостійна робота: 54	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Розмірне і математичне моделювання та аналіз» є підготувати висококваліфікованих фахівців, які при розробленні технологічних процесів механічної обробки деталей використовують методики для визначення і розрахунку конструкторських, складальних та технологічних розмірних ланцюгів, які надають можливість призначати розміри та їх відхилення, припуски і допуски на операційні розміри, розміри заготовок та коригувати послідовність виконання операцій і переходів для забезпечення завданої точності лінійних розмірів деталей.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій.

ЗК1. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК2. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК10. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК2. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання інженерних і наукових завдань з прикладної механіки.

ФК3. Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтуються на глибокому знанні та розумінні механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

ФКД2. Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин і виробничих процесів машинобудування.

ФКД3. Здатність до написання технологій інструментального та складального виробництва машин та механізмів в машинобудуванні шляхом використання сучасних систем автоматизованого проектування, методології та методики наукової і технічної творчості.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Розмірне і математичне моделювання та аналіз» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК6. Технологія машинобудування (спеціальні розділи);

ВК6. Методологія та методика наукової та технічної творчості.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Розмірне і математичне моделювання та аналіз», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр
Володіти належною культурою мислення, вміти аналізувати й синтезувати інформацію в діяльності, пов'язаній із її пошуком, накопиченням, зберіганням і використанням	РН5
Володіти знаннями принципів побудови і функціонування систем автоматизації технологічних досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні	РН 6

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Розмірне і математичне моделювання та аналіз»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Уміти використовувати практичні навички сучасних методів пошуку оптимальних параметрів систем засобами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, зокрема і за умов неповної та суперечливої інформації	РН10
Здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним	РН2

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: усне опитування, бесіда, виступи, доповіді, рецензування, повідомлення, коментування текстів, читання схем, графіків, поточне тестування; експрес-контроль, підготовка індивідуального науково-дослідного завдання (ІНДЗ), портфоліо.

Крім того застосовуються

– оцінка за самостійну роботу;

– письмова модульна контрольна робота.

Для контролю знань студентів використовується система зі 100 бальною шкалою оцінювання. Підсумковий контроль знань студентів проводиться в кінці 3 семестру шляхом складання диференційованого заліку. До заліку допускається студент, який за підсумками поточного контролю набрав не менше 35 балів.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: усне опитування, бесіда, виступи, доповіді, рецензування, повідомлення, коментування текстів, читання схем, графіків, поточне тестування; експрес-контроль, підготовка індивідуального науково-дослідного завдання (ІНДЗ), портфоліо.

Крім того застосовуються оцінка за самостійну роботу.

Форма модульного контролю: письмова модульна контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

Для контролю знань студентів використовується система зі 100 бальною шкалою оцінювання. Підсумковий контроль знань студентів проводиться в кінці 2 семестру шляхом складання іспиту. До заліку допускається студент, який за підсумками поточного контролю набрав не менше 35 балів.

Розподіл балів, які отримують студенти за 1 модуль

Поточне тестування та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
Змістовий модуль 1							
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
6	8	12	8	8	8	50	100

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	18	36
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	9	9
Презентація	1	10
Реферат	1	5
Модульна контрольна робота	1	100
Разом		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Кожне питання висвітлене повністю з наведенням практичних прикладів оцінюється в 20 балів. У контрольній модульній роботі всього 5 питань.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Дисципліна “Розмірне і математичне моделювання та аналіз” поділена на два модулі, кожний з яких складається одного змістового модуля, який в свою чергу складається з кількох тем. Для контролю знань розроблений перелік теоретичних питань, типові задачі, тести, завдання для самостійної роботи та практичні роботи, зі змістом яких студенти знайомляться на початку семестру. Модуль оцінюється максимально в 100 балів.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Розмірне і математичне моделювання та аналіз

Тема 1. Концептуальні аспекти математичного моделювання

- 1.1. Коротка історична довідка про математичне моделювання
- 1.2. Сутність моделювання як методу наукового пізнання
- 1.3. Особливості і принципи математичного моделювання
- 1.4. Етапи техніко-математичного моделювання

Тема 2. Оптимізаційні економіко-математичні моделі

- 2.1. Формулювання задачі економіко-математичного моделювання
- 2.2. Приклади задач економіко-математичного моделювання
- 2.3. Задача визначення оптимального плану виробництва.
- 2.4. Транспортна задача

Тема 3. Задача лінійного програмування та методи її розв'язування

- 3.1. Форми запису задач лінійного програмування.
- 3.2. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування
- 3.3. Основні властивості розв'язків задачі лінійного програмування
- 3.4. Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування
- 3.5. Симплексний метод розв'язування задач лінійного програмування

Тема 4. Аналіз та розроблення прикладних оптимізаційних моделей у середовищі

EXCEL

Тема 5. Відшукування і побудова розмірних ланцюгів

Тема 6. Теоретичні основи розрахунку розмірних ланцюгів

- 6.1. Розрахунок на максимум-мінімум
- 6.2. Теоретико-ймовірнісний метод

Тема 7. Методи розв'язання прямої та оберненої задач

- 7.1. Методи повної взаємозамінності
- 7.2. Метод неповної взаємозамінності
- 7.3. Метод групової взаємозамінності .
- 7.4. Метод компенсуючої ланки .
- 7.5. Метод припасування
- 7.6. Метод регулювання.

Тема 8. Особливості розрахунків деяких розмірних ланцюгів

- 8.1. Розрахунок кутових розмірних ланцюгів
- 8.2. Розрахунок площинних і просторових розмірних ланцюгів
- 8.3. Розрахунок розмірних ланцюгів з ланкою-проміжком
- 8.4. Особливості розрахунку взаємозв'язаних розмірних ланцюгів

Тема 9. Застосування теорії розмірних ланцюгів для аналізу конструкції деталей та з'єднань

- 9.1. Розрахунок зі зміною конструкторських розмірів
- 9.2. Розв'язування оберненої (перевірочної) задачі ймовірнісним методом
- 9.3. Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Тема 10. Розрахунок складальних розмірних ланцюгів

- 10.1. Розв'язання прямої задачі розмірного аналізу
- 10.2. Розв'язання оберненої задачі розмірного аналізу складальних з'єднань
- 10.3. Розв'язання комбінованих задач

Тема 11. Розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки деталі

- 11.1. Завдання розмірного аналізу
- 11.2. Відшукування і побудова технологічних розмірних ланцюгів
- 11.3. Застосування теорії графів у розрахунках розмірних ланцюгів

Тема 12. Технологічні розмірні ланцюги

- 12.1. Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів
- 12.2. Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів з діаметральними розмірами та відхиленнями від співвісності

- 12.3. Приклади розрахунків технологічних розмірних ланцюгів

Тема 13. Побудова та розрахунок розмірних схем для обробки корпусних деталей

Тема 14. Автоматизація розрахунку розмірних ланцюгів

- 14.1. Автоматизація розрахунку розмірних ланцюгів в *Microsoft Excel*
- 14.2. Автоматизація розрахунку розмірних ланцюгів в *Python*
- 14.3. Моделювання розподілу ймовірностей замикаючої ланки методом Монте-Карло
- 14.4. Компонент для декларативного програмування в *Python*
- 14.5. Використання *Python*-модуля *DimChain* для розв'язування задач розмірних ланцюгів

14.6. Реалізація декларативного програмування в *Python* за допомогою математичної бібліотеки *SymPy*

14.7. Реалізація декларативного програмування в *Python* за допомогою математичної бібліотеки *SciP*

Тема 15. Автоматизація розрахунку плоских розмірних ланцюгів з непаралельним ланками за допомогою CAD-програм

15.1. Формування розмірної схеми і розрахунку технологічних розмірів в *AutoCAD 2000* у системі *GRAKON7*.

15.2. Аналіз і оптимізація розмірних ланцюгів при проектуванні виробів в *Pro/ENGINEER*

Тема 16. Використання SOLIDWORKS та її API для розмірного аналізу

16.1. Початкові дані для проектування

16.2. Застосування *SOLIDWORKS* та її *API* для розмірного аналізу

16.3. Аналіз розмірних ланцюгів за допомогою модуля *SOLIDWORKS TolAnalyst*

16.4. Розмірний аналіз за допомогою *FreeCAD*.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем практичних занять	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семинарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
2-й семестр						
Модуль 1. Розмірне і математичне моделювання та аналіз						
Тема 1. Концептуальні аспекти математичного	5		2			3
Тема 2. Оптимізаційні економіко-математичні моделі	5		2			3
Тема 3. Задача лінійного програмування та методи її розв'язування	5		2			3
Тема 4. Аналіз та розроблення прикладних оптимізаційних моделей у середовищі <i>EXCEL</i>	5		2			3
Тема 5. Відшукання і побудова розмірних ланцюгів	5		2			3
Тема 6. Теоретичні основи розрахунку розмірних ланцюгів	6		2			4
Тема 7. Методи розв'язання прямої та оберненої задач	6		2			4
Тема 8. Особливості розрахунків деяких розмірних	5		2			3
Тема 9. Застосування теорії розмірних ланцюгів для аналізу конструкції деталей та з'єднань	6		2			4
Тема 10. Розрахунок складальних розмірних ланцюгів	5		2			3
Тема 11. Розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки деталі	8		4			4
Тема 12. Технологічні розмірні ланцюги	5		2			3
Тема 13. Побудова та розрахунок розмірних схем для обробки корпусних деталей	5		2			3
Тема 14. Автоматизація розрахунку розмірних ланцюгів	7		4			3
Тема 15. Автоматизація розрахунку плоских розмірних ланцюгів з непаралельним ланками за допомогою CAD-програм	5		2			3
Тема 16. Використання <i>SOLIDWORKS</i> та її <i>API</i> для розмірного аналізу	5		2			3
Модульна контрольна робота	2					2
Разом	90		36			54

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розв'язання стандартної транспортної задачі з використанням <i>MS Excel</i> 1. Проведення тестів за темою «Концептуальні аспекти математичного моделювання». 2. Виконання завдань лабораторної роботи на тему «Розв'язання стандартної транспортної задачі»: за допомогою пакетів <i>MS Excel</i> розв'язати стандартну транспортну задачу лінійного програмування, отримати аналітичний розв'язок, порівняти результати. Початкові дані: опис задачі лінійного програмування. Знайти: модель транспортної задачі, включаючи транспортну таблицю, оптимальне рішення стандартної транспортної задачі лінійного програмування. Для вирішення задачі використати: інструктивні матеріали, надбудову «Пошук рішення» в <i>MS Excel</i>	2	
2	Розв'язання задач лінійного програмування з використанням <i>MS Excel</i> 1. Проведення тестів за темою «Симплексний метод розв'язування задач лінійного програмування». 2. Виконання завдань ЛР. 2 на тему «Розв'язання задач лінійного програмування»: за допомогою пакетів <i>MS Excel</i> розв'язати пряму та двоїсту задачу лінійного програмування, отримати аналітичний розв'язок, порівняти результати. Початкові дані: математична модель задачі лінійного програмування. Знайти: оптимальне рішення прямої та двоїстої задачі лінійного програмування. Для вирішення задачі використати: інструктивні матеріали, надбудову «Пошук рішення» в <i>MS Excel</i>	2	
3	3. Розв'язання задач нелінійного програмування з використанням <i>MS Excel</i> 1. Проведення тестів за темою «Цілочислове програмування». 2. Виконання завдань лабораторної роботи 3 на тему «Розв'язання задач нелінійного програмування»: використовуючи функцію Лагранжа, аналітично розв'язати задачу нелінійного програмування, розв'язати задачу нелінійного програмування за допомогою табличного процесору <i>MS Excel</i> , порівняти результати. Початкові дані: математична модель задачі нелінійного програмування. Знайти: оптимальний розв'язок задачі нелінійного програмування. Для розв'язання задачі використати: інструктивні матеріали, надбудови «Пошук рішення» та «Підбір параметру» в <i>MS Excel</i>	2	
Разом		6	

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Концептуальні аспекти математичного моделювання - опрацювання теоретичних основ прослуханого матеріалу	9	
2	Техніко-математична модель задачі визначення оптимального плану виробництва. Економіко-математична модель задачі оптимального розподілу виробничих потужностей. Економіко-математична модель задачі про «дієту». Економіко-математична модель транспортної задачі. - підготовка до захисту лабораторної роботи «Розв'язання стандартної транспортної задачі з використанням <i>MS Excel i MathCad</i> » - розв'язання завдань розрахункової роботи	10	
3	Задача лінійного програмування та методи її розв'язування - опрацювання теоретичних основ прослуханого матеріалу; - опрацювання питань, що виносяться на самостійне вивчення: Приклад розв'язку задачі лінійного програмування графічним методом. Формулювання транспортної задачі. - підготовка до проведення тестів за темою «Задача лінійного програмування та методи її розв'язування» - підготовка до захисту лабораторної роботи «Розв'язання задачі оптимального розподілу виробничих потужностей з використанням <i>MS Excel</i> » - розв'язання завдань розрахункової роботи	6	
4	Симплексний метод розв'язування задач лінійного програмування - опрацювання теоретичних основ прослуханого матеріалу; - опрацювання питань, що виносяться на самостійне вивчення: Модифікації симплексного методу. - підготовка до проведення тестів за темою «Симплексний метод розв'язування задач лінійного програмування» - розв'язання завдань розрахункової роботи	10	
5	Теорія двоїстості - опрацювання теоретичних основ прослуханого матеріалу; - опрацювання питань, що виносяться на самостійне вивчення: Приклади застосування теорії двоїстості для знаходження оптимальних планів прямої та двоїстої задач. - підготовка до захисту лабораторної роботи «Розв'язання двоїстих задач лінійного програмування з використанням <i>MS Excel i MathCad</i> » - розв'язання завдань розрахункової роботи	10	
6	Нелінійні оптимізаційні моделі - опрацювання теоретичних основ прослуханого матеріалу; - опрацювання питань, що виносяться на самостійне вивчення - підготовка до захисту лабораторної роботи «Розв'язання задач нелінійного програмування з використанням <i>MS Excel</i> » - розв'язання завдань розрахункової роботи	9	
	Разом	54	

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

Навчальні підручники та посібники

1. Жигуц Ю.Ю. Розмірне і математичне моделювання та аналіз. Частина 2. Математичні методи та моделі / Ю.Ю. Жигуц – Київ: Кондор-Віола. 2018. – 232 с.
2. Жигуц Ю.Ю. Розмірне і математичне модулювання. Кн. 1-3. Кондор- Віола. – К.: 2019. 360 с.
2. Наконечний С.І., Савіна С. С. Математичне програмування: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2003. – 452 с.
3. Кучма М.І Математичне програмування: приклади і задачі. Навчальний посібник. – Львів: «Новий Світ-2000». 2007. - 344 с.
4. Жигуц Ю.Ю. Наукові дослідження в технології машинобудування / Ужгород: Говерла, 2008. – 231 с.
5. Жигуц Ю.Ю. Основи наукових досліджень (в природничих науках). Підручник / Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2018. – 208 с.
6. Економіко-математичні методи і моделі: оптимізаційні методи і моделі [Електронний ресурс] : методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів / [уклад.: О.В. Кузьменко] ; Державний вищий навчальний заклад “Українська академія банківської справи Національного банку України”. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2014. – 81 с.
7. Економіко-математичні методи і моделі: оптимізаційні методи і моделі [Електронний ресурс] : Збірник завдань до розрахункової роботи / [уклад.: О.В. Кузьменко] ; Державний вищий навчальний заклад “Українська академія банківської справи Національного банку України”. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2014. – 27 с.

Допоміжна література

1. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2006. - 432 с.
2. Orosz I., Ziguc Gy., Pallay D. Tudományos kutatás alapjai a természet- és társadalomtudományokban. Tankönyv / Ungvár-Beregszász: Kiadja: II Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, 2018. – 224 o.
3. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб.: BHV, 1997. – 384 с.
4. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 544 с.
5. Герасимчук О.О. Розрахунок розмірних ланцюгів // Методичні вказівки. – Луцьк: ЛДТУ, 2003. – 36 с.
- 3.1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров. М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.
6. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. – М.: Машиностроение, 1975. – 221 с.
7. Размерный анализ конструкций: Справочник / С.Г. Бондаренко, О.Н. Чередников, В.П. Губий, Т.М. Игнатцев; Под ред. С.Г. Бондаренко. – К.: Техника, 1989. – 150 с.
8. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
9. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.

11. Цепи размерные. Основные понятия, методы расчета линейных и угловых цепей. Методические указания РД 50-635-87 / И.М. Колесов, Е.И. Луцков, А.И. Кубарев и др. – М.: Изд-во стандартов. – 42 с.
12. Шамин В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: Учеб. пособие в 3-х ч. – Челябинск: ЧПИ, 1986. – 1800 с.
13. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1986. – 353 с.
14. Thomas J. Drosda "Pre-prove" Your process? Test it with a tolerance Chart. Production on January. 1978. – P. 70-74.
15. Ашихмин В.Н. Размерный анализ технологических процессов / Ашихмин В.Н. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 60 с.
16. Размерный анализ технологических процессов. Сборник практических работ / Беляев Г. Я. и др. – Минск: БНТУ, 2010. – 351 с.
17. Емельянов С.Г. Размерный анализ в машиностроении / Емельянов С.Г. – 2012. – 332 с.
18. Кравченко Л.С. Размерный анализ при проектировании, изготовлении и сборке. Учебное пособие / Кравченко Л.С. – Харьков: ХПИ, 2006. – 352 с.
19. Технологические задачи механической обработки и сборки. Методические материалы к практикуму по дисциплине «Теоретические основы технологии изготовления деталей и сборки машин» для студентов специальности 7.090202 «Технология машиностроения». – Чернигов: ЧГТУ, 2004 – 197 с.
20. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов / А.А. Маталин. – Л: Машиностроение, 1970. – 318 с.
21. Егоров, М. Е. Технология машиностроения: учебник / М.Е. Егоров, В.Л. Дмитриев, В.И. Дементьев; под ред. М.Е. Егорова. – М. : Высш. школа, 1976. – 536 с.
22. Технология машиностроения: [Учебник] / А.В. Якимов, А.А. Якимов, В.П. Ларшин, В.Н. Свирщев. – Пермь, 2002. – 563 с.
23. Якимов А.В. Обоснование маршрута обработки и размерный анализ технологических процессов : [Учебное пособие] / А.В. Якимов, П.А. Линчевский, А.А. Якимов. – К.: НМК. ВО, 1993. – 128 с.
24. Войтенко, П.І. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів. Методичні вказівки / П.І. Войтенко. - Івано-Франківськ: ІФТУНГ, 2014. - 20 с. (електронний варіант).
25. Солонин, И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин, С.И. Солонин. - М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.
26. Размерный анализ технологических процессов обработки / И.Г. Фридландер, В.А. Иванов, М.Ф. Барсуков, В.А. Слуцкер; Под общ. ред. И.Г. Фридландера. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. - 141 с.
27. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. - М.: Машиностроение, 1982. - 264 с.
28. Кошеленко, А.С. Размерный анализ технологических процессов [Электронной ресурс]/А.С. Кошеленко. - Режим доступа: http://avcb-local.rudn.ntf/web-local/prcp/ij/mdcx.php?id=978&mod=disc&disc_id=307&disc_razdel=2144&p=1.
29. Беляев, Г.Я. Размерный анализ технологических процессов: курс лекций / Г.Я. Беляев. - Минск: БИТУ, 2010. - 164 с.
30. Копей, В.Б. Система тривимірного параметричного проектування SolidWorks: Методичні вказівки для вивчення дисциплін "Основи наукових досліджень" і "Принципи інженерної творчості"/ В.Б. Копей. - Івано-Франківськ: Факел, 2005. - 45 с.
31. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование / Н.Н. Голованов. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. - 472 с. - ISBN 5-94052-048-0.
32. Agoston, M.K. Computer Graphics and Geometric Modelling: Mathematics / Max K.. Agoston. - Springer-Verlag. London, 2005. - 959 p. - ISBN 978-1-85233-817-6.
33. Agoston, M.K. Computer Graphics and Geometric Modelling: Implementation and Algorithms / M.K. Agoston. - Springer-Verlag London, 2005 - 908 p. - ISBN 978-1-84628-108-2.
34. CETOL 6σ Tolerance Analysis Software [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.sigmelrix.com/products/cctol-tolcrance-analysis-softwarc/>.

51. Веткасов Н.И., Псигин Ю.В. Применение методов теории графов и линейного программирования для решения производственных и технологических задач // Методические указания. - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 36 с.
52. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. - М.: Машиностроение, 1975. - 221 с.
53. W-1. Анализ и оптимизация размерных цепей при комплексном автоматизированном проектировании в Pro/ENGINEER. [Http://www.solver.ru](http://www.solver.ru).
54. W-2. Калачёв О.Н. Система GRAKON7 для автоматизированного формирования размерной схемы и расчета технологических размеров механообработки в среде AutoCAD 2000. [Http://www.sapr2000.ru/pressa13.html](http://www.sapr2000.ru/pressa13.html).
55. W-3. Птуха Л.И. Основы технологии машиностроения. [Http://www.ispu.ru](http://www.ispu.ru).
56. W-4. Система проектирования технологической размерной структуры. [Http://www.delcam-ural.ru](http://www.delcam-ural.ru).
57. Якимов А.В. Обоснование маршрута обработки и размерный анализ технологических процессов : [Учебное пособие] / А.В. Якимов, П.А. Линчевский, А.А. Якимов. - К.: НМК. ВО, 1993. - 128 с.
58. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). - СПб.: Питер, 2004. - 560 с.: - ISBN 5-94723-770-9.

Програмне забезпечення

1. NumPy v1.12 Manual [Electronic resource]. Mode of access: [https:// docs.scipy.org/doc/numpy/](https://docs.scipy.org/doc/numpy/).
2. SymPy 1.0 documentation [Electronic resource]. - Mode of access: <http://docs.sympy.org/latest/index.html>.
3. SciPy v0.18.1 Reference Guide [Electronic resource]. - Mode of access: [https:// docs.scipy.org/doc/scipy/reference/](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/).
4. Malpass, Luke. SolidWorks 2008 API Programming & Automation / Luke Malpass. - AngelSix, 2008. - 267 p.
5. Malpass, L. SolidWorks 2009 Advanced Product Development / L. Malpass. - AngelSix, 2009. - 246 p.
6. Falck, D.; Collette B.): FreeCAD [How-to]. Solid Modelling with the Power of Python, Packt Publishing, Birmingham. - 2012. - ISBN 978-1- 84951-886-4.
7. Open CASCADE Technology 6.8.0: Modelling Data November 7, 2014.
8. Open CASCADE Technology 6.8.0: Modelling Algorithms November 7, 2014.
9. PythonOCC: 3D CAD/CAE/PLM development framework for the Python programming language [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.pythonocc.org/>.
10. Python-constraint. Constraint Solving Problem resolver for Python [Electronic resource]. - Mode of access: <http://labix.org/python-constraint>.
11. W-5. CE/TOL 6 Sigma. Technical Tips. [Http://www.ptc.com](http://www.ptc.com).

Результати перегляду робочої програми навчальної дисципліни

Робоча програма перезатверджена на 20 / 20 н.р. без змін;

зі змінами (Додаток).

(потрібне підкреслити)

протокол № 1 від «31» серпня 2021 р. Завідувач кафедри

(підпис)

Жигуц Ю.Ю.,
(прізвище
ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20

/ 20

н.р. без змін; зі змінами
(потрібне підкреслити)

(Додаток _ _).